

Uma abordagem dialógica alternativa para a aquisição de habilidades táticas em jogos educacionais

Antonio Hobmeir Neto, Alexandre Direne, Fabiano Silva, Luis Bona, Laura García, Marcos Castilho, Marcos Sunyé

C3SL – Departamento de Informática – Universidade Federal do Paraná (UFPR)
Caixa Postal 19.081 – 81531-980 – Curitiba – PR

{antoniohn,alex}@inf.ufpr.br

***Abstract.** Pedagogic aspects of tutorial dialogues are described for heuristic adversarial games. The literature survey shows that few past works approached intelligent shells for teaching the tactics of such games. Also described are the simplifying assumptions adopted for building the JAS shell, aimed at intermediate-level learners. The architecture of a prototype system built on top of JAS is yet detailed for the domain of Chess tutoring. Finally, future research perspectives are discussed.*

***Resumo.** São abordados os aspectos pedagógicos de diálogos do ensino de jogos heurísticos adversaristas. A resenha literária mostra que são raras as pesquisas sobre a construção de shells inteligentes para o ensino de táticas desses jogos. Descreve-se também as hipóteses simplificadoras adotadas na criação da shell JAS, destinada a aprendizes do nível intermediário de habilidade. É detalhada ainda a arquitetura de um protótipo implementado com a JAS para o Xadrez. Ao final, são lançadas as metas de pesquisa futura.*

1. Introdução

Os jogos heurísticos, especialmente o Xadrez, têm sido usados há anos na escola para o desenvolvimento cognitivo dos alunos. Além disso, a aplicação crescente de computadores para esse fim abriu novas possibilidades de ensino e aprendizagem [Feitosa *et alli.*, 2007]. Apesar da literatura científica conter trabalhos relacionados a aspectos da aprendizagem de Xadrez [Netto *et alli.*, 2005, Gadwal *et alli.*, 1993] e de outros jogos [Sá *et alli.*, 2007], não há registro de nenhuma ferramenta de software que dá possibilidade ao aprendiz de discutir aspectos táticos com um tutor simulado sobre situações de tabuleiros e seus desdobramentos. Advoga-se aqui que tal lacuna está relacionada à grande complexidade da representação e manutenção dos elementos de foco do diálogo, itens de suma importância na aquisição das habilidades do aprendiz.

De acordo com especialistas do ensino de Xadrez que participaram do estudo empírico desta pesquisa, a primeira fase de aquisição de conhecimento enxadrístico (nível iniciante) pela qual o aprendiz passa é a de memorização pura e simples das regras exatas de movimentos lícitos das peças a partir de suas posições iniciais. Ultrapassada essa fase, surge a necessidade do aprendiz combinar (planejar) dois ou mais movimentos e ainda prever os possíveis contra-ataques do adversário. Nesse novo estágio, o aprendiz se encontra no que pode ser definido como o nível intermediário de habilidade. O trabalho aqui relatado apresenta conceitos e ferramentas de apoio ao ensino de conhecimentos táticos do Xadrez para jogadores que se classificam nesse nível intermediário. As

ferramentas de apoio constituem um Sistema Tutor Inteligente (STI) capaz de conduzir diálogos adaptativos com o aprendiz.

Com a explosão de combinações de planejamento que sempre ocorre por volta da metade de uma partida, a decisão do movimento mais plausível passa a ter relação com a habilidade tática do jogador. Essa habilidade depende de fatores heurísticos que podem ser os mais variados, tais como o valor relativo das peças (vantagem material), o desenvolvimento ou avanço das peças incluindo o controle do centro do tabuleiro (vantagem posicional), e muitos outros. É de suma importância para a aprendizagem no nível intermediário de habilidade que tais fatores heurísticos do tabuleiro sejam adequadamente identificados e discutidos em situações diversificadas de jogo.

De acordo com os instrutores de Xadrez, esse procedimento dialógico é adotado no treinamento real humano-humano. Os diálogos se destinam primordialmente ao ensino do reconhecimento de situações de vantagem e de desvantagem durante uma partida. Um exemplo desse procedimento é exibido no diálogo da Figura 1. Ele pode ser considerado típico entre um instrutor humano de Xadrez e seu aprendiz do nível intermediário de habilidade (aprendiz joga com peças *brancas*, tutor com as *pretas*).

