

# Um Agente Reativo Jogador de Futebol: teoria e desenvolvimento

Daniela D. S. Bagatini, Luis Otávio C. Alvares

Instituto de Informática - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brazil

{bagatini, alvares}@inf.ufrgs.br

**Abstract.** *The RoboCup initiative is a challenge about soccer game, where AI and SMA researchers develop agent players that show a considerable level of competence in performing their tasks. The Soccerserver is the official robot soccer simulator used in the RoboCup. It allows the simulation of a soccer match and the evaluation of different techniques of MAS. The purpose of the present work is to show a research on a team architecture and the development of an agent for the Soccerserver simulator. We present a general outline about the individual agent architecture, its main characteristics, agent skills and the specification of the agent player behavior.*

**Keywords:** *Artificial Intelligence, Multi-Agent Systems, Agent Architecture, RoboCup*

**Resumo.** *A iniciativa RoboCup trata-se de um campeonato mundial de um jogo de futebol, onde diversos grupos de pesquisa, entre eles da área de Sistemas Multiagentes (SMA), desenvolvem agentes jogadores que possam apresentar comportamento inteligente na realização de suas tarefas. O simulador utilizado na RoboCup, o Soccerserver, é uma plataforma comum que permite a simulação da partida de futebol e a avaliação de diversas técnicas de Sistemas Multiagentes. O presente artigo relata a arquitetura de um time e o desenvolvimento de um agente para o simulador Soccerserver. Apresenta-se uma visão da arquitetura do agente individual, abordando suas principais características, habilidades do agente e a especificação do comportamento de um jogador.*

**Palavras-chave:** *Inteligência Artificial, Sistemas Multiagentes, Arquitetura de Agentes, RoboCup*

## 1. Introdução

A RoboCup [Asada 1999] destina-se a criar robôs (físicos ou simulados) que demonstrem um alto nível de competência para a realização de tarefas, como chutar, interceptar, entre outras, além de colaborarem em um problema dinâmico.

A competição está dividida três categorias principais, duas delas disputadas entre times de robôs reais, de pequeno e médio porte e uma terceira categoria na qual as partidas são disputadas em um simulador, o Soccerserver [Noda 2001].

O simulador Soccerserver trata-se de um ambiente dinâmico, capaz de adicionar características bastante realísticas em suas simulações, além de permitir a integração de diversas tecnologias. Desta forma, o Soccerserver proporciona o domínio e o suporte aos usuários que desejam construir seus próprios agentes (clientes) [Noda 1996]. Mesmo sendo um jogo, vários aspectos do mundo real são assegurados, como:

- Regras rigorosas do jogo de futebol são aplicadas;
- O jogo ocorre em tempo real e em um ambiente dinâmico;
- Cada jogador tem 10 companheiros e 11 oponentes;
- Cada jogador possui capacidade de percepção limitada (visão e audição);
- A comunicação pode ser realizada entre os jogadores;
- Todos os jogadores são controlados por processos separados;
- Cada jogador tem energia de movimento limitada;
- Ações e sensores contêm ruídos adicionados pelo próprio simulador.

Vários fatores dificultaram a construção dos jogadores como: os jogadores não sabem os valores de posição exatos de muitos objetos distantes; as informações sobre os jogadores visualizados são perdidas, quando as distâncias entre os objetos são longas; a sincronização com o simulador deve ser assegurada pelo agente; nem sempre os comandos enviados ao servidor são executados (o comando pode ser perdido na rede ou ainda a informação enviada pelo cliente pode não ser aceita pelo simulador, por causa do tempo de envio da mensagem). O jogador, além de trabalhar com as incertezas, deve saber agir em tempo real.

Um time consiste de onze agentes, onze programas independentes. Um cliente estabelece comunicação com o servidor (simulador) por um *socket* UDP. Através desse canal de comunicação, o cliente envia comandos de controle para controlar o jogador e recebe informações de percepção [Corten 1999]. Os comandos de controle são as mensagens enviadas do cliente para o servidor com respeito à ação a ser executada pelo jogador. Os tipos usuais de comandos de controle são: *turn*, *dash*, *kick*, *say*, *chase\_view* e *move*. Os comandos *turn*, *dash* e *kick* são usados para controlar o jogador durante o jogo. O comando *move* é usado para mover o jogador para uma certa posição, antes do início do jogo.

Um cliente possui três tipos de informações sensoriais da partida: as informações visuais, as informações auditivas e as informações do próprio corpo, que são transmitidas por mensagens *see*, *hear* e *sense\_body*, respectivamente. Essas informações servem como fontes de percepção, não somente do mundo externo, mas dos efeitos das ações e da situação do agente. As informações visuais são mandadas pelo Soccerserver ao cliente, informando a distância e o ângulo relativo aos pontos estacionários (como: *flags* -bandeiras-, linhas, entre outros), aos jogadores e à bola.

O presente artigo descreve o comportamento de um agente jogador para o Soccerserver. Após uma breve introdução sobre o Soccerserver, é descrita em detalhes a arquitetura de um agente individual. Apresenta-se o protótipo do agente desenvolvido, realizando uma especificação dos comportamentos do mesmo. Ao final, são apresentadas as conclusões em termos de resultados alcançados e trabalhos futuros.

## 2. Características do Agente

O agente apresentado no presente artigo é dotado das seguintes características:

- É um agente autônomo concorrente, essencialmente reativo. No entanto, a arquitetura proporciona aspectos mais elaborados, como memória e previsão.

