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

Antonio Hobmeir Neto

Programa de Pós-graduação em Informática
UFPR – Universidade Federal do Paraná
hobmeir@gmail.com

Alexandre Direne

Departamento de Informática
UFPR – Universidade Federal do Paraná
alexnd@inf.ufpr.br

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.*

Palavras-Chave: Dialogador, Xadrez, Busca Heurística, Diálogo Socrático, Fuzzy.

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.*

Keywords: Dialog, Chess, Heuristic Search, Socratic dialog, Fuzzy.

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 [1]. Apesar da literatura científica conter trabalhos relacionados a aspectos da aprendizagem de Xadrez [9, 7] e de outros jogos [12], 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.

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 e aprendiz humanos

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*).

Vale notar que, apesar do diálogo parecer simples, automatizar o cálculo de um movimento plausível no contexto de jogos adversaristas [10] e não adversaristas [5] 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 [8]. 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, frequentemente 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 nas modalidades quantitativa e qualitativa [10].

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 [2]. Um desses papéis, o de diagnosticar a super-generalização na aprendizagem,

tem ocupado os pesquisadores há anos.

Sharples e du Boulay [13] vêem a aprendizagem de conceitos médicos visuais (assim como as patologias), através de um tutor virtual, como uma aquisição de competência em um espaço de dimensões de características onde os limites das patologias são definidos, e que a competência pode ser desenvolvida pela interação com um conjunto ordenado de imagens via o STI. Eles chamam a atenção que, na prática normal, muitos dos conhecimentos dos estudantes sobre patologias tendem a ser adquiridos indutivamente, possibilitando o surgimento de super-generalizações.

A imediata consequência é que essas crenças super-generalizadas atingem não somente verdadeiros exemplares, mas também não-exemplares, requerendo do STI medidas imediatas a fim de trazer as crenças do estudante a um estado consistente. Eles argumentam, que ações explícitas de ensino, são necessárias para diminuir a fragilidade do conhecimento adquirido indutivamente.

Um exemplo clássico de jogo educacional que tenta abordar problemas de super-generalização é o STI chamado WEST [4]. 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.

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 [3], 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 [6]. 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 [7], 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 com poucas peças 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 [8]. 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 [13]. 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

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

A habilidade de jogar Xadrez pode ser dividida em duas grandes partes, o plano estratégico e o plano tático [11]. 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 [10].

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 explosão combinatória no meio do jogo.

3.2. Elementos pedagógicos em diálogos

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 a partir 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.

3.3. Transformação quantitativa/qualitativa

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 [5]. Tal transformação traz alguns aspectos interessantes para os dados onde elementos podem ser resultantes 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: vantagem decisiva para as brancas; vantagem razoável para as brancas; leve vantagem para as brancas; igualdade; vantagem decisiva para as pretas; vantagem razoável para as pretas; 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* e outros. Essas informações são mais naturais na discussão com aprendizes humanos pois exprimem a avaliação das características do tabuleiro.

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 Sócrática) 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.

Figura 2: Arquitetura funcionalista da JAS

4.1. Módulo do Perito

A mecânica de restrição e decisão sobre lances é realizada pela JAS por meio de variações do algoritmo Minimax [10]. De maneira resumida, esse algoritmo, realiza busca heurística em grafos *E-OU*. Ele é frequentemente 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. Consequentemente, 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 [1].

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 frequentemente assumida por jogadores mais habilidosos e assim criar justificativas para criticar um movimento realizado pelo aprendiz.

[fator material, decisiva para as brancas] [fator desenvolvimento, leve vantagem para as brancas]	Conseqüentes
[Quando existe uma acentuada vantagem material a seu favor, a troca de peças ou pequenas perdas materiais, em favor do desenvolvimento pode ser interessante.]	Justificativa

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.

4.3. Interface do aprendiz

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.

Figura 4: Interface do sistema

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

4.4 Avaliação do aprendiz

Por se tratar de um domínio onde não existe a unicidade da verdade, se faz necessário criar meios de avaliar o aprendiz de tal sorte que, soluções ainda que diferentes do módulo do perito possam ser consideradas satisfatórias. Logo os movimentos propostos pelo aprendiz devem ser analisados a fundo, pois podem representar soluções não otimizadas ou até mesmo similares às do perito.