	1	Tutor:	Diante desse tabuleiro, qual jogada você faria?
	2	Aprendiz:	O que você me diz de G1H2.
	3	Tutor:	Você notou a sua acentuada vantagem material?
	4	Aprendiz:	Sim.
	5	Tutor:	Você notou a sua desvantagem no desenvolvimento das peças?
	6	Aprendiz:	Sim.
	7	Tutor:	Quando existe uma acentuada vantagem material a seu favor, a troca de peças ou pequenas perdas materiais em favor do desenvolvimento pode ser interessante. Ao optar por jogar G1H2, você atua de maneira contrária a essa tendência, você já a conhecia?
	8	Aprendiz:	Não.
	9	Tutor:	Diante desse novo fato tente outro lance.
	10	Aprendiz:	Eu pensei em D1F3.
	11	Tutor:	Parece-me que você caiu na mesma situação. Considere este cenário daqui a três lances (TUTOR UTILIZA O TABULEIRO). Se eu estivesse jogando, eu faria a jogada D2D4. Você saberia me dizer o porquê?
	12	Aprendiz:	Você aumentou o seu controle do centro.
	13	Tutor:	Certo, mas esse não é o fator principal, pois existem outras jogadas que aumentariam ainda mais o meu domínio de centro que não foram a minha opção, um exemplo seria D1F3. Você suspeita de algum outro fator?
	14

Figura 1: Diálogo típico entre tutor humano e aprendiz

Vale notar que, apesar do diálogo parecer simples, automatizar o cálculo de um movimento plausível no contexto de jogos adversaristas [Russell e Norvig, 2003] e não adversaristas [Caine e Cohen, 2007] tem sido tema de pesquisas originais há várias décadas na área de Inteligência Artificial (IA). Com isso, um desafio relevante de pesquisa está na identificação dos fatores heurísticos que originam um lance, para o qual deve ser gerada uma justificativa de natureza tática. Em outras palavras, a estruturação de tais justificativas pode levar à automação de uma parte dos diálogos educacionais.

2. Resenha literária

Há um consenso na comunidade de pesquisa sobre a constituição da arquitetura de um STI [Arroyo *et alli*, 2004]. Sob o ângulo funcionalista, ela consiste ao menos de três componentes básicos: (a) módulo do perito; (b) módulo do aprendiz; (c) módulo pedagógico. Esse último, freqüentemente visto como um importante coordenador dos

demais, é responsável pelo acompanhamento passo-a-passo do aprendiz. Além disso, a avaliação formativa conduzida pelo STI requer conhecimentos representados internamente nas modalidades quantitativa e qualitativa [Russell e Norvig, 2003].

Adicionalmente, a incorporação das responsabilidades didáticas sobre as pedagógicas, nesse mesmo módulo, contribui ainda mais para o aumento de sua complexidade. Como consequência disso, o dever de manter o STI ativo, no comando do processo de ensino aprendizagem, faz com que o módulo pedagógico tenha que simular vários papéis de um instrutor humano ao interagir com os aprendizes [Baylor & Kim, 2005]. Um desses papéis, o de diagnosticar a super-generalização na aprendizagem [Sharples *et alli*, 2002], tem ocupado os pesquisadores do campo de STI há vários anos.

Um exemplo clássico de jogo educacional que tenta abordar problemas de super-generalização é o STI chamado WEST [Burton e Brown, 1979]. Nesse sistema, a estratégia do treinador automático é a de encorajar o jogador a desenvolver habilidades e resolver problemas gerais apenas por meio da reação ao que esse usuário forneceu como entrada no diálogo. De fato, o alvo imediato do WEST é entreter o aprendiz, sendo a aquisição de habilidades deixada como uma consequência indireta disso. Tal método faz com que o termo “treinador” (*coach*) seja ainda mais apropriado do que “tutor”.

Um outro importante conjunto dos STIs é o dos dialogadores educacionais. Eles são programas de computador capazes de manter um diálogo multi-foco com um usuário humano, em língua natural ou em alguma outra forma. Os principais dialogadores educacionais inventados no passado derivaram das pesquisas sobre a construção de programas de ajuda (*help*) contextualizada. Alguns foram considerados inteligentes [Bull e Kay, 2007], mas em geral eles só reagem ao contexto de uma entrada do usuário.