- É um agente homogêneo comunicante. Todos os jogadores do time contêm a mesma estrutura interna, incluindo objetivos, domínios de conhecimento, ações possíveis e o mesmo procedimento de seleção entre suas ações. Cada agente possui uma função (ou papel) específica, de forma que há jogadores que pertencem ao ataque, outros à defesa e ainda outros ao meio de campo, além do goleiro. No entanto, as arquiteturas são iguais.
- Realiza a seleção do comportamento a ser efetuado baseado na Arquitetura de Subsunção [Brooks 1986], de acordo com a prioridade do comportamento para o estado do mundo corrente.
- Possui comportamento pré-estabelecido.
- Apresenta um modelo do mundo e um modelo do próprio jogador, baseado nas percepções visual, auditiva e informações do corpo do agente.
- Possui memória, isso implica dizer que o agente pode lembrar estados do jogo anteriores.
- Permite a realização de previsões baseadas nas ações de saída e no modelo que o agente tem do mundo.
- Apresenta controle sob as restrições impostas pelo simulador, por exemplo: o turno dos comandos de ação é respeitado; o chute só é permitido dentro da área de chute do jogador; o goleiro não tentará pegar a bola se a mesma estiver fora da sua área de ação.

### 3. A Arquitetura do Agente Individual

A arquitetura geral de um agente individual é apresentada na Figura 1. Pode-se identificar quatro módulos principais: Interfaces de Entrada e de Saída, Percepção do Mundo e Escolha da Ação. Essa arquitetura proporciona ao agente agir em um ambiente de tempo real, onde agentes individuais buscam cooperar entre si para atingir um objetivo comum, enquanto agem autonomamente. A arquitetura permite aos agentes perceberem e conhecerem o ambiente no qual estão inseridos e selecionar uma ação para agir no ambiente. Uma das prioridades dessa arquitetura é possibilitar que o agente possa reavaliar constantemente e rapidamente suas tarefas no campo de futebol, adaptando-se ao seu meio ambiente conforme necessário, de acordo com as mudanças do mesmo. Cada agente distribuído constrói um modelo do mundo baseado em suas percepções que, associado a um conjunto de comportamentos, estabelece uma ação apropriada para realizar no seu ambiente. Esse modelo é atualizado a cada nova informação de percepção recebida do servidor.

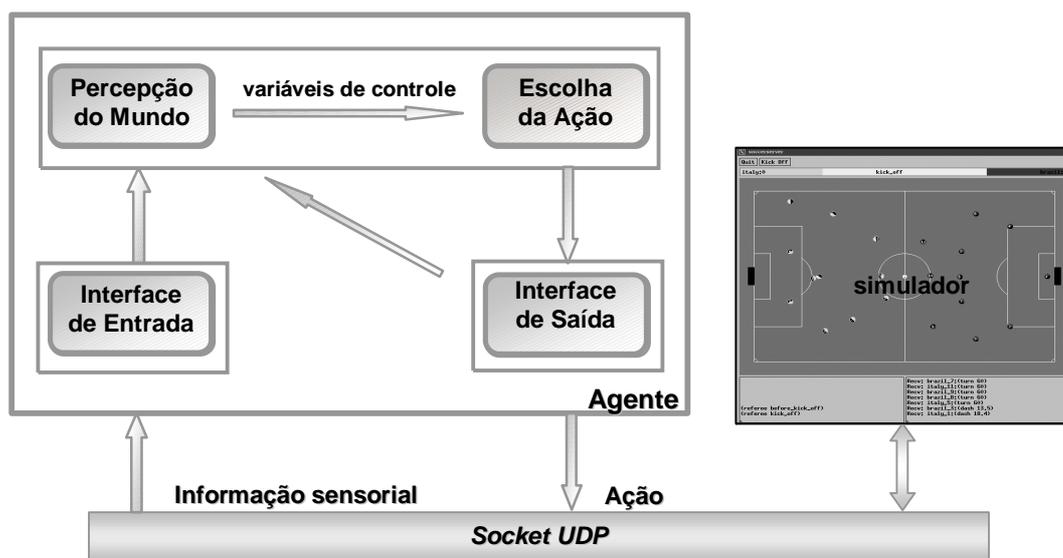


Figura 1. Arquitetura do Agente Individual.

#### 3.1. Componentes da Arquitetura do Agente UFRGS

##### 3.1.1. Interface de Entrada e Interface de Saída

A Interface de Entrada e a Interface de Saída realizam toda a comunicação, recebendo mensagens

(percepções) e enviando mensagens (ações) para o Soccerserver, respectivamente. Tanto a Interface de Entrada, quanto a de Saída, são executadas concorrentemente com o processo principal, permitindo ao agente um processamento sem perturbações e mantendo a sincronia com o servidor.

O processo Interface de Entrada realiza todo um processamento da informação sensorial enviada pelo Soccerserver e prepara essa informação para ser utilizada pelo módulo chamado Percepção do Mundo. Este processo gerencia o andamento das informações de entrada de maneira ordenada. As mensagens recebidas são colocadas em uma fila e, conforme a demanda, são disponibilizadas ao processo principal.

A Interface de Saída envia ao Soccerserver a ação escolhida pelo agente. Esse processo pode, ainda, disponibilizar ao módulo Percepção do Mundo a última ação enviada ao servidor, possibilitando a realização de previsões quanto ao estado do mundo no próximo ciclo. Por exemplo: uma ação de giro pode resultar na atualização da direção dos objetos estacionários (bandeiras distribuídas ao longo do campo) e da bola, que estão visíveis pelo jogador no ciclo corrente.