Analisar a fundo uma solução significa que, deve-se projetar a solução do aprendiz a um futuro próximo, verificando a consequência desse movimento no desenvolver da partida. Através do estudo da consequência do movimento são retiradas informações úteis para classificar o movimento dentre quatro categorias: (a) ruim; (b) regular; (c) bom; e (d) ótimo. A interação e consequente classificação do movimento é denominada

neste trabalho de diálogo de *feed-back*.

Os diálogos de *feed-back* têm a tarefa de sinalizar ao aprendiz resultados da análise imediata do seu movimento. Eles possuem informações que explicitam ao aprendiz a consequência do seu movimento, como por exemplo, a sequência de lances em que seu movimento irá culminar, deixando em evidência o conceito adversarista implícito no jogo. Adicionalmente, os diálogos de *feed-back* não têm somente a finalidade corretiva, mas também a tarefa de elogiar movimentos ditos satisfatórios.

A respeito dos movimentos classificados como ruins, têm-se aqueles que provocam perda material desnecessária, ou seja, o aprendiz optou por um movimento o qual irá se refletir em perda material, sendo que se optasse por outro movimento tal perda não ocorreria. Consequentemente um diálogo deve ser apresentado ao aprendiz ressaltando que o movimento escolhido por ele resultará em perdas desnecessárias justamente no fator mais importante e que muitas vezes esse tipo de erro acarreta em perdas irreparáveis.

Já os classificados como bons são aqueles que seguem a tendência do tutor. Seguir a tendência do tutor significa que tanto o movimento do tutor quanto o do aprendiz têm o comportamento parecido quando analisados em forma de tendência. Todavia, quando o movimento do aprendiz não maximiza os fatores heurísticos analisados, mesmo assim um diálogo de *feed-back* deve ser exibido explicitando ao aprendiz que ele está no caminho correto para a solução.

Um movimento não é apenas considerado ótimo quando é igual ao do tutor virtual, mas sim, quando a consequência de seu movimento é equivalente, mesmo que com diferentes proporções heurísticas. Logo quando um movimento é ótimo, ele não deve ser apenas aceito como solução do problema, mas sim, tomado como um estímulo ao aprendiz para que encontre outros movimentos que também sejam ótimos. Entretanto, não há garantias de que existam mais movimentos ótimos, salvo quando o movimento proposto pelo aprendiz é diferente do que foi feito pelo tutor virtual. No que tange os movimentos regulares, pode-se dizer que são todos aqueles que não foram classificados como bons, ótimos ou ruins. Nenhum diálogo de *feed-back* é gerado para essa classe de movimentos, pois infelizmente pouco se pode afirmar sobre eles, uma vez que seus futuros são incertos.

5. Perspectivas de aplicação

A fim de evidenciar o uso dos conceitos abordados no Capítulo 3 na construção dos diálogos entre a JAS e o aprendiz será utilizado neste capítulo, exemplos de diálogos retirados da execução da ferramenta diante de certos contextos de tabuleiro. Também serão abordadas limitações existentes na ferramenta, as quais formarão as bases dos trabalhos futuros mais plausíveis.

5.1 Potencial pedagógico

De acordo com o que foi exposto no capítulo anterior, o diálogo gerado pela *Shell JAS* foi projetado para seguir diretrizes pedagógicas às quais um jogador de Xadrez de nível intermediário deve ser engajado no desenvolver de seu treinamento para a conquista da perícia. Assim sendo, várias reações pedagógicas foram engendradas para atuar em situações onde um certo padrão de deficiência do aprendiz se manifesta. Esta seção tem o objetivo de destacar as principais ações do dialogador proposto através do estudo de diálogos gerados.