Um estudo pioneiro sobre dialogadores inteligentes foi descrito há mais de três décadas por Isard (1974). O artigo aborda idéias de natureza lingüística, como o tempo verbal e aspectos de verbos modais em inglês, e descreve um programa de computador que funciona de acordo com tais regras. Ele é capaz de jogar uma adaptação do *Jogo da Velha* e responder a questões sobre a partida que, de acordo com o artigo, traz dois grandes ganhos para o aprendiz. O primeiro é fazer com que o usuário consiga analisar melhor a sua próxima jogada através de argumentos sobre a situação presente. Em segundo, auxilia o estudante a encontrar onde um erro foi cometido no passado.

Mesmo com limitações, pesquisadores ainda propuseram o UMRAO [Gadwal *et alli*, 1993], um STI para o ensino de finalizações de lances no jogo de Xadrez. O sistema foi restrito à determinação da vitória das peças brancas quando a configuração das mesmas inclui dois *peões* contra um *bispo* adversário. Para isso, o UMRAO utilizou tanto planos estratégicos (estaticamente codificados), como planos táticos (dinamicamente gerados) para auxiliar o aprendiz. Todavia, seu custo de processamento é tão alto que o STI responde de maneira factível apenas em contextos do jogo onde a quantidade de peças é pequena e o fim da partida está próximo.

Para contornar parte das limitações existentes em teorias clássicas da IA para jogos, várias propostas surgiram da década de 90 em diante. Algumas delas têm o diálogo socrático como alternativa principal da interação entre tutor e aprendiz [Arroyo *et alli*, 2004]. Em tal modalidade, o tutor é o detentor do conhecimento e o aprendiz o receptor desse conhecimento. A interação entre os mesmos é restrita a perguntas unilaterais do tutor para o aprendiz, de natureza inquisitiva e não propriamente dialógica. As respostas do aprendiz devem se ater ao ponto levantado na última pergunta e ser as mais breves possíveis, promovendo maior controle do tutor sobre o aprendiz.

Apesar das críticas que emergiram pelo viés construtivista, boa parte da educação nos dias atuais ainda se baseia na abordagem socrática [Sharples *et alli.*, 2002]. Com isso, o campo de projeto de STIs se beneficiou disso por meio de suas hipóteses simplificadoras. Uma delas está na facilidade de se atingir a continuidade do diálogo, resultante da alternância entre perguntas e respostas, para a qual o tutor comanda a mudança de foco na próxima pergunta. Sendo assim, o conhecimento pode ser adquirido pelo aprendiz de maneira indutiva, onde as observações de casos aparentemente isolados que surgem no diálogo desembocam no aprendizado de princípios gerais.

Como forma de validar a descoberta indutiva em STIs, qualquer hipótese isolada fornecida pelo aprendiz tendeu a ser monitorada de perto pelo sistema tutor em relação a constatações passadas, uma vez que ela podia ser conflitante. Todavia, isso remete a crítica de volta aos problemas de super-generalização da aprendizagem e em como lidar com eles no módulo pedagógico dos STIs. Apesar do avanço de alguns dialogadores socráticos automáticos, ainda há várias barreiras de pesquisa a serem transpostas antes de sua plena aplicação, principalmente no campo de jogos educacionais.

3. Conceitos da solução adotada

Esta seção apresenta conceitos da solução do complexo problema de construir um dialogador automático. A presente pesquisa adotou hipóteses simplificadoras baseadas no método socrático associado a parâmetros heurísticos na composição de elementos pedagógicos do diálogo. Sendo assim, assume-se aqui a suposição de que, para muitos jogos heurísticos adversaristas, não só para o Xadrez, o uso de tais elementos facilita o entendimento das táticas de jogo com o propósito de elevar as capacidades de um aprendiz do nível intermediário de treinamento.

3.1. Hipóteses simplificadoras sobre táticas do Xadrez

A habilidade de jogar Xadrez pode ser dividida em duas grandes partes, o plano estratégico e o plano tático [Tirado e Silva, 2006]. O plano estratégico é uma representação de longo prazo ao passo que o plano tático expressa seqüências de movimentos singulares que levam o competidor a adquirir uma ou mais vantagens *imediatas* na partida. Apesar de serem planos intimamente relacionados para enxadristas de nível avançado, assume-se aqui que o planejamento tático deve ser ensinado separadamente para enxadristas do nível intermediário de habilidade. Tal hipótese simplificadora se baseia em estudos empíricos realizados pelos autores do presente artigo juntamente com especialistas no ensino de Xadrez.