Realizar uma previsão quanto ao estado do mundo, pode também possibilitar ao jogador que não recebeu nenhuma informação durante um período de tempo, efetuar uma ação com base nas informações passadas (de sua memória) e na sua última ação. Com isso, garante-se que o agente estará em condições de agir constantemente.

O simulador recebe comandos de ação de clientes distribuídos durante um ciclo de 100ms e, então, modifica todo o estado do mundo ao final do ciclo. Algumas restrições impostas pelo simulador são consideradas pelo módulo de Interface de Saída, como por exemplo, respeitar o critério do simulador em que apenas um comando de ação deve ser enviado por ciclo de simulação. Sendo assim, não mais do que uma ação é mandada pelo agente em um mesmo ciclo, evitando-se com isso que ações sejam perdidas ou desconsideradas pelo simulador. A perda de uma ação poderia acarretar vantagens aos jogadores oponentes que agissem durante o ciclo. Para prevenir isso, o processo de Interface de Saída deve proporcionar a sincronização adequada entre o agente e o Soccerserver.

A sincronização das ações de saída é realizada pelo processo de Interface de Saída. Ele é responsável por controlar a quantidade de mensagens enviadas ao servidor em cada ciclo.

### 3.1.2. Percepção do Mundo

A mensagem recebida do processo Interface de Entrada é analisada gramaticalmente (*parser*) no módulo Percepção do Mundo. As informações presentes na mensagem sobre cada objeto em campo, visível pelo agente, são armazenadas no Modelo do Mundo. O estado do jogo é atualizado a cada nova informação de percepção.

O *parser* tem por característica analisar a mensagem de entrada, classificando os parâmetros dessa mensagem. Ele reconhece a natureza da mensagem (visão, audição e estado do corpo) e identifica informações como: tipo do objeto, distância e direção. A Figura 2 apresenta parte de uma mensagem visual de entrada (*see*) e a decomposição da mesma após o *parser*.

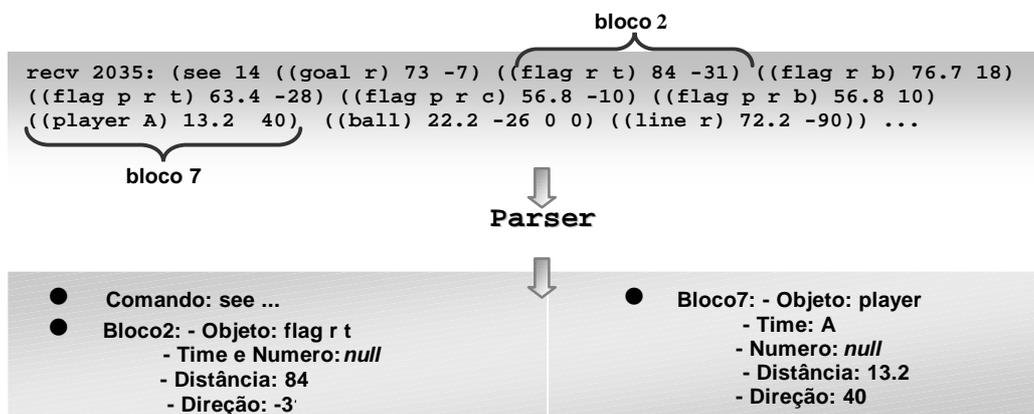


Figura 2. Interpretador de Mensagens.

O processo Percepção do Mundo também abriga a memória do jogador (Figura 3). Essa memória permite ao jogador lembrar o estado do jogo nos últimos três ciclos. Essa informação é usada quando necessária, como por exemplo, se a bola não está visível no ciclo corrente, a última informação conhecida da bola pode ser usada, ou ainda, combinações entre as informações durante os três últimos ciclos podem verificar se um jogador (companheiro ou adversário) está se aproximando da bola.

Outra característica da memória é permitir que interpolações sejam feitas, no caso, poderia ter-se a informação da bola em  $t-2$  e em  $t$  e descobrir em  $t-1$ .

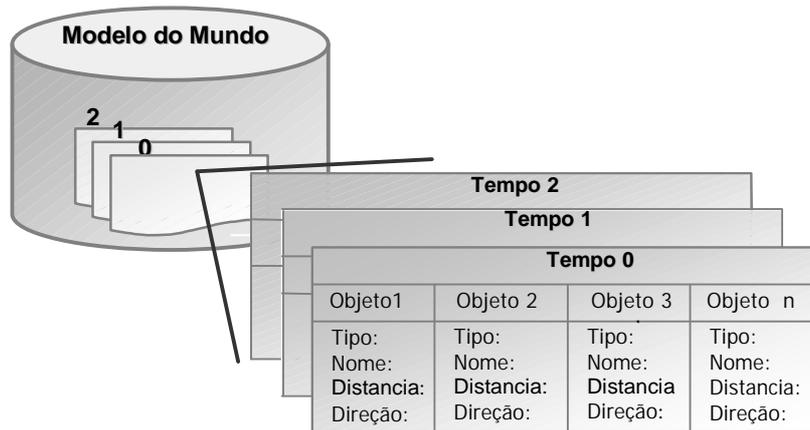


Figura 3. Modelo do Mundo.

O jogador ainda mantém um modelo de si. Esse modelo contém as características do próprio jogador, como: energia, velocidade e quantidades de ações realizadas. Além disso, o modelo armazena a posição e a direção absoluta do jogador, nome do seu time, nome do time adversário, o papel do jogador, tempo de jogo (primeiro ou segundo tempo), mensagem do árbitro, lado de campo em que saiu jogando, entre outros.

