

ANTONIO HOBMEIR NETO

**UMA ABORDAGEM DIALÓGICA ALTERNATIVA PARA A
AQUISIÇÃO DE HABILIDADES TÁTICAS EM JOGOS
EDUCACIONAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Programa de Pós-Graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre I. Direne

CURITIBA

2008

ANTONIO HOBMEIR NETO

**UMA ABORDAGEM DIALÓGICA ALTERNATIVA PARA A
AQUISIÇÃO DE HABILIDADES TÁTICAS EM JOGOS
EDUCACIONAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Programa de Pós-Graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre I. Direne

CURITIBA

2008

AGRADECIMENTOS

Não poderia começar esta seção sem agradecer inicialmente a **Deus** e a meus pais que com todo amor e devoção me proporcionam uma vida plenamente feliz, sobretudo dando-me suporte para meu crescimento pessoal e profissional. A eles, deixo registrado meu eterno amor. A meus irmãos, Maykel e Murilo, que compartilham comigo da esperança de futuro próspero agradeço pelo incentivo e respeito ao meu trabalho.

Ao meu grande amor Fabiana Grifante, que sempre me incentivou e teve paciência nos momentos mais difíceis, registro minha eterna gratidão e minha certeza de que apenas começamos a nossa longa caminhada juntos.

Ao grande mestre Alexandre I. Direne agradeço pelo ótimo estudo que construímos juntos, pelas longas conversas entusiasmadas, pela amizade adquirida e pelos conselhos sábios. Sei que nosso trabalho rendeu além de uma dissertação uma grande amizade. Não posso deixar de agradecer também a todos os meus amigos pelos bons momentos vividos na sala de café, momentos os quais recordarei com muita saudade.

Agradeço imensamente também aos profissionais de Xadrez que nos atenderam prontamente durante os trabalhos, em especial:

- Jaime Sunye Neto (Gran-mestre internacional de Xadrez e Coordenador do Centro de Excelência em Xadrez do Paraná);
- Wilson Silva (autor de livros sobre o ensino de Xadrez e colaborador do Centro de Excelência em Xadrez do Paraná);e
- Claudio Antonio Tonegutti (presidente da Federação Paranaense de Xadrez).

Por último e não menos importante, agradeço aos brasileiros que investiram em minha educação e formação. Comprometo-me aqui a contribuir para que nossa nação se torne mais justa e próspera.

Muito Obrigado a Todos.

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| LISTA DE FIGURAS | iv |
| LISTA DE TABELAS | v |
| LISTA DE SIGLAS | vi |
| RESUMO | vii |
| ABSTRACT | viii |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 O problema Central | 1 |
| 1.2 Os Objetivos do trabalho | 2 |
| 1.3 O contexto do projeto | 4 |
| 2 RESENHA LITERÁRIA | 6 |
| 2.1 Sistemas Tutores Inteligentes | 6 |
| 2.2 Jogos Educacionais | 8 |
| 2.3 Dialogadores | 10 |
| 2.4 Tratamento de incerteza em Sistemas Especialistas | 12 |
| 3 CONCEITOS DA SOLUÇÃO ADOTADA | 15 |
| 3.1 Hipóteses simplificadoras sobre táticas do Xadrez | 15 |
| 3.2 Elementos pedagógicos em diálogos sobre táticas do Xadrez | 16 |
| 3.3 Diálogos Socráticos | 17 |
| 3.4 Componentes genéricos do dialogador automático | 17 |
| 3.5 Estudo empírico | 19 |
| 3.5.1 Coleta de material existente | 19 |
| 3.5.2 Entrevista com um especialistas | 20 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.6 | Transformação dos fatores quantitativos em qualitativos | 22 |
| 3.7 | Tendência de movimentos | 24 |
| 3.8 | Função de avaliação estática (FAE) | 25 |
| 4 | ARQUITETURA DA SHELL JAS | 27 |
| 4.1 | Módulo do Perito | 28 |
| 4.2 | Módulo Pedagógico | 29 |
| 4.2.1 | Regras de Tendências | 29 |
| 4.2.2 | Avaliação do aprendiz | 31 |
| 4.3 | Interface | 32 |
| 5 | PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO DOS CONCEITOS E FERRAMENTAS | 35 |
| 5.1 | Potencial pedagógico | 35 |
| 5.1.1 | Reação socrática | 35 |
| 5.1.2 | Controle de mudança de foco | 37 |
| 5.1.3 | Uso de terminologia especializada | 38 |
| 5.2 | Potencial adaptativo | 40 |
| 5.2.1 | Manutenção do histórico do diálogo | 40 |
| 5.2.2 | Monitoramento de variações heurísticas | 42 |
| 5.2.3 | Seletor de tendência | 43 |
| 5.3 | Discussão sobre limitações | 44 |
| 5.3.1 | Sobre a confirmação pregressa de situações | 44 |
| 5.3.2 | Sobre a detecção da fragilidade de um peça | 47 |
| 6 | CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS | 49 |
| | APÊNDICE A - MINIMAX | 51 |
| | BIBLIOGRAFIA | 56 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Visão 2-D do espaço de características | 8 |
| 3.1 | Tabuleiro com demanda de variação tática | 20 |
| 3.2 | Tabuleiro que manda a variação tática que enfoque no desenvolvimento das peças | 21 |
| 3.3 | Comportamento da função de pertinência triangular. | 23 |
| 4.1 | Arquitetura funcionalista da JAS | 27 |
| 4.2 | Um exemplo de regra de tendência | 30 |
| 4.3 | Interface do usuário | 33 |
| 4.4 | Interação textual entre o aprendiz e a JAS | 34 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Diálogo típico entre tutor humano e aprendiz | 3 |
| 5.1 | Evidência de reação socrática no diálogo entre o tutor e aprendiz | 36 |
| 5.2 | A abordagem de focos principais no diálogo | 38 |
| 5.3 | Símbolos Enxadrísticos | 39 |
| 5.4 | O uso de simbologia específica no diálogo entre os agentes | 39 |
| 5.5 | Histórico de focos abordados | 41 |
| 5.6 | Observação das variações heurísticas no desenvolver do jogo | 43 |
| 5.7 | A escolha da tendência seguida pelo Perito | 45 |
| 5.8 | Diálogo com abordagem de situações pregressas | 46 |
| 5.9 | Diálogo com enfoque à fragilidade de peças | 48 |

LISTA DE SIGLAS

- ACT - Adaptive Control of Thought
- C3SL - Centro de Computação Científica e Software Livre
- CAI - Computer-Aided Instruction System
- CECP - ChessEngine Communication Protocol
- CEX - Centro de Excelência em Xadrez
- FAE - Função de Avaliação Estática
- FEN - Forsyth-Edwards Notation
- IA - Inteligência Artificial
- JAS - Jogador de Abordagem Socrática
- SE - Sistemas Especialistas
- SIA - Sistemas Inteligentes de Ajuda
- STI - Sistemas Tutores Inteligentes
- UFPR - Universidade Federal do Paraná

RESUMO

Neste documento são abordados os aspectos pedagógicos de diálogos do ensino de jogos heurísticos adversaristas. A resenha literária mostra que apesar de existirem pesquisas na área de jogos educacionais, ainda são raras as pesquisas sobre a construção de *shells* inteligentes para o ensino de táticas desses jogos. Também é abordada a relevância do diálogo na transmissão de conhecimento entre o tutor e o aprendiz e as diferentes maneiras de se conduzir tal transmissão. Descreve-se também as hipóteses simplificadoras adotadas na criação da *shell* JAS, tal como a abordagem de aspectos heurísticos na composição de táticas de jogo. É detalhada ainda a arquitetura de um protótipo implementado com a JAS para o Xadrez, destinado a aprendizes do nível intermediário de habilidade. Ao final, são lançadas discussões sobre os resultados obtidos da *shell* e as metas de pesquisa futura.

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.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Neste capítulo será feita uma descrição geral do projeto, especificando o problema central, os objetivos a serem alcançados e o contexto no qual a pesquisa se originou.

1.1 O problema Central

Os jogos heurísticos, especialmente o Xadrez, têm sido usados há anos na escola para o aprimoramento do 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 alguns trabalhos relacionados a aspectos da aprendizagem de Xadrez [14, 12] e de outros jogos [18], 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 importantes 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: 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 importante para a aprendizagem no nível intermediário de habilidade que tais fatores heurísticos do tabuleiro sejam adequadamente identificados e discutidos em situações diversificadas de jogo.

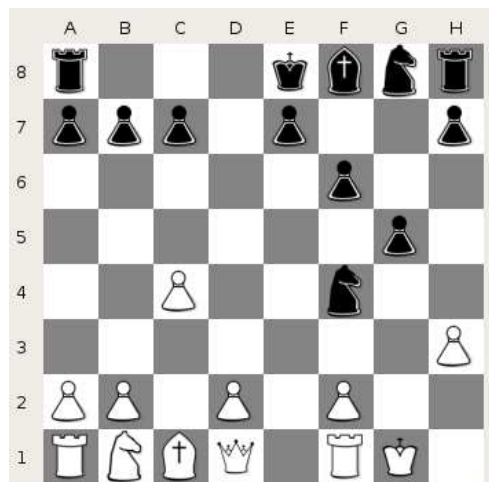
De acordo com instrutores de Xadrez, esse procedimento dialógico é adotado no treinamento real humano-humano. Os diálogos se destinam primordialmente ao ensino do reconhecimento de situações de vantagem e de desvantagem durante uma partida. Um exemplo desse procedimento é exibido no diálogo da Figura 1.1. 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).

Observa-se que, apesar do diálogo parecer simples, automatizar o cálculo de um movimento plausível no contexto de jogos adversaristas [17] e não adversaristas [8] 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.

1.2 Os Objetivos do trabalho

Até o presente momento, nenhuma ferramenta de software permite aos aprendizes do nível intermediário de habilidades táticas discutir sobre os conhecimentos heurísticos relacionados ao Xadrez. O presente trabalho pretende suprir essa deficiência na área por meio da criação de conceitos dialógicos de natureza educacional e da implementação de mecanismos pedagógicos que refletem a aplicação de tais conceitos.