Por sua vez, o plano tático deve ser construído através da reanálise das características *heurísticas* da situação do tabuleiro antes de cada movimento de peça. Tais características se originam de conhecimentos empíricos sobre partidas passadas que expressam sucesso ou fracasso. Todavia, diferentemente de um jogador humano, um tutor automático só pode contar com algoritmos de busca em *árvores de jogos* (e.g., Minimax), o que transforma a representação do planejador tático em um processo norteado pela visão funcionalista de maximizar seus ganhos, minimizando os do adversário [Russell e Norvig, 2003].

A simplificação do planejamento tático a ser ensinado automaticamente traz algumas implicações para a decisão e a justificativa dos movimentos das peças. Por exemplo, os algoritmos são facilmente atraídos por máximos locais, ou seja, situações que no médio prazo parecem ser vantajosas, mas no longo prazo são desastrosas. Apesar

disso, como o plano tático é atualizado a cada movimento de peça, eventuais equívocos de direcionamento tático tendem a ser atenuados com o progresso da partida, mesmo considerando a grande explosão combinatória que ocorre no meio do jogo.

3.2. Elementos pedagógicos em diálogos sobre táticas do Xadrez

Em um diálogo onde os fatores discutidos são de natureza heurística, não existe uma valoração quantitativa única que possa ser considerada correta, mas sim a ênfase sobre fatores assumidos como mais adequados do que outros para orientar o movimento de peças. Uma evidência disso está na valoração relativa das próprias peças (*e.g.*, proporção de 9 para 1 entre os valores da *Rainha* e do *Peão*). Em mais detalhes, não se pode afirmar categoricamente o quanto uma peça é mais valiosa do que outra, mas existem elementos heurísticos que, quando aplicados, acabam ajudando a direcionar o jogo por caminhos melhores que outros.

Adicionalmente, o uso de mais de um fator heurístico para a análise de um tabuleiro leva à necessidade fundamentalmente *pedagógica* de ponderá-los a fim de se obter um valor que se sustente por alguma justificativa. Todavia, a justificativa de quanto o valor resultante deve ser influenciado pelos diversos fatores heurísticos existentes também é um processo a ser explorado como parte da aquisição de habilidades no jogo. Sendo assim, um diálogo pedagogicamente relevante deverá abordar também aspectos de prevalência desses fatores com o objetivo de estender a perícia do aprendiz em avaliar tabuleiros sob contextos muito específicos. Isso é particularmente importante no Xadrez por ele ser um jogo onde a própria duração de uma partida precisa ser considerada de forma onipresente no processo de decisão do próximo movimento plausível.

Este trabalho argumenta em favor da adequação pedagógica do uso de métodos socráticos para fundamentar a elaboração dos diálogos de treinamento do Xadrez. No entanto, diálogos socráticos consideram que todas as verdades ficam sob a posse do tutor e que as mesmas são unas. Em domínios de conhecimento onde a verdade não é una, como no desenvolvimento de habilidades enxadrísticas, o uso desse tipo de diálogo precisa ser aperfeiçoado para que seja plenamente aplicado em uma discussão tutor-aprendiz.

Com a finalidade de cobrir os aspectos educacionais típicos do Xadrez, também é importante enumerar aqui alguns elementos assumidos como os responsáveis por tornar o diálogo automático adaptável ao contexto do jogo, além de pertinente ao aprendiz. De maneira bem resumida, tais elementos são: (*a*) monitoramento de variações heurísticas; (*b*) busca de movimentos na árvore de jogo; (*c*) seleção de foco; (*d*) manutenção de histórico das intervenções; (*e*) geração de texto explicativo. Detalhes sobre cada um deles estão apresentados em Relatório Técnico dos mesmos autores deste artigo (a ser citado na versão final, caso o artigo seja aceito para publicação no SBIE2008).

3.3. Transformação dos fatores quantitativos em qualitativos

Apesar de serem de extrema importância para a máquina de busca (Minimax), os fatores heurísticos são de difícil interpretação direta por um ser humano. Entretanto eles representam a quantificação das características do tabuleiro. Logo, quaisquer informações relevantes para os diálogos entre um tutor automático e o aprendiz humano dependem da adequação desses dados numéricos. Uma possível abordagem pode ser feita através da transformação dos dados numéricos em dados *fuzzy* (fuzificação).

A fuzificação pode ser definida como o ato de transformar informações quantitativas em qualitativas, adicionando a elas graus de pertinência que governam a intensidade de cada qualificador, onde o grau de pertinência varia no intervalo [0:1] de números Reais [Caine e Cohen, 2007]. Tal transformação traz alguns aspectos interessantes para os dados, como por exemplo, mais de um elemento pode ser resultante de cada fator, proporcionando uma razoável flexibilidade de interpretação do aprendiz. Isso é desejável quando há subjetividade no diálogo.