Após a mensagem ser analisada e as informações de entrada serem armazenadas no Modelo do Mundo, o módulo Percepção do Mundo calcula os parâmetros de interesse do módulo posterior (Escolha da Ação). O resultado dos cálculos é comunicado ao módulo Escolha da Ação através de “variáveis de controle”. Essas variáveis são criadas com base no conhecimento que o jogador possui do seu ambiente e de si, e desta forma, caracterizam-se por refletir o estado do mundo corrente do agente (Figura 4).

<b>Condição</b>	(veja_companheiro) e (veja_adversário) e (sei_distância_direção_do_companheiro) e (sei_distância_direção_do_adversário) e (cálculo_distância_entre_dois_pontos) e (AREA_DE_MARCAÇÃO < distância)
<b>Var. de Controle</b>	COMPANHEIRO_DESMARCADO = true
<b>Condição</b>	(veja_companheiro_desmarcado) e (veja_gol_adversário) e (sei_distância_direção_do_companheiro) e (sei_distância_direção_do_gol_adversário) e (cálculo_distância_entre_dois_pontos) e (DISTÂNCIA_PERTO_DO_GOL_ADVERSÁRIO > distância)
<b>Var. de Controle</b>	COMPANHEIRO_DESMARCADO_PERTO_DO_GOL_ADVERSÁRIO = true

Figura 4. Variáveis de Controle.

As habilidades disponíveis aos jogadores incluem ações como chutar, girar e caminhar. Para chegar à decisão de uma ação, utiliza-se um sistema baseado em regras. Trata-se de um conjunto de condições e ações, onde as condições são baseadas nas variáveis de controle do agente. Os comportamentos,

portanto, derivam de regras pré-estabelecidas. Esses comportamentos representam a ação a ser realizada pelo agente, no sentido de atingirem uma solução para o estado do mundo corrente.

Algumas variáveis de controle são apresentadas na Tabela 1. Essas variáveis também possuem o objetivo de facilitar o desenvolvimento dos comportamentos.

O módulo Percepção do Mundo também realiza vários cálculos necessários ao jogador, como por exemplo, o cálculo da posição e da direção absoluta do jogador em campo.

Tabela 1. Exemplos de Variáveis de Controle.

Variável de Controle	Descrição
1. POSSO_CHUTAR	verifica se a bola está dentro da área de chute do jogador.
2. ESTOU_DESMARCADO	verifica se o jogador está desmarcado (a área de marcação é de aproximadamente 3m).
3. COMPANHEIRO_APROXIMA_DA_BOLA	verifica se algum companheiro está se aproximando da bola.
4. COMPANHEIRO_PERTO_DA_BOLA_DESMARCADO	retorna todos os companheiros que estão mais perto da bola (em ordem de proximidade a bola) do que o próprio jogador e desmarcados.
5. ADVERSÁRIO_DESMARCADO_PERTO_DE_MIM	retorna todos os adversários desmarcados que estão num raio de 25m de distância.

### 3.1.3. Escolha da Ação

Num domínio dinâmico como o do simulador Soccerserver, a seleção das variáveis de controle, a escolha da ação e a execução dos comandos são fortemente dependentes do estado corrente do meio ambiente, como percebido pelo agente individual.

A reavaliação das condições do agente a cada momento evita que o mesmo possa criar ou dar continuidade a planos que não mais correspondam à realidade do agente. A própria incerteza das percepções pode ocasionar um planejamento inconsistente.

A natureza dinâmica do servidor justifica a utilização de um SMA com características reativas. Em um ambiente de tempo real, o processamento das informações é limitado por restrições de tempo. O jogador deve tomar uma decisão no tempo disponível. Caso contrário, podem ocorrer decisões tardias, que levam o agente a um comportamento sub-ótimo (por exemplo: perder a oportunidade de agir).

As regras especificadas para o agente guiam as ações dos mesmos no processo de satisfação de seus comportamentos, ou seja, as regras determinam quais comportamentos do jogador devem ser executados e sob quais condições. Estas regras são definidas no módulo Escolha da Ação.

Fazendo uso das variáveis de controle, criam-se regras como a apresentada na Figura 5.

<b>Prioridade 1</b>	
<b>Condição</b>	(posso_pegar) e ( $\neg$ estou_com_a_bola)
<b>Ação</b>	PEGAR a bola

Figura 5. Par Condição/Ação do Comportamento do Agente Goleiro.

A prioridade da regra (Figura 5) corresponde à importância que a mesma tem para um determinado jogador. Por exemplo: um goleiro tem como sua tarefa mais significativa, pegar a bola. Esse comportamento deve sobrepor a todos os outros comportamentos do goleiro. Outro exemplo: o atacante tem como função principal chutar ao gol do adversário, conseqüentemente esse comportamento possui uma alta prioridade e, por esse motivo, é definido acima de outros comportamentos com menor prioridade, como marcar o adversário.

Dentre as características da arquitetura do agente destaca-se a utilização da Arquitetura de Subsunção. Trata-se de uma abordagem também conhecida como baseada em comportamento, pelo fato da realização das tarefas basearem-se na pré-especificação dos comportamentos, ou seja, cada tarefa é responsável por um comportamento específico do agente. Essa arquitetura estabelece prioridades entre a execução dos comportamentos atribuídos aos agentes. Dessa forma, alternar, excluir ou adicionar um

comportamento deve influenciar no processo de escolha da ação sem afetar os demais comportamentos.