Dentro do objetivo geral pode-se enumerar os seguintes objetivos específicos:



| | | |
|----|-----------|---|
| 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 | ... | ... |

Tabela 1.1: Diálogo típico entre tutor humano e aprendiz

- Estudo das características dos diálogos educacionais entre instrutores e aprendizes que se enquadram no nível intermediário de aquisição de habilidades enxadrísticas;
- Criar representações padronizadas de entrada e saída de elementos do diálogo, principalmente as de natureza textual que afetam a construção de explicações sobre fatores heurísticos;
- Projetar e implementar um dialogador como módulo fundamental do STI para simular uma parte do comportamento do instrutor humano nos diálogos educacionais

estudados anteriormente;

- Desenvolver uma versão expandida do algoritmo MINIMAX (Apêndice A) de busca em árvores de jogos, adaptado para funcionar de forma paramétrica para facilitar o enquadramento automático das hipóteses sobre um movimento (inadequado) de um aprendiz;
- Realizar uma discussão sobre os resultados atingidos.

1.3 O contexto do projeto

O trabalho apresentado nesse documento encontra-se inserido no projeto de criação de conceitos e ferramentas para apoio ao ensino de Xadrez nas escolas brasileiras, delineado em [9]. Tal trabalho apresenta originalmente, entre outras metas, a proposta de desenvolvimento de um STI para apoiar a aquisição de conhecimentos heurísticos por parte de um aprendiz, sem que esse último necessariamente tenha que competir diretamente. Em [1], uma forma primitiva de dialogador foi proposta e implementada, entretanto com diversas limitações. O ambiente foi projetado para permitir apenas um passo de explicação, não sendo capaz de alterar seu foco de discussão. Ele também não é capaz de promover qualquer tipo de adaptação do diálogo ao nível de habilidade do aprendiz.

O presente trabalho se propõe a projetar e implementar uma extensão muito mais especializada do que foi iniciado em [1]. Com isso, assume-se aqui como patamar inicial o conteúdo resultante da pesquisa sobre os primeiros passos dados em direção à automação do diálogo sobre fatores heurísticos na aprendizagem do Xadrez. Além disso, pretende-se criar uma base mais sólida ainda para a ferramenta de discussão aqui produzida poder abranger vários aspectos táticos sobre situações de tabuleiros que são especificados como parte do material produzido em uma fase anterior de autoria. Com isso, o instrutor humano pode organizar e testar mais facilmente os cenários aos quais um aprendiz deve ser submetido durante um treinamento bem estruturado.

Todo o material produzido durante a execução do projeto está armazenado no servidor de Xadrez do CEX (Centro de Excelência em Xadrez), o qual é mantido pelo grupo de

pesquisa do Centro de Computação Científica e Software Livre (C3SL) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), e ficará disponível de maneira totalmente aberta para uso futuro em aulas ou como material de estudo individualizado. O endereço Web mais estável ao longo do tempo deverá ser o seguinte:

<http://xadrezlivre.c3sl.ufpr.br/projeto>

CAPÍTULO 2

RESENHA LITERÁRIA

Com o início dos trabalhos na área de Inteligência Artificial (IA) outras áreas do conhecimento utilizaram seus princípios e técnicas para avançar em campos inexplorados, nascendo assim as sub-áreas de IA, entre elas Sistemas Tutores Inteligentes (STI). Nesse capítulo será resgatada um pouco da evolução de algumas dessas sub-áreas, bem como os trabalhos de pesquisa publicados na literatura que possuem algum grau de semelhança com o que está proposto nesta pesquisa.

2.1 Sistemas Tutores Inteligentes

Sistemas tutores inteligentes (STIs) são programas de computador destinados a simular tutores humanos, os quais sabem “o que” ensinar, “a quem” ensinar e “como” ensinar [16]. Ao longo das últimas décadas, uma vasta gama de modelos arquiteturais foram propostas para definir os STI. Tais modelos se confundem à primeira vista com a pesquisa científica dos aspectos fundamentais de representação do conhecimento na área de IA. Entretanto, há um consenso na comunidade de pesquisa sobre a constituição da arquitetura de um STI [4]. Sob o ângulo funcionalista, ela consiste ao menos de três componentes básicos: (a) módulo do perito; (b) módulo do aprendiz; e (c) módulo pedagógico.

O primeiro módulo, do perito, diz respeito a aspectos da perícia no domínio específico abordado e geralmente é dedicado a resolver um problema qualquer do referido domínio de maneiras variadas. Por meio desse módulo, em teoria, deveria ser possível realizar automaticamente uma correspondência não apenas de forma, mas também semântica entre a solução do problema apresentada por um aprendiz e a(s) do perito. Com isso, o grau de validade (consistência, completude, etc) da solução do aprendiz pode ser verificado com alguma precisão, permitindo também a definição de uma base mais formal para a avaliação do desempenho na aquisição de conhecimento.

Já o segundo módulo se destina a registrar os conceitos do domínio que foram adquiridos pelo aprendiz até o momento. Em outras palavras, é por meio dele que o nível de compreensão do aprendiz para entender explicações do tutor pode ser ajustado. Além disso, no caso ideal, o modelo do aprendiz possui informações necessárias para uma abordagem diferencial sobre o quanto falta ao aprendiz para que ele ou ela atinja o conhecimento de um perito. À primeira vista, tal abordagem pode parecer simples, mas há décadas a busca por respostas a esse problema de modelagem tem se mostrado extremamente complexa [6].

Por último o módulo pedagógico, 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 [17]. Adicionalmente, a incorporação das responsabilidades didáticas sobre as pedagógicas, nesse mesmo módulo, contribui ainda mais para o aumento de sua complexidade. Como conseqüência 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 [5].

Um desses papéis, o de diagnosticar a super-generalização na aprendizagem, tem ocupado os pesquisadores do campo de STI há anos. Sharples e du Boulay [21] 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 conseqüência é que essas crenças super-generalizadas atingem não somente verdadeiros exemplares, mas também não-exemplares (ver Figura 2.1), 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 dimi-

nuir a fragilidade do conhecimento adquirido indutivamente.

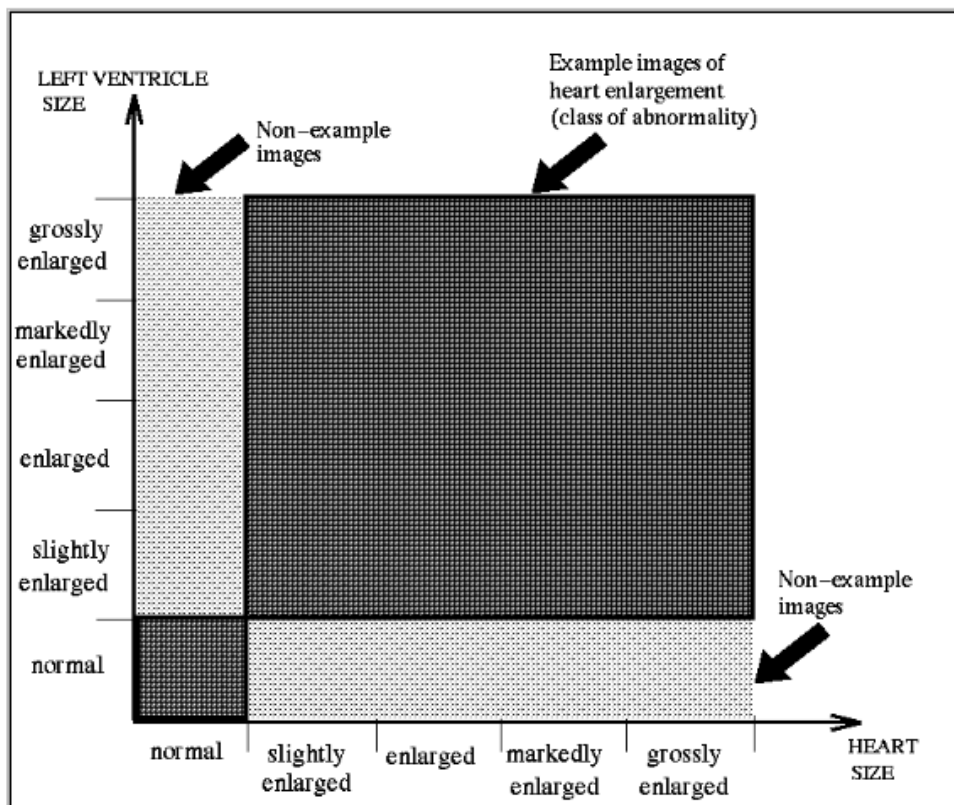


Figura 2.1: Visão 2-D do espaço de características

2.2 Jogos Educacionais

Um subconjunto relativamente raro dos STIs é o dos jogos educacionais. O uso de jogos no processo educacional bem como seus ganhos são temas de constantes pesquisas em IA. Um exemplo clássico de jogo educacional que tenta abordar problemas de super-generalização é o STI chamado WEST [7]. Ele simula o treinador (“*coach*”, em inglês) de um jogo não adversarista de tabuleiro cujo objetivo do jogador é o de “conquistar o Oeste Norte-Americano” por meio de uma série de movimentos atômicos.

O número de espaços de cada movimento atômico é determinado pela manipulação de três números os quais são gerados aleatoriamente. O jogador tem que combinar esses números usando operações matemáticas incluindo exponenciação, parênteses, números negativos, etc. A tarefa do jogador é maior do que apenas gerar o maior número possível, pois existem espaços no tabuleiro com características especiais e como os número aleatórios

obtidos são pequenos o uso de situações especiais são freqüentemente mais favoráveis. A cada movimento a equação construída pelo estudante é comparada com a do módulo perito e quando as mesmas diferem, o treinador (por meio do módulo tutor) intervém e provê ao estudante informações de ajuda para melhorar seu jogo e/ou melhorar seus movimentos.

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”.

Outros jogos educacionais já foram propostos desde seu surgimento, atingindo hoje diversas áreas de ensino. Acredita-se que os ganhos de motivação ocorrem justamente quando o ensino se dá através de jogos [7, 13, 24, 25]. Primeiramente pode-se citar o fato de que jogos estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas e em todas as faixas etárias. Em segundo, o jogo traz ao aprendiz a ambientação lúdica com o conteúdo, tornando-os altamente atrativos. Por último e provavelmente o mais importante, é o fato de que grande parte deles desafia constantemente o aprendiz ao uso do jogo por um longo período, fator fundamental quando se procura atingir o desenvolvimento de perícia.