Para a aplicação da fuzificação nos dados heurísticos, 7 (sete) qualificadores foram definidos como um dos resultados da presente pesquisa. São eles: (a) vantagem decisiva para as brancas; (b) vantagem razoável para as brancas; (c) leve vantagem para as brancas; (d) igualdade; (e) vantagem decisiva para as pretas; (f) vantagem razoável para as pretas; (g) leve vantagem para as pretas. Para cada fator analisado, são aplicadas sete funções de transformação, uma para cada qualificador, que podem ser resumidas, em linhas gerais, pela seguinte equação:

$$f(x) = \max(\min((x - Li)/(c - Li), 1), (Ls - x)/(Ls - c)), 0)$$

Sendo que x representa o valor quantitativo do fator analisado, Li o limítrofe inferior do qualificador, Ls o limítrofe superior do qualificador, c o ponto de maior pertinência do qualificador e $f(x)$ o grau de pertinência do qualificador para o fator. Como resultante da fuzificação, obtém-se qualificadores abstratos para os fatores estudados, tais como, *controle do centro do tabuleiro*, *harmonia de peões*, *vantagem material*, e outros. Essas informações são mais naturais na discussão com aprendizes humanos pois exprimem a avaliação das características do tabuleiro.

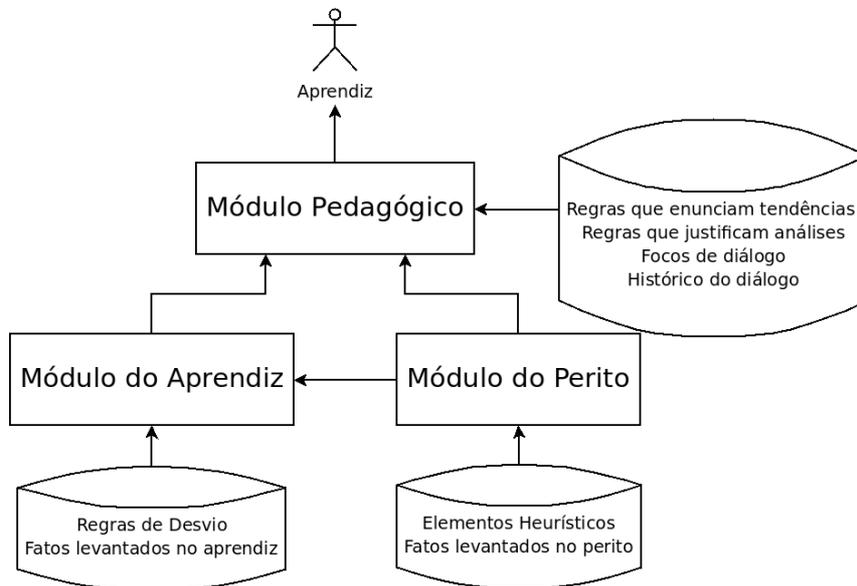


Figura 2: Arquitetura funcionalista da JAS

4. Arquitetura da *shell* JAS

Com o objetivo de incorporar os conceitos apresentados na seção anterior, a *shell* de STI denominada JAS (Jogador de Abordagem Socrática) foi projetada e implementada como parte desta pesquisa. O arcabouço é substancialmente genérico em relação à categoria dos jogos heurísticos adversaristas. Um protótipo do referido arcabouço foi implementado com aplicação específica ao domínio de ensino do jogo de Xadrez. A

visão funcionalista da arquitetura da JAS é apresentada no diagrama da Figura 2. A troca de informações entre os módulos, bem como a especificação dos conhecimentos que cada um manipula foram organizadas com destaque para o módulo pedagógico. Isso se deve ao fato de ele ser o elemento coordenador do contato com o aprendiz.

4.1. Módulo do Perito

A mecânica de restrição e decisão sobre lances é realizada pela JAS por meio de variações do algoritmo Minimax [Russell e Norvig, 2003]. De maneira resumida, esse algoritmo, realiza busca heurística em grafos *E-OU*. Ele é freqüentemente aplicado como base de cálculo de próximo movimento plausível em jogos adversaristas devido à adequação da representação *E-OU* como reflexo da alternância de atuação dos oponentes. Conseqüentemente, isso torna a JAS capaz de selecionar as jogadas que trazem os melhores benefícios, considerando o decorrer do jogo.

