

# iBots 2016: Descrição do Time

Alexandre T. R. Silva, Tanilson D. Santos, Leonardo R. Costa

**Resumo**— Este trabalho apresenta soluções desenvolvidas pela equipe iBots na categoria *RoboCup Simulation 2D*. Descreve o Modelo de Estados de Jogo utilizado na equipe. Adicionalmente, este trabalho contém testes e os resultados também são apresentados. A equipe iBots usa como time-base o Agent2D 3.1.1.

## I. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta as soluções implementadas pela equipe iBots 2016, na categoria *RoboCup Simulation 2D*. A estratégia desenvolvida consiste em identificar a condição de jogo, a qual pode ser definida por meio de uma máquina de estados. O comportamento do time é alterado de acordo com a condição/estado de jogo em determinado instante. São estados modelados: estado indefinido; estado com bola; e estado sem bola.

Com a participação em competições anteriores como na LARC 2010 [2], em São Bernardo do Campo-SP, foi possível levantar a necessidade de aplicar os esforços de desenvolvimento da equipe em um nível estratégico mais alto. A evolução da equipe iniciou com o estudo de técnicas aplicadas ao futebol humano, seguida da mudança do time-base utilizado inicialmente, UvATrilearn [1], para a adotar como time-base o Agent2D [3] [4], e por fim o desenvolvimento e aplicação de algoritmos inteligentes, e.g. lógica fuzzy e o algoritmo Sarsa [2].

O desenvolvimento da equipe nesta edição e desse trabalho baseia-se em um levantamento da importância do comportamento de colaboração coletiva aplicado ao ambiente dinâmico do futebol [6] [7] [8] [9].

A equipe iBots 2016 implementou o Modelo de Estado de Jogo chamado Modelo de Quatro Estados, descrito originalmente por [5].

## II. MODELOS DE ESTADOS DE JOGO

### a. Modelo Dualista

No Modelo Dualista uma equipe deve atacar por ter a posse de bola e não ter a bola implica em defender [6]. Como o próprio nome indica, o Modelo Dualista trata o futebol como tendo dois estados: ofensivo e defensivo. Isso significa que para um agente identificar o estado do jogo basta que ele saiba qual time tem a posse de bola.

Assim, foi implementado o método *PosseDeBola()*, que, a partir de informações do modelo de mundo de cada agente, retorna se a equipe tem ou não a posse de bola, que está expresso na máquina de estados da figura 1.

O algoritmo é apresentado no quadro 1. Para compreensão, o atributo estado armazena o estado corrente da partida (zero representa uma situação indefinida, +1 posse de bola da equipe do agente e -1 posse de bola da equipe adversária).

Resumidamente, se a posse de bola for da equipe do agente, então o agente assume que a sua equipe se encontra no estado combola e, por isto, a equipe está estrategicamente orientada por uma tática ofensiva; se a posse de bola for da equipe adversária, então o agente assume que a sua equipe se encontra no estado sem bola e, por isto, a equipe está estrategicamente orientada por uma tática defensiva.

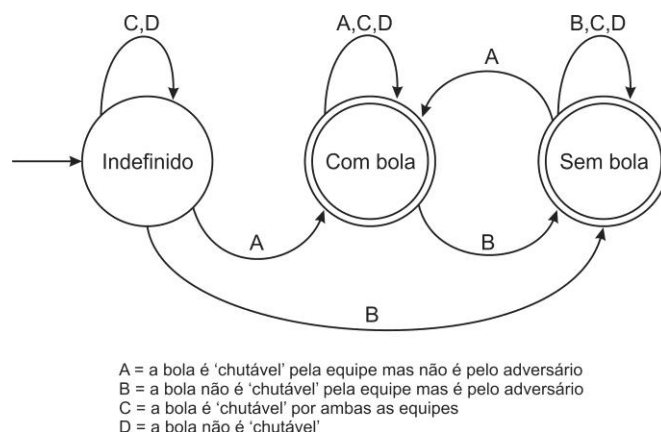


Figura 1 – Máquina de estados que determina a posse da bola

Quadro 1 – Algoritmo de posse de bola

```
void SamplePlayer::PosseDeBola() {  
    if(estado==1 && world().existKickableTeammate())  
        estado=1;  
    else if (estado==0 && world().existKickableOpponent())  
        estado=-1;  
    else if (estado==1) {  
        if(world().existKickableTeammate())  
            estado=1;  
        else if(world().existKickableOpponent())  
            estado=-1;  
        else  
            estado=1;  
    }  
    else if(estado==-1) {  
        if(world().existKickableOpponent())  
            estado=-1;  
        else if(world().existKickableTeammate())  
            estado=1;  
        else  
            estado=-1;  
    }  
}
```

### b. Modelo de Quatro Momentos

O Modelo de Quatro Momentos considera que no futebol uma equipe necessita tratar taticamente de maneira diferente

quatro situações do jogo. Este modelo expressa que dois momentos são referentes à quando a equipe está sem a posse de bola e dois quando a equipe está com a posse de bola.

Logo, o algoritmo de posse de bola (quadro 1) também é necessário na implementação do Modelo de Quatro Momentos. Contudo, somente a posse de bola não é suficiente para distinguir os momentos com ou sem posse de bola. Se a equipe está com a posse de bola ela pode estar no momento de Organização Ofensiva ou na Transição Defesa-Ataque; se a equipe está sem a posse de bola ela pode estar no momento de Organização Defensiva ou de Transição Ataque-Defesa. Em termos operacionais do Modelo de Quatro Momentos, também é necessário classificar uma defesa como estando ou organizada ou desorganizada.