No universo comercial, especificamente para o ensino de Xadrez, destaca-se o software *FRITZ*. Ele é um software especializado no jogo de Xadrez existente desde meados da década de 90 e famoso por suas conquistas em campeonatos especializados. Possui entre outras funcionalidades um módulo de treinamento de jogadores, utilizando como metodologia a constante análise em paralelo da partida jogada pelo aprendiz, avaliando os lances feitos, bem como advertindo-o sobre perigos e erros cometidos. Tal módulo é equipado com ajustes na graduação da força do oponente, permitindo assim o ajuste nos níveis de treinamento. Além disso, como complemento analítico, são evidenciadas ameaças e planos sobre o jogo ao aprendiz, além de dados estatísticos sobre aberturas. Mesmo tendo um alto custo de licença, devido à sua completude e falta de concorrentes,

seu uso é bem difundido no meio enxadrístico.

2.3 Dialogadores

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, também chamados de Sistemas Inteligentes de Ajuda (SIA). Alguns foram considerados inteligentes [6], 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 [13]. 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 temporais sobre a partida que, de acordo com o artigo, trazem 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.

Na mesma linha de construção de dialogadores, um modelo cognitivo bem mais complexo, já considerado um clássico da área de STI, foi proposto por Anderson [2]. O ACT* (Adaptive Control of Thought) é um modelo no qual o tutor deve acompanhar o aluno durante a prática e intervir imediatamente caso ele cometa um erro ou demonstre estar bloqueado. De acordo com a teoria, uma intervenção tardia ou não existente pode levar o estudante a não desenvolver mentalmente nenhuma regra de perícia, ou a desenvolver o conhecimento na forma de regras super-generalizadas ou sub-generalizadas. Um dos dialogadores inteligentes propostos com base na teoria ACT* foi o Lisp Tutor [3]. Ele foi construído sobre o paradigma model-tracing com um sistema para o ensino da linguagem de programação Lisp, onde o aprendiz digitava comandos para resolver problemas

propostos pelo módulo tutorial do STI. Todavia, apesar do sucesso do model-tracing no apoio ao aprendizado de Programação de Computadores, ele não pode ser aplicado em outros domínios de especialidade. Uma hipótese sobre a limitação do modelo se refere ao fato do aprendiz não poder fazer questionamentos para o STI, restringindo a amplitude dos diálogos mais complexos entre os agentes.

Mesmo com limitações, pesquisadores ainda propuseram o UMRAO [12], 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 foi limitado por questões de tempo a contextos de 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, outras propostas surgiram da década de 90 em diante. Algumas delas têm o diálogo socrático como alternativa principal da interação entre tutor e aprendiz [4]. 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 dos educadores deste século baseiam-se na abordagem socrática [22]. 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 barreiras de pesquisa a serem transpostas antes de sua plena aplicação, principalmente no campo de jogos educacionais.

2.4 Tratamento de incerteza em Sistemas Especialistas

Uma característica cada vez mais comum nos Sistemas Especialistas (SE) é a existência de um mecanismo de raciocínio incerto que permite representar a incerteza a respeito do conhecimento do domínio. Isso se dá pelo fato de que os SE construídos atualmente abordam, frequentemente ramos da ciência onde as informações aparecem de forma imperfeita. Por exemplo, se deseja-se descobrir a que horas começa um determinado filme, algumas das respostas que podem ser obtidas são:

- Informação perfeita: O filme começa às 8h 15min.
- Informação incerta: Eu acho que o filme começa às 8h (mas não tenho certeza).
- Informação probabilista: É provável que o filme comece às 8h.

Um agente humano consegue naturalmente tomar decisões razoáveis a partir de qualquer uma dessas respostas, já um SE precisa de um mecanismo de raciocínio diferente para cada uma delas. Especificamente falando em informação incerta, a teoria dos conjuntos nebulosos é o modelo mais tradicional para o seu tratamento. Este modelo, permite diferentes graduações na pertinência de um elemento a uma dada classe, ou seja, possibilita a um elemento pertencer com maior ou menor intensidade àquela classe.

Contudo, não apenas a falta de informações perfeitas reflete na necessidade de uso de incertezas em SE, Russell e Norvig, evidenciaram a dificuldade de se construir regras lógicas de primeira ordem para contextos como diagnósticos médicos [17]. Justificando tal dificuldade em três fatos principais:

- Preguiça (do inglês, *Laziness*): É muito trabalhoso listar o conjunto completo de antecedentes ou consequentes necessários para assegurar uma regra sem excessões, como também é muito difícil de usá-las.
- Ignorância teórica: A ciência médica possui uma teoria ainda não completa, ou seja, ainda é um campo em desenvolvimento teórico.
- Ignorância prática: Mesmo que conhecida todas as regras, teríamos incertezas sobre um paciente particular porque nem todos os testes necessários foram feitos ou podem ser feitos.

Como uma melhor solução para o problema, eles utilizaram o conceito de grau de confiança atrelado as regras produzidas. O grau de confiança permitem que regras generalistas possam operar os dados inferindo fatos com uma certa confiança exigida. Os graus de confiança podem ser manipulados de muitas maneiras, sendo mais freqüentes pela teoria da probabilidade e da nebulosidade. No domínio do diagnostico médico os dados analisados são freqüentemente *booleanos*, ou seja, são verdadeiros ou falsos (ou o paciente está com febre ou não está). A utilização de probabilidades se torna mais atrativa para esses dados, devido a sua natureza discreta. Trazendo ao SE inferências interessantes como, “O paciente tem 80% de chance de estar com a doença p ”.

Nutter [15] discute em seu artigo que apesar de alguns SE tratarem dados probabilísticos e incertos da mesma forma, eles devem ser diferenciados e analisados de forma específica.

Considerando as duas sentenças abaixo:

- (i) Oscar é (tipicamente) um passáro com 0.6
- (ii) Oscar é macho com 0.5

A sentença (i) diz que o Oscar não aparenta ser um típico passáro, ou seja, apresenta incerteza. A teoria dos conjuntos nebulosos é o modelo mais tradicional para este tipo de sentença. Já a sentença (ii) é tipicamente probabilística, refletindo que não sabe se Oscar é macho ou fêmea, adotando a chance deles ser macho em 50-50. Ou seja, existe a

consciência que Oscar não é metade macho, mas sim que Oscar ou é macho ou não é, com 50% de chance. Da mesma forma, não pode ser dito que Oscar não é um típico macho.

A diferença entre as sentenças é que a primeira reflete um conceito vago sobre Oscar, já a segunda reflete uma informação incompleta e que pode ser determinada com um único experimento (olhar para o Oscar e ver). Um sistema que deseja tomar decisões corretamente deve possuir meios de tratar a diferença das naturezas dos seus dados analisados, pois se um sistema não tratar essa diferença básica suas ações serão em boa parte incorretas.

CAPÍTULO 3

CONCEITOS DA SOLUÇÃO ADOTADA

Esta seção apresenta conceitos da solução do complexo problema de construir um dialogador automático, bem como aspectos relacionados ao jogo de Xadrez. 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 [23]. 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 ambos os tipos de planos serem conhecidos e tratados de maneira distinta por enxadristas de nível avançado, assume-se 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 dessa pesquisa 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 [17].

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 valores 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.

3.3 Diálogos Socráticos

O diálogo Socrático tem como característica principal a existência de dois personagens bem distintos: o tutor e o aprendiz. 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 tão breves quanto possível, promovendo maior controle do tutor sobre o aprendiz.

A continuidade do diálogo é resultante da alternância entre perguntas e respostas, cabendo ao tutor a mudança de foco na próxima pergunta, quando o mesmo tem a consciência de um impasse ou esgotamento. Sendo assim, o conhecimento é adquirido por meio indutivo, onde as observações de casos aparentemente isolados resultam no desenvolvimento de princípios gerais. Como forma de validar a descoberta indutiva, as hipóteses sobre fatos isolados são constantemente monitoradas pelo tutor em relação a constatações passadas uma vez que podem se tornar conflitantes.

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.

3.4 Componentes genéricos do dialogador automático

O dialogador aqui exposto é capaz de gerar diálogos com o aprendiz nos mais diferentes contextos de jogo. Para isso, alguns mecanismos e algoritmos foram construídos a fim de extrair informações relevantes do tabuleiro e, através destas, gerar diálogos pertinentes ao aprendiz. Têm-se como principais componentes os enumerados abaixo.

(a) Analisador heurístico

É responsável pela abordagem heurística na avaliação do contexto do jogo. En-

tre outras atribuições, a ele é destinado o diagnóstico de situações de vantagem e desvantagem, por meio de percentuais, nos diversos fatores heurísticos abordados.

(b) Monitoramento de variações heurísticas

Responsável pelo monitoramento de variações heurísticas abruptas na continuidade do jogo.

(c) Seletor de foco

Devido à natureza socrática do diálogo é incumbido ao tutor as trocas de focos durante as discussões por meio de perguntas. Desta forma, este componente fica responsável por escolher o próximo tema a ser discutido a partir de um conjunto finito deles, respeitando o histórico de temas já abordados.

(d) Manutenção de histórico das intervenções

Responsável por armazenar as intervenções feitas pelo tutor durante todo o processo de aquisição de perícia do aprendiz. A informação mantida por ele, assume-se ser de grande importância para o fomento do módulo do aprendiz, uma vez que é neste componente que se encontrarão os momentos de falha e sucesso do aprendiz.

(e) Geração de texto explicativo

A toda intervenção feita pelo tutor é associado um texto explicativo que tem como finalidade nortear o aprendiz a uma solução ótima do problema. Este componente tem o dever de gerar tais textos em língua natural, auto-suficientes e contextualizados, bem como diferenciados de acordo com o nível de habilidade do aprendiz.