No entanto, o Minimax tem algumas limitações conhecidas, tais como a de efetuar busca em apenas uma parte do grafo *E-OU*, dentro de uma profundidade limitada. Isso leva a uma redução no espaço de busca para permitir que a explicação destinada ao aprendiz seja gerada em tempo aceitável, mas compromete a plausibilidade dos lances também. Para atenuar essa limitação e aprofundar um pouco mais a árvore de busca, a JAS aplica técnicas de poda, como a *Alfa-Beta*, para eliminar ramos implausíveis, que são assim determinados através da aplicação da *função heurística*.

No protótipo construído para o ensino de Xadrez, a função heurística foi composta com a ajuda de vários especialistas. Tal função foi categorizada em termos de vantagem material e posicional, dado que a JAS é capaz de raciocinar de maneira genérica com as diferenças que existem entre ambas as classes. Um exemplo de fator heurístico que reflete a vantagem material está no valor relativo de cada peça. Para a vantagem posicional, um exemplo foi o controle de centro, o qual reflete a influência das linhas de ação das peças sobre a parte central do tabuleiro. Maiores detalhes da função heurística podem ser encontrados em [Feitosa *et alli.*, 2007].

4.2. Módulo Pedagógico

Responsável por nortear e coordenar os diálogos, o módulo pedagógico da JAS estima o quanto um aprendiz está distante da solução do problema. Isso é feito através da dinâmica de propagação do efeito de *regras de tendência*, um novo conceito introduzido neste trabalho. As regras de tendências carregam representações sobre direcionamentos das jogadas dos peritos. Em mais detalhes, elas evidenciam o comportamento generalizado de um perito ao se deparar com tabuleiros semelhantes do ponto de vista de valores heurísticos. Através do comportamento de tais regras, é possível determinar uma tendência freqüentemente assumida por jogadores mais habilidosos e assim criar justificativas para criticar um movimento realizado pelo aprendiz.

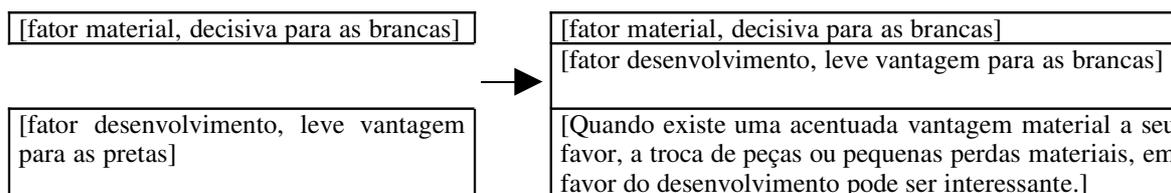


Figura 3: Uma exemplo de regra de tendência

Um exemplo de regra de tendência está na Figura 3, na qual as pré-condições (à esquerda da seta) detectam que as peças brancas estão com grande vantagem material mas sem vantagem posicional. As justificativas contidas nas tendências são textos em língua natural, escritos por peritos em Xadrez entrevistados durante esta pesquisa. Eles exprimem os motivos que levam às pós-condições (à direita da seta), deixando em evidência os fatores heurísticos a serem atingidos com o lance. Com isso, a utilização das regras de tendência abre a possibilidade de expansão na avaliação do aprendiz, pois através delas é possível verificar o quão afastada do ótimo foi sua decisão.

A escolha da regra é uma tarefa crucial para o desempenho do módulo. Para se determinar a regra que servirá de justificativa para um movimento, primeiramente deve-se separar do conjunto total de regras, aquelas que são compatíveis com o contexto atual e o contexto almejado pela JAS para o futuro. Isso contribui para refletir a mudança do contexto atual para o almejado. Tais regras são potencialmente justificativas para o movimento adotado por um perito do Xadrez. Entretanto, deseja-se selecionar a que mais se aproxima do caso estudado nesse momento. Para isso, é feita uma redução no conjunto de regras por meio de um limiar L , que elimina qualquer regra que contenha em suas premissas ou conseqüentes, características constantes na avaliação com grau de pertinência inferior a L .

Caso nenhuma regra existente seja selecionada pelo procedimento anterior, o módulo pedagógico é capaz de criar uma regra nova, considerada artificial. Ela irá conter as características observadas tanto no tabuleiro atual quanto no tabuleiro almejado pelo módulo do perito da JAS. A justificativa se referirá apenas às variações marcantes dos fatores heurísticos selecionados pela regra. Portanto, um texto gerado assim tende a ser mais pobre do que o gerado por peritos humanos, mas ainda é coerente com a tendência enunciada.