As regras de decisão são criadas conforme a ordem de execução das ações. Por exemplo: um jogador, em uma cobrança de escanteio, deve ter como prioridade chutar a bola para o companheiro desmarcado mais perto do gol oponente; caso essa condição não seja satisfeita, ele deverá chutar a bola para o companheiro mais perto do gol oponente. Caso contrário, então, ele chuta para uma posição estratégica, onde algum dos seus companheiros possa, logo, ter o controle da bola, como apresentado na Figura 8.

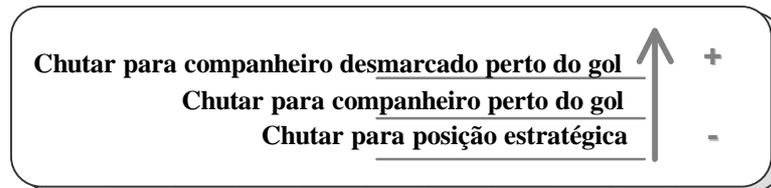


Figura 6. Prioridade dos Comportamentos para um Escanteio.

A decisão de uma jogada é realizada por uma simulação de alcançabilidade: se o agente jogador supõe ser o mais próximo do seu time a alcançar a bola, então ele vai correr até a bola. Caso contrário, o agente confia que o companheiro mais próximo da bola vai tentar pagá-la.

Assim, a cooperação entre os jogadores emerge da confiança no comportamento dos companheiros, em função da percepção que o agente possui do ambiente e de seu conhecimento, ou seja, o comportamento emergente parte do conhecimento local de cada agente sobre o estado do ambiente. O jogador confia no fato de que os companheiros terão sempre os comportamentos mais adequados em cada situação.

#### 4. Um Exemplo

Um exemplo do funcionamento do agente é ilustrado na Figura 7. Nessa situação, ocorreu um escanteio e o jogador 1 percebe que existe um companheiro 2 mais perto da bola do que ele. Dessa forma, o jogador 1, então, toma a decisão de caminhar para a área do gol do oponente e preparar-se para uma possível recepção de um passe enquanto o jogador 2 decide se posicionar para cobrar o escanteio, como apresentado na Figura 8.

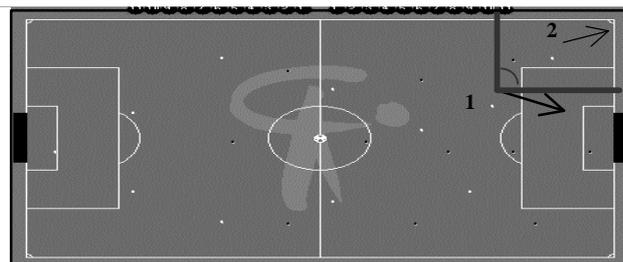


Figura 7. Uma Situação de Jogada.

Esse é um comportamento individual e simples dos agentes que, num todo, acaba resultando num comportamento em grupo (entre os jogadores) mais organizado (comportamento emergente).

<b>Cond</b>	<b>ESCANTEIO e companheiro_perto_da_bola</b>
<b>Ação</b>	comportamento( ir para a área do gol oponente )

Figura 8. Escolha da Ação.

## 5. Comportamento do Agente Meio de Campo

Os jogadores, exceto o goleiro, apresentam características similares e têm como principal referencial, a bola. Diferem entre si apenas na prioridade de suas funções mais específicas. Dentre seus comportamentos, o jogador meio de campo possui, como idéia principal, estar em controle da bola para realizar um passe, conduzir a bola ou ainda, por ventura, chutar ao gol oponente. Esse jogador prioriza comportamentos como o de chutar a bola para o companheiro.

Os principais comportamentos do jogador são:

1. Saber onde se localiza a bola. O jogador tende a localizar a bola sempre que a mesma não estiver visível. Para isso, o jogador verifica o último ângulo conhecido da bola. Logo após, ele gira no mesmo sentido. Caso não consiga determinar o último ângulo conhecido, o jogador executa um giro no sentido escolhido arbitrariamente.

2. Passar a bola para o companheiro. Para realizar um passe, o jogador que tem o controle da bola, verifica a disponibilidade de seus companheiros (como, se seu companheiro está desmarcado). Ele tentará chutar a bola para o companheiro mais apropriado (Figura 9).

Caso o jogador que tenha a posse de bola esteja marcado, ele tentará chutar para o companheiro procurando evitar o adversário que está próximo.

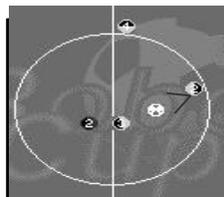


Figura 9. Passe.

Para realizar esse comportamento, o jogador segue algumas pré-condições como: verificar os companheiros mais próximos dele ou do gol adversário, analisando quais estão desmarcados. Sempre em um passe, o jogador procura ter como referencial o gol do adversário. Essa condição procura proporcionar que o mesmo, ao realizar um passe, prefira um passe em direção ao gol do adversário e não ao seu próprio gol.

3. Interceptar a bola. A tarefa de interceptar a bola corresponde à ação do jogador de ir para um ponto da trajetória da bola, no qual ele possa ter o domínio da mesma.

O jogador procura interceptar a bola, calculando um ponto de interceptação. Esse ponto corresponde à interceptação entre duas linhas. Uma delas é a linha formada por dois pontos, que são o deslocamento da bola em dois ciclos consecutivos (o atual e o anterior), a outra é uma linha perpendicular traçada à primeira que passa pelo ponto do jogador, conforme ilustrado na Figura 10.



Figura 10. Interceptação da Bola.