(f) Seletor de tendência

A cada contexto atingido durante o jogo existe uma tendência equivalente de movimento de peça a ser realizado pelo módulo do perito. Cabe a este componente selecionar a tendência que melhor justifica o movimento do perito.

(g) Busca heurística

Diante de um novo contexto de tabuleiro, fica a cargo do componente de busca heurística, encontrar uma ou mais soluções ótimas, denominadas assim através do componente analisador heurístico. Tais soluções serão a base de conhecimento para o módulo do perito do sistema.

Alguns desses componentes serão reapresentados no Capítulo 5 no contexto das perspectivas de aplicação dos conceitos bem como suas influências no diálogo gerado pela *shell* JAS (ver detalhes no Capítulo 4).

3.5 Estudo empírico

Como parte do estudo realizado está a aplicação de conceitos como forma de extração de informações, a qual julga-se extremamente relevantes para o estudo da forma com que se ensina Xadrez na literatura especializada. Nesta seção será abordado um pouco sobre o ensino convencional de Xadrez e como foi utilizado esse conhecimento na extração de informações relevantes para o estudo proposto.

3.5.1 Coleta de material existente

Na literatura encontramos alguns livros sobre o ensino de Xadrez onde o ensino de táticas se dá basicamente pelo exercício de avaliar corretamente os fatores relevantes de um tabuleiro. Para isso, alguns tabuleiros são selecionados, cada um com uma peculiaridade que julga-se demandarem mudanças na tática do jogo.

Para cada situação de tabuleiro existe uma ou mais táticas a qual possivelmente será mais eficiente na obtenção de novos objetivos. Assim, durante o avanço de uma partida um jogador pode modificar sua tática diversas vezes. Contudo, existem situações bem delimitadas onde a alteração na tática aparenta ser inevitável. Tais situações constituem em um fértil material a ser utilizado com o aprendiz na detecção de possíveis falhas em suas avaliações e por consequência falha na tomada de decisão.

Na Figura 3.1 pode-se ver um exemplo de tabuleiro que demanda uma variação de tática. O jogador das brancas adotava até o presente momento uma tática de aumento

de vantagem material perante as pretas. Pode-se ver que no instante atual a vantagem material já foi consolidada, todavia o fator desenvolvimento encontra-se prejudicado, provavelmente conseqüência da ênfase material. É nesse momento em que o aprendiz deve mudar seu foco principal do fator material para o fator desenvolvimento. Ou seja, deve haver uma mudança tática, focando mais os objetivos no fator desenvolvimento que se encontra desfavorecido.

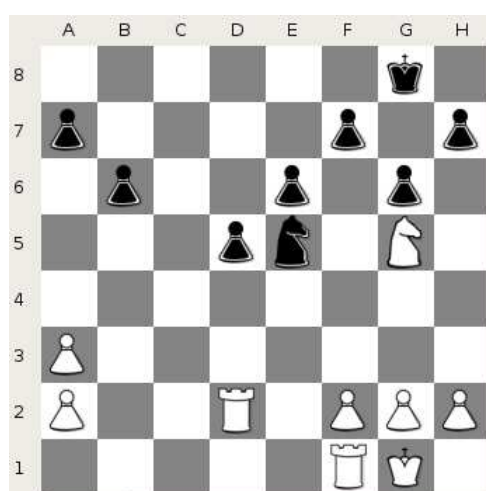


Figura 3.1: Tabuleiro com demanda de variação tática

Outro exemplo pode ser visto na Figura 3.2, onde fator material se encontra equivalente para as cores. Todavia o fator desenvolvimento e controle de centro estão favorecendo o jogador Preto. Tal situação demanda do jogador Preto uma alteração na sua tática. Sua nova tática deve priorizar neste momento o fator material, tentando capturar peças inimigas, aproveitando seu favorecimento posicional. Já as Brancas devem manter sua tática focada na contenção do avanço posicional das Pretas, ou seja, está demandando uma tática que deixa em foco o desenvolvimento das suas peças.

3.5.2 Entrevista com um especialistas

A gama de informações colecionadas ao longo do tempo por um especialista Xadrez é um material extremamente fértil para o desenvolvimento de novos especialistas. Todavia, como conseguir extrair tais informações é um tema em aberto na literatura. Vários métodos já foram propostos. A escolha de qual método a ser aplicado se dá geralmente



Figura 3.2: Tabuleiro que manda a variação tática que enfoque no desenvolvimento das peças

pela natureza da resposta pretendida.

Tendo este trabalho o objetivo de obter informações que possam ser usadas em diálogos simulados, a utilização de entrevistas orais com os especialistas pareceu ser a melhor maneira de alcançar maiores benefícios. Todavia a entrevista foi conduzida nos moldes de uma conversa e não propriamente inquisitiva. Contudo, para evitar possíveis desvios no foco principal da conversa, o condutor da entrevista manteve como guia alguns pontos-chaves a serem abordados. Os principais pontos que foram focados na entrevista foram:

- Qual jogada o especialista faria nesta situação?
- Qual a justificativa dele para a jogada?
- Qual a opinião dele sobre os fatores Material e Posicional do tabuleiro?
- Qual dos fatores lhe chamou mais atenção?
- Ele faria um movimento próximo a este em uma situação semelhante?

Durante a entrevista o especialista foi exposto a várias situações de tabuleiros. Para cada um deles foram captadas as suas observações a cerca do tabuleiro. Observou-se que as consequências de seus movimentos eram frequentemente abordadas para enfatizar a justificativa de seu movimento, bem como para exemplificar uma tendência anunciada.

Durante a entrevista, o entrevistador conduzia o foco da conversa quando detectava a necessidade de aprofundar mais as justificativas do especialista, alterando a granularidade da pergunta. Desta forma foi possível verificar até onde chegava a análise de um tabuleiro pelo especialista. Tal abordagem deixou em evidência que em certos contextos onde o especialista já possuía uma tendência empírica sua análise era mais superficial para a tomada de decisão reduzindo assim o tempo de resposta.

Dados como as tendências e outros vários foram coletados no decorrer da entrevista. Algumas tendências ficaram bem nítidas quando da justificativa do especialista, bem como metodológica de análise dos fatores. Tais dados resultantes foram compilados com o intuito de criar um modelo pedagógico capaz de avaliar os diversos fatores heurísticos presentes no Xadrez.

3.6 Transformação dos fatores quantitativos em qualitativos

Apesar de serem de extrema importância para a máquina de busca (Minimax), os fatores heurísticos calculados pela função computacional de avaliação estática (FAE), são de difícil interpretação direta por um ser humano. Todavia, eles representam a quantificação das características do tabuleiro, as quais são extremamente relevantes para os diálogos entre um tutor automático e o aprendiz humano. Logo, é necessário realizar uma 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, sendo que o grau de pertinência varia no intervalo $[0:1]$ dos números Reais [8]. Tal transformação traz alguns aspectos interessantes para os dados. Por exemplo, um fator pode ter como resultante mais de um qualificador, desde que as funções de pertinência dos qualificadores possuam intersecções. Esse artifício, quando utilizado, proporciona uma flexibilidade de interpretação dos dados pelo aprendiz, sendo fundamental quando existe subjetividade na interpretação.

Aproveitando-se das vantagens proporcionadas pela transformação, o trabalho aqui

descrito utiliza funções de pertinência triangulares, que é uma das funções padrão desse tipo de transformação. Seu comportamento típico pode ser observado através da Figura 3.3, a qual contempla três qualificadores triangulares distintos. É importante observar que existe intersecção entre eles (2 a 2), resultando assim em mais de um qualificador nesses intervalos definidos.

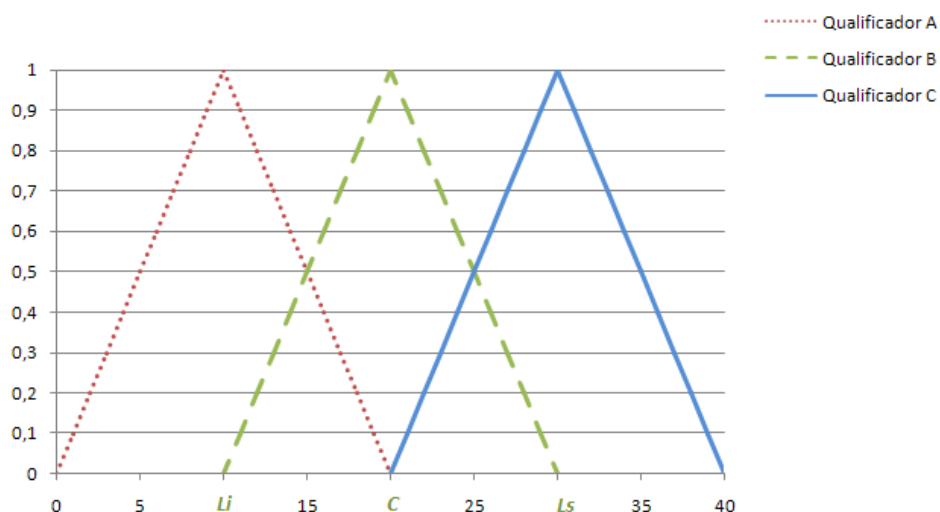


Figura 3.3: Comportamento da função de pertinência triangular.

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 para as brancas;
- (c) Leve vantagem para as brancas;
- (d) Igualdade;
- (e) Vantagem decisiva para as pretas;
- (f) Vantagem para as pretas;
- (g) Leve vantagem para as pretas.

A cada fator analisado, são aplicadas sete funções de transformação triangular, uma para cada qualificador, que podem ser resumidas, em linhas gerais, pela seguinte equação:

$$G_p = \max(\min((x - L_i)/(c - L_i), 1, (L_s - x)/(L_s - c)), 0) \quad (3.1)$$

Na fórmula, x representa o valor quantitativo do fator analisado, L_i o limítrofe inferior do qualificador, L_s o limítrofe superior do qualificador, c o ponto de maior pertinência do qualificador e G_p o grau de pertinência do qualificador para o fator. A escolha dos valores L_s e L_i para cada qualificador determinam as intersecções entre os qualificadores. Esses valores estão diretamente relacionado com a FAE, uma vez que é nela que está contido o domínio da função dos fatores analisados. Logo, a escolha desses valores é atrelado às decisões tomadas na construção da FAE.