5.1.1 Reação socrática

Por utilizar o diálogo socrático como meio de comunicação entre os agentes (humano-máquina), o conhecimento passa a ser adquirido pelo aprendiz de forma indutiva. Isso se dá por meio de observações de casos específicos que resultam no desenvolvimento de princípios gerais. Sendo assim, como forma de validar a descoberta indutiva do aprendiz, as hipóteses sobre fatos devem ser constantemente monitoradas pelo tutor a fim de detectar a ocorrências de supergeneralização na aprendizagem [14].

Na Figura 6 é exibido um trecho de diálogo entre a JAS e o aprendiz, que deixa em evidência a abordagem socrática do diálogo gerado. Mesmo em uma análise superficial, nota-se as evidências das características principais. Uma delas está nos sucessivos questionamentos unilaterais, do tutor para o aprendiz. Outra dessas mais relevantes características, a unicidade da verdade, fica evidente na discussão mesmo quando as opiniões são divergentes (linhas 3 a 5) da Figura 6.

Em uma visão mais especificamente sobre a abordagem de validação da descoberta indutiva, nota-se entre as linhas 3-15 a procura do tutor por hipóteses falsas que o aprendiz pode ter adotado ao longo do treinamento, uma vez que a resposta ao problema não foi

considerada satisfatória.

...	...
1	Tutor: Diante desse tabuleiro qual jogada você faria?(Movimento)
2	Aprendiz: d2d4.
3	Tutor: Você está de acordo que o fator material está com vantagem decisiva para as brancas (+ -) ?(Sim/Não)
4	Aprendiz: Não.
5	Tutor: O fator material dos peões está -2. Você o avaliou assim também ?(Sim/Não)
6	Aprendiz: Sim.
7	Tutor: Na minha avaliação o fator material dos cavalos está 0. Você concorda com isso ?(Sim/Não)
8	Aprendiz: Sim.
9	Tutor: Você está de acordo que o fator material dos bispos está 0 ?(Sim/Não)
10	Aprendiz: Sim.
11	Tutor: Na minha avaliação o fator material das torres está 2. Você concorda com isso ?(Sim/Não)
12	Aprendiz: Sim.
13	Tutor: Você está de acordo que o fator material das damas está 0 ?(Sim/Não)
14	Aprendiz: Sim.
15	Tutor: Os resultados analíticos dos fatores material dos peões, material dos cavalos, material dos bispos, material das torres e material das damas, influenciam o fator material, de tal forma, que o mesmo passa a ser considerado com vantagem decisiva para as brancas (+ -).
...	...

Figura 6: Diálogo entre o JAS e um aprendiz de nível intermediário

Tal procura é feita através de uma sequência de questionamentos sobre os fatos avaliados no tabuleiro. Ao detectar uma hipótese falsa, linha 4, o tutor aprofunda mais a busca pelo erro, aumentando assim a granulação do fator heurístico envolvido. Isso se justifica quando a avaliação de um fator é interferida pela má

avaliação de um subfator, ou seja, de outra hipótese mais básica.

Descartada a possibilidade de nenhuma hipótese correlacionada estar incorreta (linhas 4-14), o tutor virtual conclui que o equívoco aconteceu na compilação dos subfatores para formar o fator. A partir disso, um diálogo explicativo é gerado (linha 15), evidenciando a hipótese falsa do aprendiz bem como fornecendo subsídios para que ele crie novas hipóteses corretas.

5.1.2 Controle de mudança de foco

Como visto na seção anterior, a busca por hipóteses falsas é um mecanismo importantíssimo na detecção e correção de casos de supergeneralização ocorridas no aprendiz. Logo, a escolha de quais hipóteses devem ser testadas diante de um caso específico deve ser de tal forma que contemplem todo o embasamento para a tomada de decisão por parte do aprendiz. Da mesma forma, o método socrático exige um tipo de lista de verificação (*checklist*) como guia em mudanças de foco.

Um ótimo roteiro para a validação das hipóteses embasadoras é a utilização dos fatos constantes na regra de tendência que justifica o movimento do perito. São justamente esses fatos que detém as informações relevantes sobre o contexto atual do tabuleiro, ou seja, informações que influenciam o jogador na tomada da decisão. Também essas informações foram as mesmas que fomentaram a construção de hipóteses por parte do aprendiz ao estudar algum caso anteriormente.