Conhecido o ponto de interceptação, deve-se saber se a linha da trajetória da bola irá passar perto do jogador, para isso, realiza-se uma estimativa da distância que a bola vai percorrer até parar e da distância total da bola ao ponto de interceptação. Caso o valor dessa estimativa seja menor que a distância total da bola ao ponto, a ação não é executada, pois a bola não chegaria ao ponto. Caso

contrário, o jogador calcula a direção para a qual ele vai se virar para que fique de frente para o ponto (utilizou-se o ângulo absoluto do jogador) e finalmente correr para esse ponto.

Algumas instabilidades foram observadas nesse comportamento, como em momentos nos quais o jogador perde a visão da bola. Conforme o jogador se aproxima do ponto de interceptação, a bola pode acabar saindo do seu cone de visão, ocasionando o comportamento de procurar a bola. Em muitos casos, o jogador abandonava a ida ao ponto de interceptação e começava a procurar a bola.

Para solucionar esse inconveniente, considerou-se que, se a distância do jogador ao ponto de interceptação for pequena (menor do que 8m, por exemplo), o jogador continua a sua caminhada em direção à interceptação da bola. Caso contrário, é feita uma reavaliação do ponto de interceptação, a cada nova informação visual. É permitido ao jogador que se mantenha caminhando em direção ao ponto de interceptação quando sua distância é menor do que 8m, isso, porque, quando o mesmo encontra-se a uma pequena distância da linha da trajetória da bola, é mais provável que, no ângulo de visão do jogador, não esteja aparecendo a bola (Figura 11.a). Já para distâncias maiores, é possível visualizar a bola, como pode ser visto na Figura 1.b.

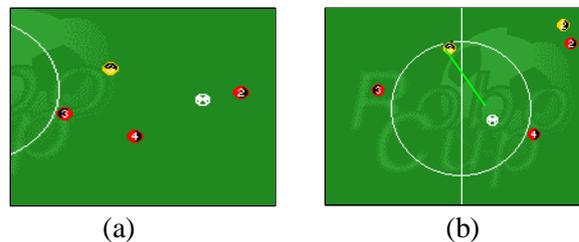


Figura 11. Cone de Visão do Jogador.

4. Posicionar-se em campo. Tanto o meio de campo, quanto o atacante e o zagueiro, possuem uma área de posicionamento em campo. Essa área corresponde a uma região em torno da posição inicial do jogador. Essa região é limitada por um círculo imaginário, que possui como centro a posição inicial do jogador e tem como objetivo auxiliar no posicionamento do mesmo (Figura 12.a).

O jogador procura manter-se em sua área de posicionamento em momentos nos quais não faz parte de uma jogada, ou seja, sempre que estiver a grande distância da bola e seu time possuir o controle da mesma. Nesse caso, o jogador irá retornar a um ponto dentro da sua área de posicionamento, que não necessariamente seja o seu ponto inicial (Figura 12.b). Estando em sua região de posicionamento, o jogador passa a executar as demais ações. A Figura 12.c mostra que, após chegar em sua posição, o jogador realiza um giro referente ao comportamento de procurar a bola.

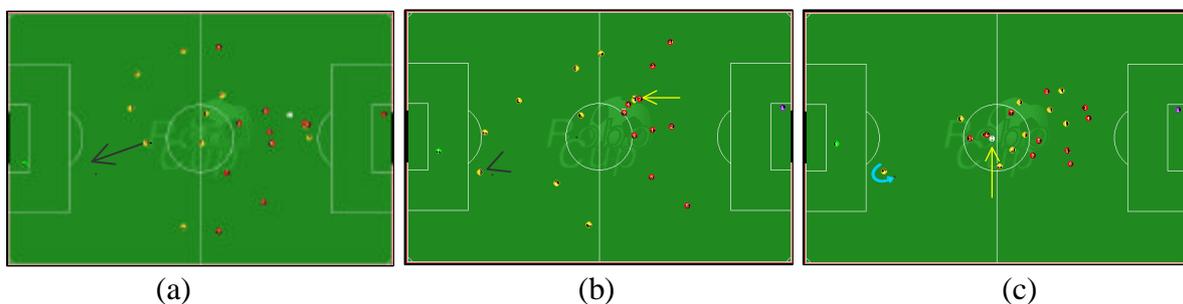


Figura 12. Posicionamento do Jogador em Campo.

O comportamento “posicionar-se em campo” também possibilita a perda das informações da bola, visto que o jogador tende a se virar para o ponto inicial, ocasionando a perda da visão da bola, o que possibilita o comportamento de procurá-la. Para a solução desse problema foi incluída uma condição na regra de procurar a bola: sempre que a última ação for girar para o ponto inicial, deve-se ignorar a regra de procurar a bola e seguir para a posição. Como essa ação é feita quando o jogador está a

grande distância da jogada, não é necessário fazer a procura da bola (em seguida), logo, a ação de voltar para a região de posicionamento pode ser realizada.

5. Marcar o adversário. O problema da marcação envolve vários fatores e tal comportamento pode ser utilizado por diferentes jogadores. No entanto, as diferentes prioridades podem definir esse comportamento da seguinte forma: um zagueiro pode estar sempre procurando marcar, já um meio de campo irá marcar no momento em que nenhum outro comportamento for satisfeito.

Para o comportamento marcar acontecer, o jogador deve saber qual adversário marcar. Uma solução simples que apresenta razoável resultado é a de procurar marcar o jogador adversário mais próximo que está desmarcado.

Uma das alternativas para realizar o comportamento de marcação é representada pelo esquema da Figura 13.