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. Esas informações são utilizadas nas discussões entre os agentes a fim de tornar o diálogo mais natural ao aprendiz, devido à ausência de números.

3.7 Tendência de movimentos

Ao se deparar com um contexto de tabuleiro qualquer, onde a vitória ainda é incerta, um perito em Xadrez inicia seu estudo analisando as características mais relevantes do tabuleiro. Em seguida inicia uma busca, equipada com sua vasta gama de experiências, por tabuleiros já vistos por ele que possuam semelhança com o estudado, mas que a sua vitória se mostrou certa. Identificado tal ou tais tabuleiros, o perito elabora um plano estratégico que objetiva conduzir o jogo a esse(s) tabuleiro(s), visto que a vitória é certa. Esse plano, irá justamente definir os objetivos do jogador na partida, que por sua vez nortearão as decisões táticas como a movimentação mais imediata das peças.

Em uma visão macroscópica, pode-se dizer que o plano tático do perito é obtido de uma função que leva um conjunto de contextos de tabuleiros de vitória incerta a um conjunto de tabuleiros com vitória certa. Logo, se existir uma maneira de agrupar elementos

semelhantes no domínio e na imagem da função, através de um exemplo específico vindo de um perito, então é possível evidenciar uma tendência de movimento realizado pelo perito quando este se depara com um conjunto de tabuleiros semelhantes. Isso ilustra bem o processo de generalização a partir de casos específicos, que é uma das bases do aprendizado humano, incluindo o do Xadrez.

Contudo, o uso puro e simples do artifício das tendências não agrega grandes ganhos pedagógicos aos diálogos. Ele apenas traz justificativas pobres acerca de um movimento, baseadas somente na alternância das características dos tabuleiros (atual e almejado). Por outro lado, se acrescida de um texto gerado pelo próprio perito que a definiu, justificando-a através de conceitos gerais, a utilização da mesma traz benefícios significativos na construção de diálogos explicativos entre o aprendiz e o tutor.

3.8 Função de avaliação estática (FAE)

Determinar o quão bom ou ruim é o contexto de um tabuleiro de Xadrez, considerando a visão de um jogador, ainda é um tema em aberto na literatura. Apesar dos grandes avanços na avaliação dos tabuleiros, até o momento não existe um método matemático que consiga quantificar tal valor. Contudo, a análise de algumas características materiais e posicionais têm mostrado resultados satisfatórios na avaliação de contextos de Xadrez.

Mesmo restringindo a avaliação do tabuleiro a avaliações das características materiais e posicionais, ainda existem questões sem resposta, tais como as de valorar as referidas características quando presentes no tabuleiro. Uma solução para o impasse é adotar valores heurísticos para cada fator avaliado. Um valor heurístico é uma grandeza resultante de estudos empíricos e observações sobre a prática. Ou seja, valores que apontam para uma maior eficiência de solução de problema quando comparados à prática. Ser eficiente significa que influenciam a FAE a obter maior taxa de correspondência a jogadas feitas por peritos.

Dentre as características materiais existentes no Xadrez, pode-se destacar o fator “peças ainda presentes no jogo”. Devido às peças serem os únicos agentes disponíveis para o jogador atingir seus objetivos, avaliar a quantidade das mesmas ainda presentes

no jogo é muito pertinente. Todavia, as peças possuem um comportamento diferenciado conforme seu tipo (peão, torre, cavalo, bispo, rainha, rei) e é esse comportamento que exhibe o quão taticamente importante é a peça. Assim sendo, valores heurísticos diferentes devem ser associados a cada tipo de peça para refletir sua importância relativa.

Já a análise das características posicionais tem como enfoque ressaltar o posicionamento das peças no tabuleiro. Sabe-se que manter peças em posições mais centrais proporciona um maior controle no avanço das peças inimigas, bem como auxilia a prevenção de contra-ataques. A essa característica é dado o nome de “desenvolvimento das peças”. Tão interessante quanto posicionar peças em casas mais centrais do tabuleiro é o exercício da influência nestas casas, ou seja, possuir peças que estão aptas a mover-se para elas. A essa característica se dá o nome de “controle de centro”. Sua relevância se dá pelo fato de dificultar ao oponente a ocupação de certas casas centrais para impedir ataque.

A avaliação posicional demonstra estar fortemente relacionada à análise material, uma vez que, se analisada a fundo, nota-se que ela apenas exprime a probabilidade de capturas ou perdas de peças no futuro, ou seja, representa a expectativa de mudança do fator material no desenrolar da partida. Assim sendo, o fator material deve receber maior atenção na análise, pois é a concretização de possibilidades de capturas. É por esse motivo que a FAE agrega mais uma responsabilidade, a de ponderar os valores resultantes das análises material e posicional para a composição do valor resultante. Finalmente, cabe ainda ressaltar que tais valores de ponderação podem ser também considerados heurísticos.

CAPÍTULO 4

ARQUITETURA DA SHELL JAS

Com o objetivo de incorporar os conceitos apresentados na seção anterior, a *shell* de STI denominada Jogador de Abordagem Socrática (*JAS*) 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 4.1. 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.

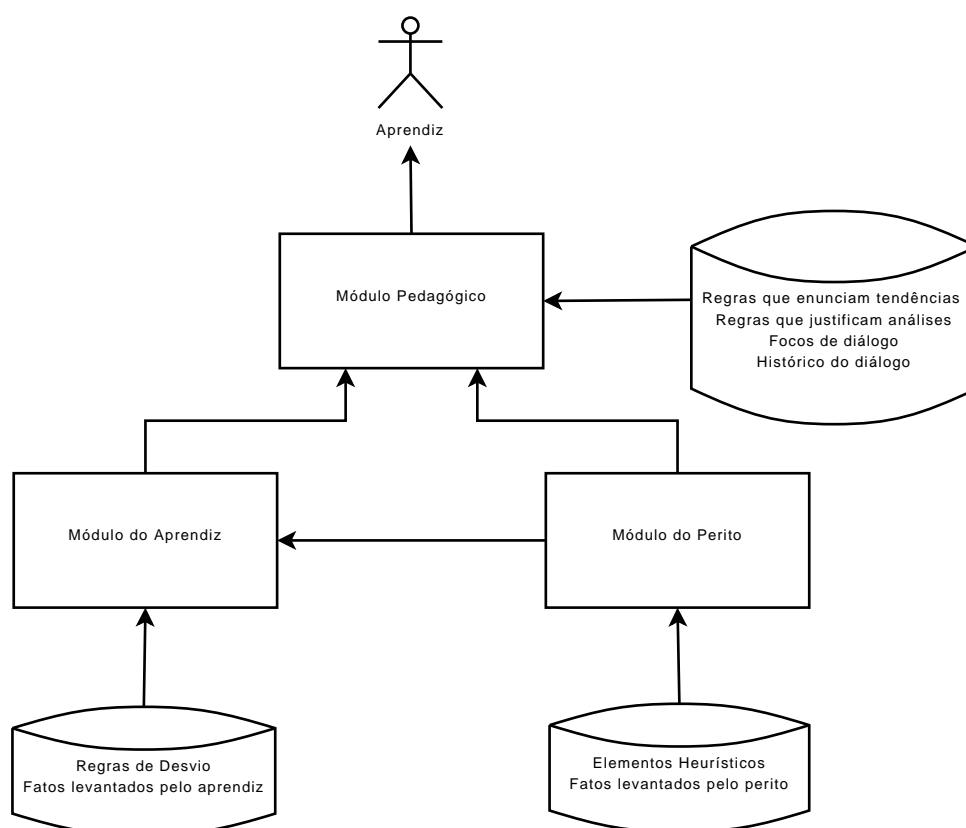


Figura 4.1: Arquitetura funcionalista da JAS

4.1 Módulo do Perito

Modelar um perito em Xadrez é uma tarefa difícil, uma vez que parte do processo de aquisição de perícia em Xadrez é conseqüente de longo período de treinamento. A exposição de diversos contextos de tabuleiros ao longo do tempo traz ao perito ganhos cognitivos que são dificilmente simulados em um computador. Todavia, parte do processo de escolha de um movimento realizado pelo perito pode ser simulada. Tal mecânica corresponde essencialmente à redução dos lances aos ditos factíveis e à avaliação da conseqüência futura dos mesmos.

A mecânica de restrição e decisão sobre lances é realizada pela *JAS* por meio de variações do algoritmo *Minimax* [17]. 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, devido à limitação da profundidade da árvore de jogo observada. Tal limitação se deve à natureza exponencial da explosão combinatória na árvore de jogo do Xadrez. Contudo, uma redução no espaço de busca permite que a *JAS* gere explicação ao aprendiz em um tempo aceitável, mesmo tendo como efeito colateral o comprometimento da plausibilidade dos lances.

Para atenuar o efeito negativo sobre o cálculo de plausibilidade, a *JAS* aplica técnicas de podas¹ que permitem um aprofundamento maior na árvore de busca em um mesmo espaço de tempo. Podas Alfa-Beta eliminam ramos implausíveis assim determinados através da análise de ramos já avaliados pela função heurística. Por eliminar somente ramos implausíveis, tal poda não interfere negativamente na solução encontrada pelo algoritmo.

No protótipo construído para o ensino de Xadrez, a função heurística foi composta

¹Técnica de remoção de ramos em uma árvore de decisão, reduzindo sua complexidade.

com a ajuda de vários especialistas humanos. 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 [11].

4.2 Módulo Pedagógico

O módulo pedagógico da *JAS* é responsável por coordenar e nortear os diálogos entre o tutor virtual e o aprendiz. Logo, a ele é incumbida a tarefa de avaliar a solução do aprendiz e estimar sua distância da solução ótima. Todavia, além de complexa, a tarefa de avaliar o aprendiz exige uma grande quantidade de informações nem sempre presentes no módulo do perito. No Xadrez ainda que existente a informação de qual solução (movimento) um perito daria para um certo problema (contexto de tabuleiro), existe uma carência de informações sobre as razões que o levaram a optar por tal solução. Sem o incremento de informações sobre o domínio, o módulo pedagógico fica limitado assim a avaliar a solução do aprendiz entre certa e errada, o que é pedagogicamente ruim. Logo, para se avaliar efetivamente um aprendiz é necessária a captação de novas fontes de informação do domínio. Um novo conceito já apresentado por esse trabalho, chamado de tendências de movimentos, agrega maiores informações sobre o domínio possibilitando assim uma avaliação mais dinâmica do aprendiz.