Na Figura 7, observa-se um fragmento de diálogo entre o tutor virtual e o aprendiz, onde existe a abordagem de três focos principais: (a) Fator Material; (b) Fator Desenvolvimento; (c) Fator Controle de Centro. Tais focos são referentes aos fatos constantes na premissa da regra que justifica o movimento do tutor.

1	Tutor	Você está de acordo que o fator material está equivalente para ambas as cores (=) ?(Sim/Não)
-	...	...
2	Tutor	O fator desenvolvimento está equivalente para ambas as cores (=). Você o avaliou assim também ?(Sim/Não)
-	...	...
3	Tutor	Na minha avaliação o fator controle de centro está com vantagem decisiva para as pretas (- +). Você concorda com isso ?(Sim/Não)
-	...	...

Figura 7: A abordagem de focos principais no diálogo

5.2 Uso de terminologia especializada

Durante o avanço das pesquisas no estudo do jogo de Xadrez, algumas simbologias e notações foram propostas. Um bom exemplo é a notação Forsyth-Edwards Notation (FEN) que objetiva armazenar um estado completo do jogo. Isso abrange não somente as posições das peças no tabuleiro, mas também as condições globais de evolução da partida tais como a possibilidade de *en passant*.

Dentro do compromisso pedagógico assumido pela JAS está o de manter o material oferecido ao aprendiz o mais próximo possível ao encontrado na literatura específica. Com isso, foi adotado o uso de alguns símbolos no diálogo gerado, os quais estão apresentados na Figura 8 juntamente com seus significados.

!!	Lance brilhante.
!	Bom lance.
!?	Lance interessante.
?!	Lance duvidoso.
?	Mau lance.
??	Lance péssimo.
(+ -)	Vantagem decisiva branca.
(- +)	Vantagem decisiva preta.
(+/-)	Vantagem branca.
(-/+)	Vantagem preta.
(+/=)	Ligeira vantagem branca.
(=/+)	Ligeira vantagem preta.
(=)	Igualdade.

Figura 8: Símbolos Enxadristicos

Tais símbolos são usados de forma complementar aos diálogos, ou seja, aparecem juntamente ao seu correspondente textual, fazendo com que o aprendiz crie a associação, caso ainda desconheça a simbologia utilizada. Na Figura 9 é possível observar o uso dos símbolos no diálogo entre o tutor virtual e o aprendiz.

5.3 Potencial adaptativo

A fim de simular o potencial adaptativo do tutor humano, característica relevante na construção do diálogo de longo prazo, a JAS foi equipada com alguns componentes responsáveis por detectar casos onde o tutor deveria reagir diferenciadamente dependendo das ações anteriores. Esta seção irá mostrar, através de exemplos de diálogos, alguns dos principais componentes existentes na JAS para torná-la adaptável a situações diferencia-

das.

1	Tutor	Diante desse tabuleiro qual jogada você faria?(Movimento)
2	Aprendiz	g2g3.
3	Tutor	Vejo que você optou por trocar peças com o adversário (?!). Lembre-se que trocas de peças são interessantes quando há grande vantagem material a seu favor, o que não parece ser o seu caso.
4	Tutor	Você está de acordo que o fator material está equivalente para ambas as cores (=)?(Sim/Não)
5	Aprendiz	Sim.
6	Tutor	Na minha avaliação o fator desenvolvimento está equivalente para ambas as cores (=). Você concorda com isso?(Sim/Não)
7	Aprendiz	Sim.
8	Tutor	Na minha avaliação o fator controle de centro está com vantagem decisiva para as pretas (- +). Você concorda com isso?(Sim/Não)
9	Aprendiz	Não.
10	Tutor	O fator controle de centro das torres está com vantagem decisiva para as pretas (- +). Você o avaliou assim também?(Sim/Não)
11	Aprendiz	Sim.
12	Tutor	Você está de acordo que o fator controle de centro dos cavalos está com vantagem decisiva para as pretas (- +)?(Sim/Não)
13	...	...