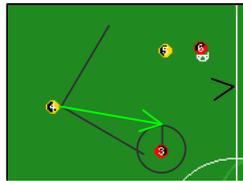


Figura 13. Marcar o Adversário.

Quando a bola está visível, considera-se a região de marcação um círculo de raio de aproximadamente 5m em volta do adversário. O jogador procura ir para uma região entre a bola e o adversário. Para achar a direção na qual o jogador irá virar-se, toma-se como referência a direção do adversário somada de um certo desvio que fará com que o jogador fique entre a bola e seu oponente.

No caso da bola não estar visível, o jogador vai em direção ao adversário. Na maior parte, esse comportamento faz com que o jogador fique atrás de seu adversário. No entanto, quando o jogador chega até o oponente, ele começa a procurar a bola e ao achar a bola, ele pode calcular a direção e se locomover para a região entre a bola e o adversário (caso ainda não esteja nela).

6. Ir para a bola. Outro comportamento atribuído ao jogador é o de ir para a bola sempre que não existir companheiro perto da bola (aproximadamente em um raio de 3m da bola). Nesse caso, o jogador considera-se o mais próximo da bola e vai em direção a ela, mesmo estando a uma grande distância. Esse comportamento também permite que o jogador possa se libertar de sua região de posicionamento, proporcionando uma maior movimentação em campo.

7. Manter-se desmarcado. A ação consiste em caminhar desviando do adversário, procurando afastar-se do mesmo. O jogador tende a ir para uma direção que o deixe mais próximo da bola. No caso dele não estar enxergando a bola, atribui uma direção randômica para seu movimento. O jogador tente a realizar o desvio enquanto o adversário ainda estiver em sua área de marcação. Para executar tais tarefas, o jogador deve estar sendo marcado pelo adversário, e ter algum companheiro perto da bola. Essas condições evitam que o jogador desvie de seu objetivo principal que é o de ter o controle da bola para o seu time.

## 6. Especificação dos Comportamentos

O comportamento do jogador foi construído na forma de uma árvore de decisão. Cada folha da árvore de decisão tem um conjunto de pré-condições que devem ser satisfeitas para que a ação correspondente seja ativada. Essas pré-condições correspondem ao caminho desde a raiz até a folha considerada.

A seguir, apresenta-se parte da árvore de decisão do meio de campo (Figura 15) a partir do critério da posse de bola em modo *play\_on* de jogo.

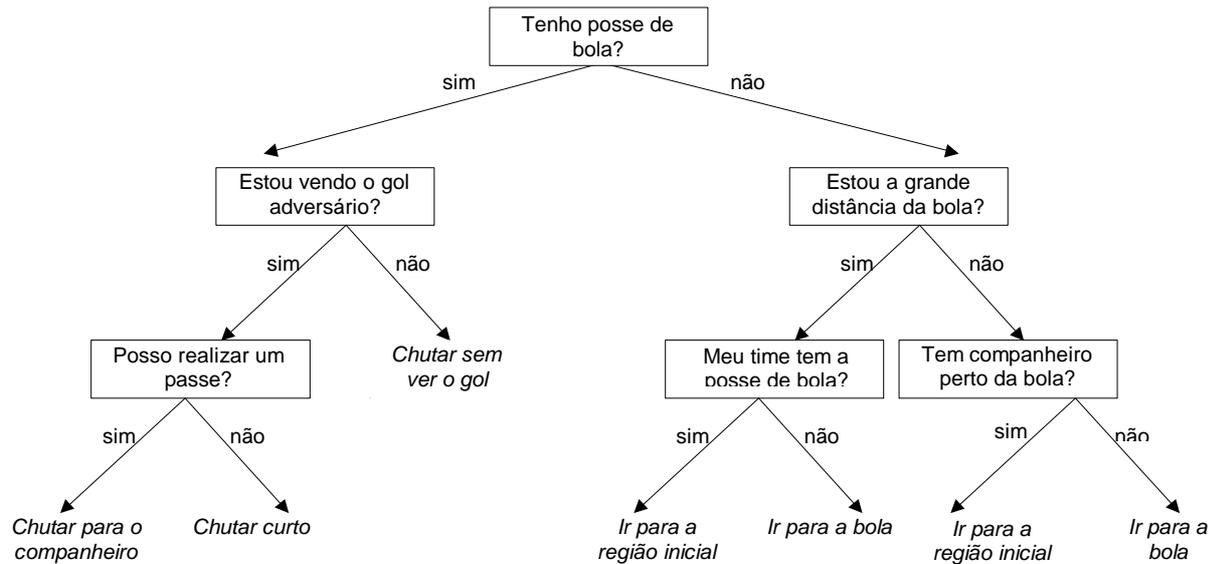


Figura 15. Parte da Árvore de Decisão do Agente Meio de Campo.

As tarefas como “chutar para o companheiro” possuem um grau de prioridade maior para o jogador meio de campo.

Os retângulos pontilhados resumem o resultado obtido após a verificação de um conjunto de condições, ou seja, o resultado representa um ramo percorrido da árvore. Por exemplo, a ação “chutar para o companheiro” requer que as seguintes condições sejam satisfeitas:

1. estou vendo o gol do adversário?
2. estou na direção do gol do adversário?
3. estou atrás da bola?
4. existe companheiro perto de mim?
5. existe companheiro desmarcado?
6. estou desmarcado?

Para a verificação das condições acima, é utilizada a combinação das seguintes variáveis de controle: companheiro perto de mim; estado do jogo; posso chutar; companheiro desmarcado; estou desmarcado; além de variáveis como: direção da bola e direção do gol do adversário.