4.2.1 Regras de Tendências

As regras de tendências são regras que enunciam tendências de movimentos dos peritos (ver 3.7). 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 usar suas justificativas para criticar um movimento realizado pelo aprendiz ou norteá-lo até a solução do problema.

| | |
|--|--|
| Cor: Branca | Artificial: Não |
| Pré-condições: (Material, decisiva para as brancas) | Pós-condições: (Material, decisiva para as brancas) |
| (Desenvolvimento, leve vantagem para as pretas) | → (Desenvolvimento, leve vantagem para as brancas) |
| Tendência: Quando existe uma acentuada vantagem material a seu favor, a troca de peças ou pequenas perdas materiais, em favor do desenvolvimento pode ser interessante. | |

Figura 4.2: Um exemplo de regra de tendência

Um exemplo de regra de tendência está na Figura 4.2, na qual as pré-condições (à esquerda da seta) detectam que as peças brancas estão com decisiva vantagem material mas com desvantagem 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 num futuro próximo 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 pedagógico. 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 almejado pela JAS para o futuro juntamente com a cor da peça que deve fazer o lance. 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.

4.2.2 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 conseqüência desse movimento no desenvolver da partida. Através do estudo da conseqüência 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 conseqüente 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 conseqüência do seu movimento, como por exemplo, a seqüência 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. Conseqüentemente 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 seguiram 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.

4.3 Interface

A fim de obter maior flexibilidade na construção da interface do usuário, um componente muito importante em um STI, toda a *shell* JAS foi projetada para trabalhar de forma independente, deixando a cargo de um protocolo simples, baseado em comandos, a integração entre as outras camadas do software. A fim de facilitar o acoplamento da *shell* JAS dentro do macro projeto onde ela se encontra inserida, o protocolo de comandos foi baseado em um padrão já bem difundido no universo enxadrístico, do ponto de vista computacional, denominado *ChessEngine Communication Protocol* (CECP).

Diante do uso do protocolo CECP a *shell* JAS pode utilizar a interface já previamente desenvolvida pelo projeto mãe. Tal projeto de interface foi desenvolvido dentro dos mais

modernos conceitos de interface homem-máquina principalmente no que diz respeito à redução da necessidade de treinamento por parte do usuário para a utilização do sistema. Utiliza como apoio um navegador (*browser*) aliado com outros conceitos já bem difundidos na *Internet*. Como exemplo, podem ser citados os recursos de troca de mensagens instantâneas e lista de contatos.

A Figura 4.3 apresenta a interface onde a *JAS* foi acoplada. Nesta interface o usuário pode entre outras possibilidades trocar mensagens com outros usuário, adicionar amigos para contato rápido, jogar partidas, acompanhar partidas, rever partidas já ocorridas e anunciar partidas.

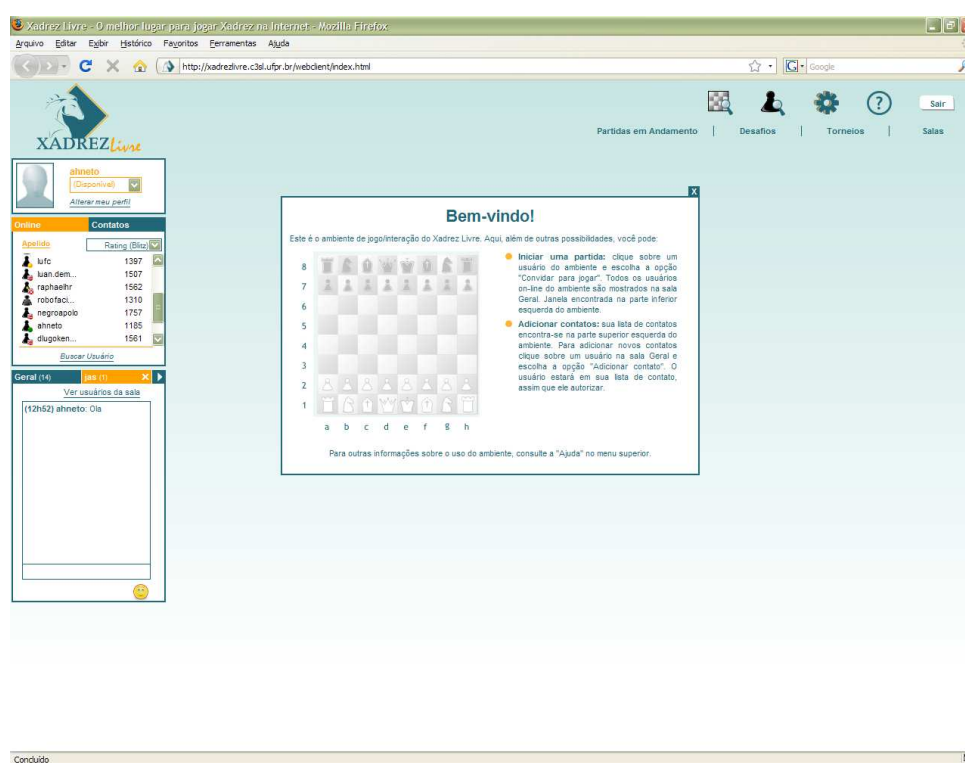


Figura 4.3: Interface do usuário

Seguindo a mesma linha de projeto de deixar a interação simples ao usuário, a *JAS* reduziu o universo de entradas de dados por parte do aprendiz a respostas *booleanas* (*sim/não*) e a movimentos de peças na forma de coordenadas completas (*e2e4*, por exemplo). Toda a interação entre a *JAS* e o aprendiz é feita através da componente de troca de mensagens instantâneas entre os usuários (ver parte esquerda da interface) bem como pelo movimento de peças no tabuleiro (ver parte esquerda). Na Figura 4.4 pode-se

ver um fragmento da interface evidenciando o campo de interação textual entre o aprendiz e a JAS.

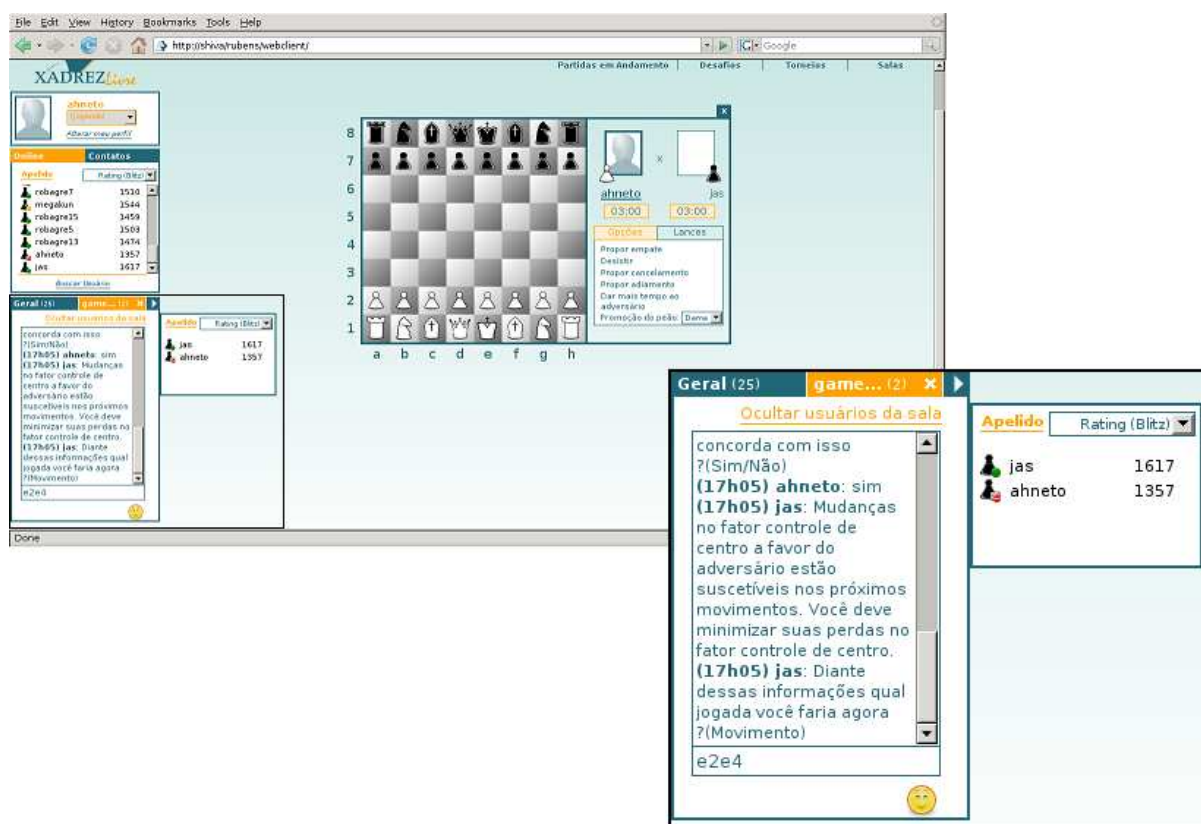


Figura 4.4: Interação textual entre o aprendiz e a JAS

CAPÍTULO 5

PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO DOS CONCEITOS E FERRAMENTAS

Esse capítulo evidenciará o uso dos conceitos abordados no Capítulo 3 na construção dos diálogos entre a *JAS* e o aprendiz. Para tanto, ele utiliza 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.

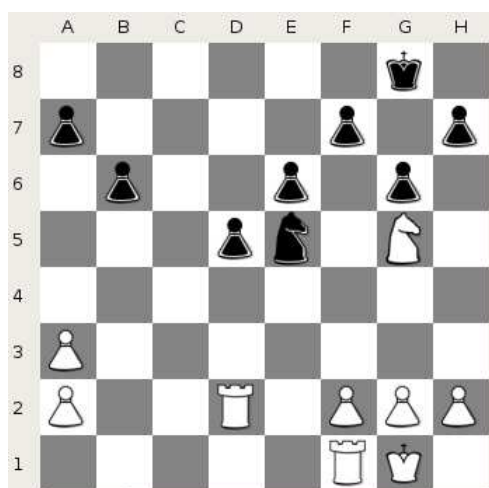
5.1 Potencial pedagógico

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 pela ferramenta.