Figura 9: O uso de simbologia específica no diálogo entre os agentes

5.3.1 Manutenção do histórico do diálogo

Ao longo de uma conversa, vários focos ou temas são abordados como consequência da evolução das

discussões. Tais temas são introduzidos pelos agentes e uma vez concluídos, dificilmente tornam a ser abordados. Isso se dá pelo fato de que os agentes mantêm em suas memórias os fatos já ditos encerrados e portanto não os abordam novamente. Diante dessa característica, a JAS projetada nesse trabalho mantém um histórico do diálogo gerado, fazendo assim com que a JAS não gere diálogos repetidos e desnecessários.

Em um diálogo tipicamente socrático, o Tutor tem o dever de conduzir a discussão utilizando como ferramenta a mudança de focos durante a sequência de perguntas. Tais focos são escolhidos dentre uma lista de focos, gerada pelo tutor (ver item 5.1.2) juntamente com o histórico do diálogo. Na Figura 10 é exibido um fragmento de diálogo entre a JAS e o aprendiz que reflete a influência do histórico do diálogo.

Dentre as linhas 1-7 é exibida uma discussão sobre a avaliação do tabuleiro no que diz respeito ao fator material. Especificamente na linha 7, é possível ver a intervenção pedagógica do tutor ao tentar corrigir uma má interpretação dos dados por parte do aprendiz. A influência do histórico fica evidente nas linhas 10-12, visto que o tutor reage de forma diferenciada a partir da mesma interação com o aprendiz. Como o fator material não foi resolvido anteriormente, mesmo com a presença da tentativa de correção da falha na avaliação, o tutor volta a abordar o tema.

Todavia, durante a abordagem do fator o tutor detectou, através do histórico do diálogo, que seus sub-fatores já haviam sido discutidos e suas discussões encerradas devido à concordância entre ambos, tornando a discussão desses temas desnecessária. Sendo assim, na linha 12, o tutor emite uma advertência ao aprendiz sobre sua repetida incoerência na avaliação do fator material, mesmo após a instrução do tutor.

Diante do avanço no jogo alguns fatos sofrem alterações em seus valores de avaliação, tornando as discussões anteriores sobre esse fato desatualizadas para a base de fundamentos na decisão de escolha de uma tendência pelo aprendiz. Assim sendo, a JAS novamente os aborda na discussão com o aprendiz a fim de verificar se ele também notou a variação do fator.

5.3.2 Monitoramento de variações heurísticas

É característico no jogo de Xadrez, bem como em outros com o mesmo enfoque, a variação de vantagens durante a partida. Uma das causas dessas variações é o

fato de que os jogadores movimentam suas peças alternadamente, fazendo com que, por exemplo, ataques somente sejam defendidos em um próximo momento, assim variando a vantagem momentaneamente. Todavia, quando analisadas tais variações, pode-se detectar alguns movimentos típicos de jogadores do nível intermediário.

	...	...
1	Tutor:	Diante desse tabuleiro qual jogada você faria?(Movimento)
2	Aprendiz:	g1h2.
3	Tutor:	Você está de acordo que o fator material está com vantagem decisiva para as brancas (+ -) ?(Sim/Não)
4	Aprendiz:	Não.
5	Tutor:	O fator material das damas está 1. Você o avaliou assim também ?(Sim/Não)
6	Aprendiz:	Sim.
7	Tutor:	O resultado analítico do fator material das damas, influência o fator material, de tal forma, que o mesmo passa a ser considerado com vantagem decisiva para as brancas (+ -).
8	Tutor:	Pense em outro lance.(Movimento)
9	Aprendiz:	d1g4.
10	Tutor:	Você está de acordo que o fator material está com vantagem decisiva para as brancas (+ -) ?(Sim/Não)
11	Aprendiz:	Não.
12	Tutor:	Você analisou os sub-fatores que compõe esse fator corretamente, entretanto está chegando em uma conclusão equivocada. O resultado analítico do fator material das damas, influência o fator material, de tal forma, que o mesmo passa a ser considerado com vantagem decisiva para as brancas (+ -).
13	Tutor:	Tente outro lance.(Movimento)
	...	...