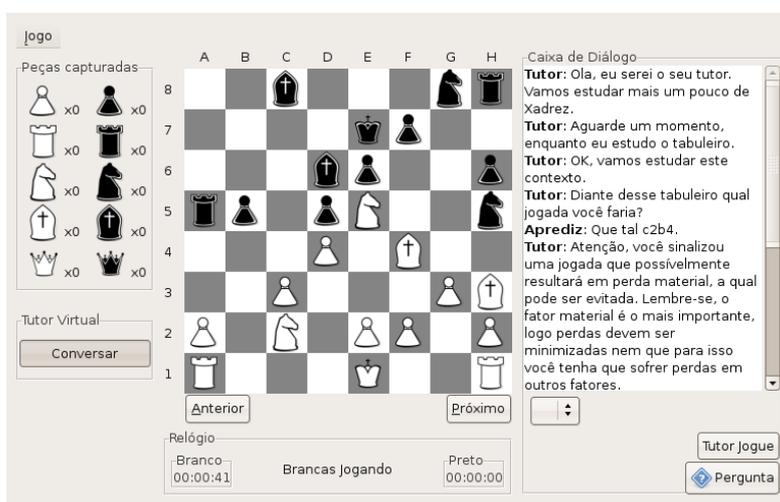


Figura 4: Interface do sistema

4.3. Interface do aprendiz e exemplo de diálogo

A interface da JAS foi projetada para permitir que o aprendiz não necessite de treinamento prévio ao utilizar o sistema. Para isso, todas as informações fornecidas pelo usuário foram limitadas a cliques do *mouse*. Além disso, as perguntas feitas ao aprendiz são baseadas em questionamentos binários (Sim/Não). Como pode ser visto na Figura 4, a interface é dividida em três partes principais: (a) o lado esquerdo, que exibe o estado material da partida; (b) a parte central, que exibe a situação do tabuleiro com

possibilidade de rever os lances anteriores através de botões; (c) o lado direito, onde se concentram os passos do diálogo.

A Figura 5 mostra um diálogo obtido através da JAS. Utilizando questionamentos sucessivos, não puramente *socráticos*, a JAS verifica prováveis equívocos do aprendiz na avaliação do contexto heurístico do tabuleiro corrente (linhas 3-8). Quando ocorre um equívoco do aprendiz na escolha de um movimento que não alcançou os melhores benefícios futuros, a JAS passa a explicitar a tendência que deve ser obedecida para reverter o cenário (linha 9). Adicionalmente, a JAS fornece informações ao aprendiz para que o mesmo consiga encontrar uma solução ótima do problema. Um aspecto interessante encontrado em estudos iniciais desses diálogos é que, em várias situações, tanto a JAS quanto o tutor humano (vide Figura 1) seguem a mesma tendência de justificativas, mesmo diante de movimentos plausíveis diferentes.

	1	Tutor:	Diante desse tabuleiro qual jogada você faria?
	2	Aprendiz:	O que você me diz de G1H2.
	3	Tutor:	Você concorda que possui uma acentuada vantagem material?
	4	Aprendiz:	Sim.
	5	Tutor:	Você concorda que o adversário possui uma vantagem razoável no desenvolvimento das peças?
	6	Aprendiz:	Sim.
	7	Tutor:	Você concorda que você e o adversário estão equilibrados no controle do centro?
	8	Aprendiz:	Sim.
	9	Tutor:	OK, você está analisando o fator material, desenvolvimento e controle do centro corretamente, entretanto não está tomando uma decisão correta. Mudanças no fator desenvolvimento a seu favor estão suscetíveis nos próximos movimentos. Analise movimentos que evidenciam essa tendência.
	10	Tutor:	Diante dessas informações qual jogada você faria agora?
	11	Aprendiz:	Eu pensei em D1F3.
	12	Tutor:	Parabéns, esse é o movimento que eu faria. Lembre-se movimentos tão bons quanto esse podem existir. Tente encontrar mais movimentos ótimos, você pode também fazer perguntas ou executar um movimento no tabuleiro a qualquer momento.
	13

Figura 5: Diálogo entre o JAS e um aprendiz de nível intermediário

5. Conclusão e trabalhos futuros

O trabalho apresentou os resultados de um longo estudo empírico no campo de jogos heurísticos adversaristas. Tal esforço culminou com a elaboração de conceitos genéricos e de um arcabouço de STI, a *shell* JAS, capaz de apoiar o ensino de táticas para aprendizes do nível intermediário de competência. Além disso, um protótipo foi implementado com a JAS para o domínio de ensino do jogo de Xadrez como forma de aplicação da *shell* na produção de diálogos educacionais.