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 possíveis ocorrências de supergeneralizações durante a aquisição de perícia [10, 19, 20].

Na Tabela 5.1 é exibido um trecho de diálogo entre a *JAS* e o aprendiz, que deixa em evidência a abordagem sócrática 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 Tabela 5.1.



| | | |
|----|-----------|--|
| | ... | ... |
| 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 (+ -). |
| | ... | ... |

Tabela 5.1: Evidência de reação sócrática no diálogo entre o tutor e aprendiz

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. Tal procura é feita através de uma seqüência 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 durante a mudança de foco na discussão.

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 detêm 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 Tabela 5.2, 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 exatamente referentes aos fatos constantes na premissa da regra que justifica o movimento do tutor perante o contexto.

Dessa forma, o tutor virtual tem como avaliar se o aprendiz analisou corretamente o contexto, ou seja, não assumiu hipóteses falsas que culminaram na avaliação errônea dos fatores e por consequência a uma solução não ótima.

| | | |
|---|-------|--|
| 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) |
| - | ... | ... |

Tabela 5.2: A abordagem de focos principais no diálogo

5.1.3 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*¹.

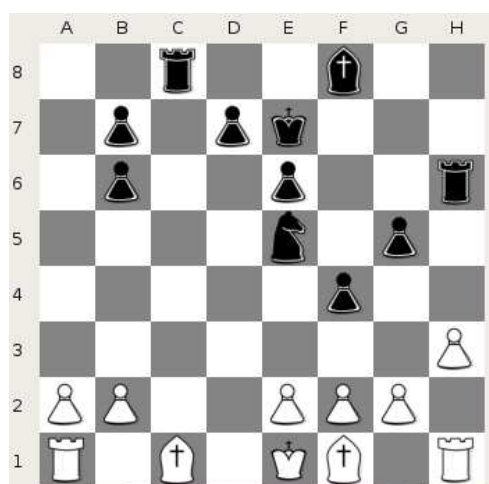
Dentro do compromisso pedagógico assumido pela *JAS* está o de manter o material oferecido ao aprendiz o mais próximo possível ao encontrado na literatura específica. Com isso, foi adotado o uso de alguns símbolos no diálogo gerado, os quais estão apresentados na Tabela 5.3 juntamente com seus significados.

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 Tabela 5.4 é possível observar o uso dos símbolos no diálogo entre o tutor virtual e o aprendiz.

¹A captura *en passant* (do francês, na passagem) é uma captura especial de peões no jogo de xadrez e é admitida somente imediatamente após o avanço de duas casas do peão adversário.

| | |
|-------|---------------------------|
| !! | 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. |

Tabela 5.3: Símbolos Enxadrísticos



| | | |
|----|----------|--|
| 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 | ... | ... |

Tabela 5.4: O uso de simbologia específica no diálogo entre os agentes

5.2 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 diferenciadas.

5.2.1 Manutenção do histórico do diálogo

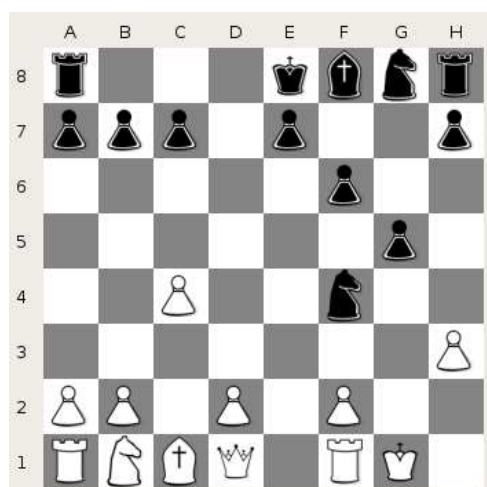
Ao longo de uma conversa, vários focos ou temas são abordados como consequência da evolução das discussões. Tais temas são introduzidos pelos agentes e uma vez concluídos, dificilmente tornam a ser abordados. Isso se dá pelo fato de que os agentes mantêm em suas memórias os fatos já ditos encerrados 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 5.1.2) juntamente com o histórico do diálogo. Na tabela 5.5 é exibido um fragmento de diálogo entre a JAS e o aprendiz que reflete a influência do histórico do diálogo no andamento da discussão.

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.



| | | |
|----|-----------|---|
| | ... | ... |
| 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, influencia 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, influencia 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) |
| | ... | ... |

Tabela 5.5: Histórico de focos abordados

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.

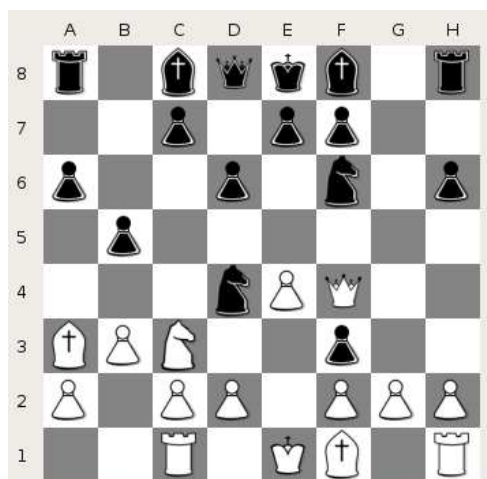
5.2.2 Monitoramento de variações heurísticas

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 de Xadrez.

A tabela 5.6 exibe 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-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 tabela 5.6 pode-se ver um exemplo de justificativa proveniente do monitoramento heurístico baseado no movimento do módulo do perito.



| | | |
|---|-----------|---|
| | ... | ... |
| 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: | f1b5. |
| 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. |
| | ... | ... |

Tabela 5.6: Observação das variações heurísticas no desenvolver do jogo

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 no decorrer da partida.

Na Tabela 5.7 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.

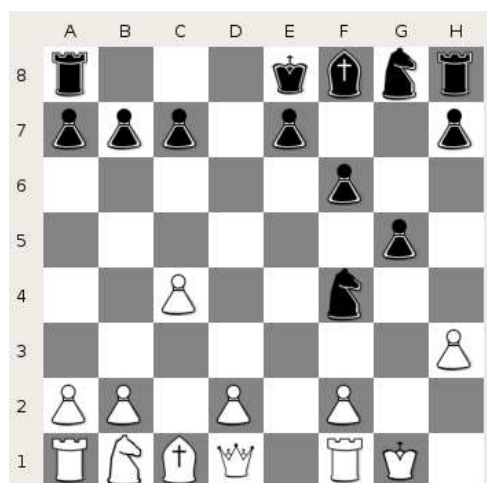
Ao contrário, na linha 5 é possível ver a interação do tutor ao se defrontar com uma tentativa que se aproxima à do módulo do perito, ou seja, uma solução diferente da ótima, mas que seguiu a mesma tendência da ótima. Nessa ocasião o tutor indica ao aprendiz que ele está no caminho certo para solucionar 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 conseqüentemente o comportamento do jogador.

5.3 Discussão sobre limitações

Mesmo diante dos grandes avanços que a *Shell JAS* trouxe para a área, a ferramenta ainda possui limitações. Esta seção tem o objetivo de enumerar algumas, bem como fundamentar o porquê da necessidade delas.

5.3.1 Sobre a confirmação pregressa de situações

Em um planejamento tático, o jogador planeja uma seqüência 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* projetada por esse trabalho não contempla nenhum diálogo dessa natureza, ou seja, diálogos sobre sucessos e insucessos de uma decisão tomada anteriormente.



| | | |
|---|-----------|--|
| | ... | ... |
| 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. |

Tabela 5.7: A escolha da tendência seguida pelo Perito

Na tabela 5.8 é mostrado um diálogo utópico entre um tutor virtual e um aprendiz sobre situações progressas 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, e que a falhas podem efetivamente determinar sua derrota.



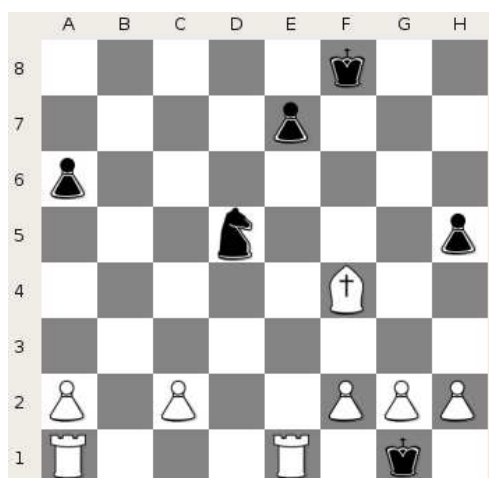
| | | |
|--|-----------|---|
| 1 | Tutor: | Diante desse tabuleiro qual jogada você faria?(Movimento) |
| 2 | Aprendiz: | h2h4. |
| | ... | ... |
| 3 | Tutor: | Mudanças no fator material a seu favor estão suscetíveis nos próximos movimentos. Você deve maximizar essa mudança a seu favor. |
| 4 | Tutor: | 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. |
| | ... | ... |

Tabela 5.8: Diálogo com abordagem de situações pregressas

5.3.2 Sobre a detecção da fragilidade de um 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 tabela 5.9 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: | 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 decidir 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) |
| | ... | ... |

Tabela 5.9: Diálogo com enfoque à fragilidade de peças

CAPÍTULO 6

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. Aliando os aspectos heurísticos com tendências de movimentos dos peritos em situações específicas, a JAS é capaz de criticar a decisão tomada por um aprendiz ao escolher o próximo movimento plausível no jogo, bem como norteá-lo para uma solução. 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 investidura futura, 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.