Figura 10: Histórico de focos abordados

A Figura 11 exhibe um fragmento de diálogo que contém duas situações de detecção de jogadas típicas do aprendiz que podem ser determinadas através do monitoramento das variações heurísticas. Primeiramente na linha 3 é visto a detecção de um movimento típico de indução de troca de peças com o adversário. Tal movimento foi assim classificado por implicar na variação da quantidade de peças no tabuleiro mantendo a avaliação qualitativa inalterada.

Já a segunda detecção exemplificada está presente na linha 7 da tabela, onde o movimento do aprendiz poderá ocasionar perdas no fator material, típico de jogadores distraídos que não perceberam ataques a suas peças. Nesta situação o módulo pedagógico alerta o aprendiz para a consequência de sua solução, lembrando

do-o da importância do fator que seria prejudicado assumindo tal movimento.

Mais importante que detectar movimentos típicos, tal monitoramento, é responsável por criar tendências, dada a inexistência de uma que justifique o movimento do módulo do perito. Através de uma análise comparativa da função heurística é possível criar justificativas condizentes com a escolha de um movimento, mesmo que esta possua menor riqueza pedagógica e explicativa, comparada com as tendências providas de um perito. Na linha 4 da Figura 12 pode-se ver um exemplo de justificativa proveniente do monitoramento heurístico baseado no movimento do módulo do perito.

5.2.3 Seletor de tendência

Ao longo de um jogo de Xadrez um jogador se depara com inúmeras situações de jogo e para cada uma delas toma decisões parecidas, mesmo que representadas por movimentos diferentes. Neste trabalho, como já visto anteriormente, tais decisões são representadas por tendências, logo a JAS deve estar preparada para acompanhar essas variações de tendências na partida.

Na Figura 12 que contém um trecho de diálogo entre a JAS e o aprendiz nota-se a explicitação das tendências que o módulo perito da JAS decidiu no decorrer do jogo. Nas linhas 3 e 7 é deixada em evidência a intenção do tutor em mostrar ao aprendiz uma tendência adequada a ser tomada nesse contexto, a qual foi determinada de acordo com o movimento fornecido pelo módulo do perito da JAS. Essa ação por parte do tutor é decorrente a uma tentativa falha do aprendiz em encontrar uma solução factível para o problema.

Ao contrário, na linha 5 é possível ver a interação do tutor ao se defrontar com uma tentativa que se aproxima à do módulo do perito, ou seja, uma solução diferente da ótima, mas que seguiu a mesma tendência da ótima. Nessa ocasião o tutor indica ao aprendiz que ele está no caminho certo para solucionar o problema. Já na linha 10, após a movimentação de peças no tabuleiro, fica exposta a mudança na tendência do movimento do módulo do perito, ocasionada pela movimentação de peças no tabuleiro. Devido a seu potencial adaptativo as tendências podem sofrer alteração imediatamente após qualquer movimento de peça, pois tal movimento pode alterar completamente a situação do jogo e consequentemente o comportamento do jogador.

	...	...
1	Tutor:	Escolha outro lance a ser analisado. (Movimento)
2	Aprendiz:	e4e5.
3	Tutor:	Vejo que você optou por trocar peças com o adversário (?!). Lembre-se que trocas de peças são interessantes quando há grande vantagem material a seu favor, o que não parece ser o seu caso.
4	Tutor:	Está jogada também não segue a tendência que eu lhe falei (Mudanças no fator material a seu favor estão suscetíveis nos próximos movimentos. Você deve maximizar essa mudança a seu favor.). Se executado esse movimento, no melhor caso, futuramente você obterá como consequência o contexto resultante da execução dos movimentos d6e5 f4e5 e d8d5, o qual não atende a tendência (!).
	...	...
5	Tutor:	Diante dessas informações qual jogada você faria agora ? (Movimento)
6	Aprendiz:	flb5.
7	Tutor:	Atenção, você sinalizou uma jogada que possivelmente resultará em perda material, a qual pode ser evitada (??). Lembre-se, o fator material é o mais importante, logo perdas devem ser minimizadas nem que para isso você tenha que sofrer perdas em outros fatores.
	...	...