## 7. Dificuldades obtidas com o Meio de Campo

Tarefas mais elaboradas como marcar, fugir da marcação e outras, em um ambiente com informações incompletas e imprecisas como o do Soccerserver não são simples, um grande número de cálculos é necessário. Embora, os cuidados com a definição dos comportamentos, os testes mostraram dificuldades para o jogador efetuar tais tarefas. A necessidade de um maior detalhamento das informações e de uma considerável quantidade de cálculos tornou o trabalho difícil de ser realizado.

A execução de comportamentos mais simples como, localizar a bola, passar a bola para o companheiro, posicionar-se em campo, ir para a bola, demonstraram um bom desempenho do jogador. Esses comportamentos não necessitam de verificações complicadas que envolvam um grande número de cálculos ou estimativas. Ao contrário, as rotinas simples utilizadas proporcionaram uma agilidade na decisão e na realização dessas ações.

## 8. Conclusões

Realizou-se a análise do desempenho dos jogadores desenvolvidos através de observações diretas de jogos contra outros times. Ao longo do desenvolvimento do programa, as atitudes do jogador tornaram-se melhores, quando optou-se por implementações simplificadas. Por exemplo, em princípio, o comportamento de evitar o impedimento era controlado pela posição do atacante em relação ao time adversário. No entanto, tal abordagem apresentou difícil implementação. Um comportamento

alternativo foi elaborado, no qual utiliza-se o ângulo absoluto do jogador. Embora simples (e por simples) esse comportamento mostrou-se mais adequado, uma vez que proporciona bons resultados na maioria dos casos.

A proposta objetivou proporcionar a viabilidade da aplicação do estudo realizado e de técnicas de SMA. Foi elaborada e implementada uma arquitetura para um agente jogador com características que facilitam a tarefa de implementação, procuram proporcionar maior eficiência, fornecer subsídios para que os comportamentos dos agentes possam ser interessantes e inesperados, além de permitir que o agente escolha a ação que mais se aproxime do seu objetivo no estado atual (possibilita ao agente reavaliar constantemente a sua situação em campo) [Bagatini 2001].

A arquitetura do agente, em comparação com outras arquiteturas desenvolvidas para o Soccerserver, oferece a simplicidade e a facilidade tanto de implementação quanto de entendimento do funcionamento interno do agente, pois o seu comportamento é definido utilizando regras. Possui como principal característica a utilização da Arquitetura de Subsunção na definição dos comportamentos do agente.

Essa arquitetura proporciona ao agente realizar suas tarefas básicas de forma autônoma com base em suas características reativas, em curto espaço de tempo. Recursos de processamento concorrente possibilitam ao agente responder às suas percepções do mundo em tempo-real. A representação do modelo do mundo do agente é simplificada, possibilitando facilidades no armazenamento das informações e a rápida recuperação da mesma. Mecanismos internos ao agente possibilitaram otimizar o funcionamento do mesmo. A definição dos comportamentos de forma independente permitiu modificar o funcionamento do agente alterando a ordem das regras existentes e, ainda, proporcionou uma forma facilitada para a inclusão ou exclusão de regras.

Buscou-se, através de comportamentos elementares bem definidos, obter resultados que proporcionam o aparecimento de comportamentos mais organizados. A partir de regras básicas, permitiu-se que esses comportamentos mais elaborados venham a ocorrer.

O comportamento do jogador revelou-se bastante adequado, a despeito de trabalhar com informação incompleta e do ruído introduzido pelo simulador. Entretanto, uma avaliação mais rigorosa ainda não foi realizada.

Visando a continuidade desta pesquisa, serão desenvolvidos comportamentos mais complexos, como: proporcionar aos jogadores o uso de papéis flexíveis, permitindo que o jogador possa alterar o seu posicionamento em campo de acordo com as informações da situação corrente do jogo; aprimorar a distribuição dos jogadores em campo através da definição de formações; desenvolver um agente especial denominado treinador, juntamente com a definição de “jogadas ensaiadas” para o time, buscando tirar proveito da capacidade de visão global provida pelo Soccerserver para esse tipo de agente.

## Referências

ASADA, Minoru et al. RoboCup: Today and tomorrow – What we have learned. **Artificial Intelligence**, Amsterdam, v.110, n.2, p.193-214. 1999.

BAGATINI, Daniela D. S. **Um Sistema Multiagente para o Simulador Soccerserver**. Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2001. Dissertação de Mestrado.

BROOKS, Rodney A. A Robust layered control system for a mobile robot. **IEEE Journal of Robotics and Automation**, New York, v. RA-2, n. 1, p.14-23, Mar. 1986.

CORTEN, E et al. **Soccerserver manual**. Technical Report RoboCup-1999-001, RoboCup, 2001. Disponível em: <<http://www.dsv.su.se/~johank/RoboCup/manual/>>. Acesso em: 07 fev. 2001.

NODA, Itsuki; MATSUBARA, Hitoshi. Soccer Server and Researches on Multi-Agent Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ROBOTS AND SYSTEMS - Workshop on RoboCup, IROS, 1996, Osaka, Japan. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1996. p.1-7. Disponível em: <<http://citeseer.nj.nec.com/noda96soccer.html>>. Acesso em: 07 mar. 2001.

NODA, Itsuki. **Simulador Soccerserver**. Disponível em: <<http://ci.etl.go.jp/~noda/soccer/server/>>. Acesso em: 07 fev. 2001.