Constatou-se durante esta pesquisa que aprendizes do nível intermediário precisam de apoio na análise tática de um tabuleiro. Sendo essa uma tarefa complexa, a decisão importante tomada aqui foi a de abordar questões heurísticas como forma numérica de avaliação tática. Sendo assim, fatores como o controle do centro de um tabuleiro, a valoração relativa de peças e o avanço das peças foram incluídos na implementação de um sistema tutor específico para o Xadrez.

A partir dos resultados do estudo feito sobre a atuação pedagógica tradicional no meio enxadrístico, a JAS foi projetada para conduzir diálogos com o aprendiz para discutir aspectos heurísticos do tabuleiro. Com isso, a JAS hoje é capaz de criticar a decisão tomada por um aprendiz ao escolher o próximo movimento plausível no jogo.

Além disso, o ato de justificar uma decisão também é gerado automaticamente pela JAS, o que faz do foco desta pesquisa um tema de contribuição bastante original.

Como trabalho futuro, está na fase inicial a criação de um novo módulo para a JAS. Ele acrescentará a capacidade de avaliação e monitoramento automáticos do sub-nível de competência em que o aprendiz se enquadra. A partir disso, um espectro maior de fatores heurísticos poderá ser apresentado ao aprendiz na medida em que suas deficiências forem diminuindo com o treinamento. Tal abordagem de individualização do aprendiz irá depender da criação e manutenção de um modelo de longo prazo do usuário que parece compor um trabalho de amplo interesse científico.

Referencias Bibliográfica

- Feitosa, A., Direne, A., Silva, F., Bona, L., Guedes, A., Castilho, M. Sunye, M., García, L. (2007). Definição formal de táticas de Xadrez por meio da autoria incremental de conceitos heurísticos. *Anais do XVIII SBIE*, 244-253.
- Baylor, A. L. and Kim, Y. (2005). Simulating Instructional Roles through Pedagogical Agents. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15 (2), 95-115.
- Bull, S., Kay, J. (2007). Student Models that Invite the Learner In: The SMILI Open Learner Modelling Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 17 (2), 89-120.
- Burton, R. R. and Brown, J. S. (1979) An Investigation of Computer Coaching for Informal Learning Activities, *International Journal of Man-Machine studies*, 11, 5–24.
- Caine, A., Cohen, R. (2007). Tutoring an Entire Game with Dynamic Strategy Graphs: The Mixed-Initiative Sudoku Tutor. *Journal of Computers*, 2 (1), 20-32.
- Isard, S. D. (1974). “What would you have done if...?”. *Theoretical Linguistics*, v. 1, p. 233-256, 1974.
- Gadwal, D., Greer, J., McCalla, G. (1993) Tutoring bishop-pawn endgames: An experiment in using knowledge-based chess as a domain for intelligent tutoring. *Applied Intelligence*, 3 (3), 207-224. Springer.
- Arroyo, I., Murray, T., Woof, B., Beal, C. (2004). Inferring hidden learning variables from student help seeking behavior. *Anais da 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS-2004)*, 782-784.
- Netto, J. F. M., Tavares, O, L., Menezes, C. S. (2005). Um Ambiente Virtual para Aprendizagem de Xadrez. *Workshop - Jogos Digitais na Educação (XVI SBIE), 2005, Juiz de Fora - MG. Anais do XVI SBIE* (versão digital).
- Russell, S., Norvig, P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2a. ed.). Prentice Hall.
- Tirado, A., Silva, W. (2006). *Meu Primeiro Livro de Xadrez*. Editora Expoente, 5ª Edição (estendida).
- Sá, E., Teixeira, J., Fernandes, C. (2007). Design de Atividades de Aprendizagem que usam Jogos como princípio para Cooperação. *Anais do XVIII SBIE*, 607-616.
- Sharples, M., Jeffery, N, Boulay, B. Teather, D. Teather, B. Boulay, G. (2002). Structured Computer-based Training in the Interpretation of Neuroradiological Images. *International Journal of Medical Informatics*. 136 (3), 263-280.