Figura 11: Observação das variações heurísticas

5.4 Discussão sobre limitações

5.4.1 Confirmação pregressa

Em um planejamento tático, o jogador planeja uma sequência de movimentos com o objetivo de ser contemplado com alguma vantagem futura. Ao executar seu plano com sucesso, ele obtém exatamente o estado desejado e, mais importante ainda, tem consciência de que tal conquista foi planejada anteriormente. Infelizmente, a *Shell JAS* não contempla nenhum diálogo dessa natureza, ou seja, diálogos sobre sucessos e insucessos de uma decisão tomada anteriormente.

Na Figura 13 é mostrado um diálogo utópico entre um tutor virtual e um aprendiz sobre situações pregressas do jogo. Entre as linhas 1 e 8 pode-se ver fragmentos de um diálogo abordando questões sobre o contexto de tabuleiro atual semelhantes àqueles já exibidos nesse documento. Entretanto após a execução de uma série de movimentos, tanto do aprendiz como do tutor, questões que extrapolam o contexto atual do tabuleiro são geradas, referenciando decisões tomadas anteriormente (ver linha 10). O uso de tal recurso trás o benefício do tutor poder explicitar ao aprendiz que a situação atual do tabuleiro se deu graças a ações corretas nos tempos certos.

5.4.2 Detecção da fragilidade de peça

Em um diálogo típico entre agentes humanos, com referência ao ensino de Xadrez, é comum que o tutor desvie a atenção do aprendiz para fatos relevantes no tabuleiro, como por exemplo, peças que estão sendo ameaçadas pelo adversário. Tal abordagem tem o intuito de diminuir o espaço de busca do aprendiz por um movimento factível. Isso se dá pois os movimentos que relevam tais ameaças são de ante-mão classificados como não factíveis, salvo os casos onde a ameaça pode ser ignorada, por assim dizer.

O diálogo gerado pela *JAS* apesar de conter características que também auxiliam ao aprendiz a detectar movimentos ruins logo em primeira análise, não possui um componente capaz de direcionar a atenção do aprendiz a fatos que o influenciem em um primeiro momento na escolha do movimento. Na Figura 14 pode-se ver um fragmento de diálogo idealizado, onde o tutor virtual direciona a atenção do aprendiz para fatos de alta relevância. Logo no primeiro contato com o aprendiz, durante a análise do novo contexto, o tutor virtual

chama a atenção do aprendiz a um fato de extrema relevância: a ameaça sobre uma de suas peças, como pode ser acompanhado nas linhas 1 e 2. Subseqüentemente o tutor analisa as soluções do problema vindas do aprendiz, confrontando-as com o fato levantado (linhas 5 e 9), tomando as devidas providências.

	...	...
1	Tutor:	Diante desse tabuleiro qual jogada você faria?(Movimento)
2	Aprendiz:	g1h1.
	...	...
3	Tutor:	Mudanças no fator desenvolvimento a seu favor estão suscetíveis nos próximos movimentos. Você deve maximizar essa mudança a seu favor.
	...	....
4	Aprendiz:	d2d4.
5	Tutor:	Muito bom, essa é um movimento bem satisfatório (!). Ele é próximo ao que eu faria. Pense mais um pouco e tente descobrir qual seria o meu movimento.
	...	...
6	Aprendiz:	a2a4.
7	Tutor:	Está jogada também não segue a tendência que eu lhe falei (Mudanças no fator desenvolvimento a seu favor estão suscetíveis nos próximos movimentos. Você deve maximizar essa mudança a seu favor.). Se executado esse movimento, no melhor caso, futuramente você obterá como consequência o contexto resultante da execução dos movimentos f4h3 g1g2 e e8c8, o qual não atende a tendência (!).
Aprendiz executou o movimento g1h2		
Tutor executou o movimento e7e5		
8	Tutor:	Diante desse tabuleiro qual jogada você faria?(Movimento)
9	Aprendiz:	d2d3.
	...	...
10	Tutor:	Mudanças no fator controle de centro a seu favor estão suscetíveis nos próximos movimentos. Você deve maximizar essa mudança a seu favor.