APÊNDICE A - MINIMAX

O algoritmo

O método **minimax** baseia-se em um algoritmo recursivo para a escolha do próximo movimento, em um jogo com dois jogadores. Um valor é associado com cada posição ou estado do jogo. Este valor é calculado através de uma função de avaliação (função heurística) que indica o quão bom será para um jogador alcançar aquela posição. O algoritmo então fará o movimento do jogador que reflita um compromisso entre as chances de ambos os jogadores (não apenas uma maximização pura e simples) diante dos resultados dos movimentos possíveis.

Uma alternativa que pode ser utilizada como regra no cálculo do resultado de um movimento é no caso de uma vitória imediata para um jogador **A** atribuir o valor $+\infty$ e, no caso da vitória do oponente atribuir o valor $-\infty$. O valor de **A** para qualquer outro movimento é o mínimo do valor resultante de cada possibilidade de resposta de **B**. **A** é chamado de jogador maximizador e **B** é chamado de jogador minimizador - motivo pelo qual o método é chamado **minimax**.

O algoritmo assumirá o valor $+\infty$ ou $-\infty$ para qualquer posição, desde que o nodo gerado seja estado terminal, ou seja, uma posição de vitória ou derrota, respectivamente.

Em jogos de combinações complexos como o xadrez, onde o crescimento da árvore de jogadas é exponencial, apenas é possível chegar a posições que demonstrem vitória ou derrota quando se está muito próximo do fim de jogo, sendo impraticável computacionalmente visitar completamente tamanha árvore do jogo. Então nesses casos opta-se por não construir toda a árvore, mas sim uma parte dela, delimitada a uma profundidade máxima. Atribuímos valores finitos aos nodos folha, quando alcançamos o escopo da altura máxima previamente determinada para a árvore. Tais valores finitos baseiam-se numa estimativa de quanto aquela posição expressa tendência de vitória para um jogador ou outro.

O valor que será atribuído a cada um dos estados não-finais baseia-se em uma função

heurística que, por sua vez, baseia-se somente em um conjunto limitado de movimentos adiante para sua tomada de decisão. Esse número é chamado de *look-ahead*.

O algoritmo pode ser interpretado em termos de exploração de nodos em uma árvore de jogo. O fator limitador de efetividade do método, computacionalmente, é a média do número de filhos para cada novo nodo, que é a média do número de movimentos permitidos para aquela posição. O número de nodos a serem explorados é então aproximadamente a média de filhos por nodos elevado pela altura da árvore. Logo os nodos a ser explorado usualmente cresce exponencialmente com o acréscimo de mais um nível na árvore.

Torna-se portanto impossível à análise completa da árvore de jogos como o xadrez usando-se do algoritmo minimax. Entretanto a eficiência em termos computacionais do minimax pode ser melhorada drasticamente através do uso de algoritmos de poda, como o conhecido algoritmo alfa-beta, que garante a não alteração do resultado (apenas do processo). Outros métodos heurísticos de poda

podem ser usados, mas nem todos garantem que o resultado será igual ao da mesma busca sem a poda.

As podas α - β

A **Poda alfa-beta** consiste na retirada de nodos da árvore que decididamente oferecerão um caminho que será descartado. Portanto a retirada (poda) desses caminhos não afetará o resultado da busca.

A poda elimina completamente a avaliação de um movimento que um jogador poderia fazer quando for encontrado um resultado que prove que o movimento efetuado será certamente pior do que um outro já previamente examinado. Então, desde que claramente não exista benefícios para o jogador optar por aquele movimento, torna-se desnecessário continuar avaliando-o. Esta técnica, que soa bastante simples, quase sempre consegue diminuir de forma drástica o número de nodos visitados na busca e conseqüentemente os recursos utilizados na máquina.

O benefício proporcionado por essa poda não é completamente verdadeiro quando se diz que pode-se eliminar ramos na árvore de pesquisa. Na realidade, por questões de

otimização, com a poda o tempo de busca pode ser limitado à sub-árvore *mais promissora*. Essa otimização tipicamente reduz o fator de busca pela metade quando comparado com o MiniMax puro.

O algoritmo apresenta resultados ainda melhores se os nodos forem avaliados de forma ótima, ou seja, para que o resultado da poda seja realmente promissor a função heurística deverá ser realmente precisa em sua avaliação, pois vimos anteriormente que para se efetuar a poda é levado em consideração a avaliação de todos os nodos analisados.

O algoritmo precisa manter dois valores, *alfa* e *beta*, os quais representam respectivamente o menor valor que o jogador de maximização obteve e o maior valor que o jogador de minimização encontrou.

Inicialmente *alfa* recebe o valor menos infinito e *beta* recebe mais infinito. Com o progredir da busca a *janela* que distancia os dois valores torna-se cada vez menor. Quando *beta* torna-se menor do que *alfa*, isto significa que a posição corrente não poderá ser uma jogada promissora e por isso pode ser eliminada da busca.

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Aguiar, A. Direne, L. Bona, F. Silva, M. Castilho, A. Guedes, M. Sunyé, e L. García. Ferramentas e métodos para apoiar o ensino de xadrez na fronteira entre os fundamentos e a perícia. Paulo Rosa, editor, *Anais do XXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação: WIE2007 - Workshop sobre Informática na Escola*, páginas 380–387, Rio de Janeiro, Brasil, Julho de 2007. SBC.
- [2] J. R. Anderson, editor. *The Architecture of Cognition*. Harvard University Press, 1983.
- [3] J.R. Anderson, A. T. Corbett, e E. G. Patterson. Student modeling and tutoring flexibility in the lisp intelligent tutoring system. *Conference on Intelligent Tutoring Systems*, páginas 83–106, Quebec, Montreal, 1988.
- [4] I. Arroyo, T. Murray, B. Woof, e C. Beal. Inferring hidden learning variables from student help seeking behavior. *Anais da 7th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS-2004)*, páginas 782–784, 2004.
- [5] A. L. Baylor e Y. Kim. Simulating instructional roles through pedagogical agents. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15(2):95–115, 2005.
- [6] S. Bull e J. Kay. Student models that invite the learner in: The SMILI open learner modelling framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 17(2):89–120, 2007.
- [7] R. R. Burton e J. S. Brown. An investigation of computer coaching for informal learning activities. *International Journal of Man-Machine studies*, 11:5–24, 1979.
- [8] A. Caine e R. Cohen. Tutoring an entire game with dynamic strategy graphs: The mixed-initiative sudoku tutor. *Journal of Computers*, 2(1):20–32, 2007.

- [9] A. Direne, L. Bona, F. Silva, G. dos Santos, A. Guedes, M. Castilho, M. Sunyé, C. Hartmann, P. de Andrade Neto, S. de Mello, J. Sunyé Neto, e W. Silva. Conceitos e ferramentas de apoio ao ensino de xadrez nas escolas brasileiras. Raimundo Macêdo, editor, *Anais do XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação: WIE - Workshop sobre Informática na Escola*, páginas 816–825, Salvador, Brasil, Julho de 2004. SBC.
- [10] Alexandre Direne. Authoring intelligent systems for teaching visual concepts. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8(1):71–78, 1997.
- [11] A. Feitosa, A. Direne, F. Silva, L. Bona, A. Guedes, M. Castilho, M. Sunyé, e L. García. Definição formal de táticas de xadrez por meio da autoria incremental de conceitos heurísticos. *XVIII SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE-2007)*, páginas 244–253, São Paulo, Brasil, Novembro de 2007. SBC.
- [12] D. Gadwal, J. E. Greer, e G. I. McCalla. Tutoring bishop-pawn endgames: An experiment in using knowledge-based chess as a domain for intelligent tutoring. *Applied Intelligence*, 3(3):207–224, 1993.
- [13] S. D. Isard. What would you have done if...? *Theoretical Linguistics*, 1:233–256, 1974.
- [14] J. F. M. Netto, O. Tavares, e C. Menezes. Um ambiente virtual para aprendizagem de xadrez. *Workshop de Jogos Digitais na Educação (SBIE-2005)*, Juiz de Fora, Brasil, 2005. SBC.
- [15] J. T. Nutter. Uncertainty and probability. *IJCAI-87*, páginas 373–379, 1987.
- [16] H. S. Nwana. Intelligent tutoring systems: an overview. *Artificial Intelligence Review*, 4(4):251–277, dezembro de 1990.
- [17] S. Russell e P. Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach (2a. ed.)*. Prentice Hall, 2003.

- [18] E. Sá, J. Teixeira, e C. Fernandes. Design de atividades de aprendizagem que usam jogos como princípio para cooperação. *XVIII SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE-2007)*, páginas 607–616, São Paulo, Brasil, Novembro de 2007. SBC.
- [19] M. Sharples. The Radiology Tutor: Computer-based teaching of visual categorisation. D. Bierman, J. Breuker, e J. Sandberg, editors, *Artificial Intelligence and Education: Proceedings of the 4th International Conference on AI and Education*. IOS Press, 1989.
- [20] M. Sharples. Computer-based tutoring of visual concepts: from novice to expert. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7:123–132, 1991.
- [21] M. Sharples e B. du Boulay. Knowledge representation, teaching strategy and simplifying assumptions for a concept tutoring system. *Proceedings of European Conference on Artificial Intelligence (ECAI-88)*, páginas 268–270, 1988.
- [22] M. Sharples, N Jeffery, B. Boulay, D. Teather, B. Teather, e G. Boulay. Structured computer-based training in the interpretation of neuroradiological images. *International Journal of Medical Informatics*, 136(3):263–280, 2002.
- [23] A. Tirado e W. Silva. *Meu Primeiro Livro de Xadrez*. Editora Expoente, 5a. edição (estendida) edition, 2006.
- [24] B. Y. White e J. R. Frederiksen. Quest: qualitative understanding of electrical system troubleshooting. *ACM SIGART Newsletter*, 93:34–37, 1985.
- [25] F. Zelhart e E. Wallingford. A survey of intelligent tutoring systems and the methods used for effective tutoring. *Intelligent Systems Laboratory*, 1994.

ANTONIO HOBMEIR NETO

**UMA ABORDAGEM DIALÓGICA ALTERNATIVA PARA A
AQUISIÇÃO DE HABILIDADES TÁTICAS EM JOGOS
EDUCACIONAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Programa de Pós-Graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre I. Direne

CURITIBA

2008