Figura 12: A escolha da tendência seguida pelo Perito

1	Tutor:	Diante desse tabuleiro qual jogada você faria?(Movimento)
2	Aprendiz:	h2h4.
	...	...
3	Tutor:	Mudanças no fator material a seu favor estão suscetíveis nos próximos movimentos. Você deve maximizar essa mudança a seu favor.
4	Tutor:	Escolha outro lance a ser analisado.(Movimento)
5	Aprendiz:	d1d7.
6	Tutor:	Parabéns, esse é o movimento que eu faria (!!). Lembre-se movimentos tão bons quanto esse podem existir. Tente encontrar mais movimentos ótimos, fique a vontade para fazer perguntas ou execute um movimento no tabuleiro.
7	Tutor:	Escolha outro lance a ser analisado.(Movimento)
	...	...
Aprendiz executou movimento d1d7.		
Tutor executou movimento e7e8.		
Aprendiz executou movimento d7f7.		
Tutor executou movimento e8d8.		
8	Tutor:	Diante desse tabuleiro qual jogada você faria?(Movimento)
9	Aprendiz:	f7f8.
10	Tutor:	Parabéns, você se manteve na tendência enunciada a 2 lances atrás, por isso seguiu o melhor caminho (!!). A tendência seguida, como lhe informado anteriormente, lhe rendeu uma maior vantagem material em relação ao adversário.
	...	...

Figura 13: Diálogo sobre situações pregressas

6. Conclusão e trabalhos futuros

O trabalho apresentou os resultados de um longo estudo empírico no campo de jogos heurísticos adversários. 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.

1	Tutor:	Você notou que a sua peça bispo da casa f4 está sobre ataque?
2	Aprendiz:	Sim.
3	Tutor:	Diante dessa ameaça qual jogada você faria?(Movimento)
4	Aprendiz:	c2c4.
5	Tutor:	Apesar de você ter notado a ameaça sobre sua peça você decidiu por um movimento que não a afasta. Você possui uma vantagem material decisiva, mesmo assim você não deve entregar peças ao adversário sem nenhum benefício.
6	Tutor:	Mudanças no fator desenvolvimento a seu favor estão suscetíveis nos próximos movimentos. Você deve maximizar essa mudança a seu favor.
7	Tutor:	Escolha outro lance a ser analisado.(Movimento)
8	Aprendiz:	g2g3.
9	Tutor:	Muito bem, você optou por um movimento que afasta a ameaça da peça bispo da casa f4. Todavia, está jogada também não segue a tendência que eu lhe falei (Mudanças no fator desenvolvimento a seu favor estão suscetíveis nos próximos movimentos. Você deve maximizar essa mudança a seu favor.). Se executado esse movimento, no melhor caso, futuramente você obterá como consequência o contexto resultante da execução dos movimentos g1f2 f4h6 e f8f7, o qual não atende a tendência (!).
10	Tutor:	Escolha outro lance a ser analisado.(Movimento)
	...	...

Figura 14: Diálogo enfocando fragilidade de peças

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 ques-

tões 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 Bibliográficas

- [1] 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.
- [2] Baylor, A. L. and Kim, Y. (2005). Simulating Instructional Roles through Pedagogical Agents. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15 (2), 95-115.
- [3] 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.
- [4] 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.

- [5] 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.
- [6] Isard, S. D. (1974). "What would you have done if...?". *Theoretical Linguistics*, v. 1, p. 233-256, 1974.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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).
- [10] Russell, S., Norvig, P. (2003). Artificial Intelligence: A Modern Approach (2a. ed.). Prentice Hall.
- [11] Tirado, A., Silva, W. (2006). Meu Primeiro Livro de Xadrez. Editora Expoente, 5ª Edição (estendida).
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Direne, A (1997). Authoring intelligent systems for teaching visual concepts. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8 (1), 71-78.