De acordo com Queiroz [7] e Festa [8], o objetivo do momento de Transição Defesa-Ataque é o de aproveitar a desorganização posicional do adversário e progredir em direção à baliza adversária para criar, o mais rápido possível, situações de gol. Complementarmente, entende-se que o objetivo da Transição Ataque-Defesa é, de maneira rápida, obter organização posicional defensiva da equipe a fim de evitar progressão do adversário em direção ao gol. Para corroborar, Garganta [9] diz que as transições (defesa-ataque e ataque-defesa) são momentos de desequilíbrios que se constituem fases críticas do jogo. Entende-se que uma equipe ao atacar tende a se desorganizar defensivamente e ao defender tende a se desorganizar ofensivamente, que são o que ocasionam os desequilíbrios constituintes das fases críticas do jogo. Logo, a mudança de um momento a outro está intimamente associada ao conceito de organização posicional defensiva. Organização posicional se refere ao posicionamento esperado pela equipe quando ela está organizada.

Isso significa que, de acordo com o Modelo de Quatro Momentos, uma equipe ao recuperar a posse de bola, entra no momento Transição Defesa-Ataque e mudará para o momento Organização Ofensiva assim que o time adversário passar a ter organização posicional defensiva. Somente sai do momento Organização Ofensiva se a equipe perder a posse de bola, vai para o momento Transição Ataque-Defesa e saindo deste para o momento Organização Defensiva quando sua defesa estiver com organização posicional defensiva. O modelo de Quatro Momentos está expresso na máquina de estados da figura 2.

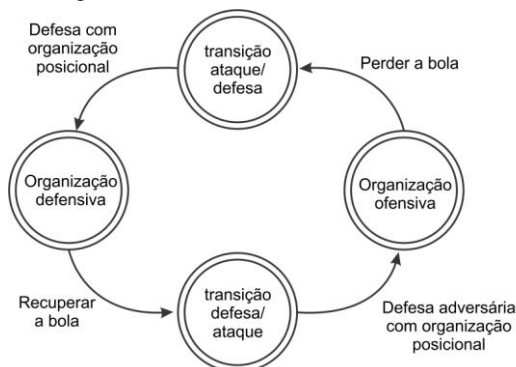


Figura 2 – Máquina de estados representando o Modelo de Quatro Momentos

Note que não existe mudança do momento Organização Defensiva para o momento Transição Ataque-Defesa; do mesmo modo não existe transição do momento Organização Ofensiva para o momento Transição Defesa-Ataque.

### c. Modelo de Quatro Estados

A equipe iBots 2016 utilizada um modelo de estados de jogo fortemente inspirado no Modelo de Quatro Momentos, denominado Modelo de Quatro Estados. Esse modelo foi proposto por Silva [5]. O modelo de Quatro Estados está expresso na máquina de estados da figura 3.



Figura 3 - Exemplo de trajetórias planejadas pelo método Campo Potencial Artificial

Comparativamente, no Modelo de Quatro Estados há quatro transições a mais do que no Modelo de Quatro Momentos. A necessidade dessas transições foi evidenciada por Silva [5] por meio de um contraexemplo e indicam que, mesmo após se organizar defensivamente, uma equipe pode se desorganizar, apesar de não ser uma decisão racional.

Para diferenciar os estados defensivos (Defesa Posicional e Contra-defesa) e os estados ofensivos (Ataque posicional e Contra-ataque), é necessário um algoritmo capaz de classificar as defesas em relação à sua organização posicional defensiva, ou seja, classificar as defesas como ou organizadas ou desorganizadas. O fluxograma da figura 4 apresenta como a equipe iBots 2016 define qual estratégia utilizar sob a ótica do Modelo de Quatro Estados.

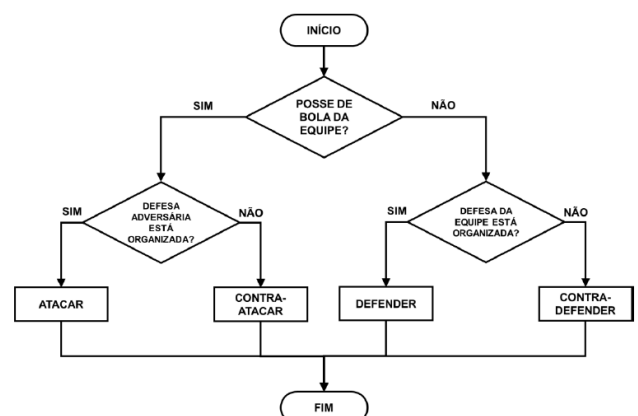


Figura 4 – Fluxograma do Modelo de Quatro Estados

Por haver quatro estados de jogo, o Modelo de Quatro Estados exige que uma equipe tenha quatro estratégias, uma para cada estado. O problema é que a literatura especializada em Teoria do Futebol não determina em termos precisos quando uma defesa está organizada e quando uma defesa está desorganizada.

### III. ORGANIZAÇÃO POSICIONAL DEFENSIVA

A fim de classificar a defesa, foi utilizada uma rede neuronal Perceptron de Múltiplas Camadas e um sistema de inferência fuzzy Mamdani [10] com aprendizado de regras feito pelo algoritmo Wang-Mendel [11].

A arquitetura da rede neuronal foi composta por três camadas: camada de entrada; uma camada oculta; camada de saída com dois neurônios artificiais. A saída é maximamente esparsa, ou seja, com um neurônio para cada classe a ser reconhecida. Nesse caso, foram utilizados dois neurônios artificiais, cada um representando uma classe (defesa organizada e desorganizada).

O sistema de inferência fuzzy Mamdani adotado neste trabalho utilizou para extração de regras o algoritmo de Wang-Mendel, as entradas foram mapeadas em conjuntos de formatos lineares e triangulares, igualmente adotados no sistema de inferência.

A figura 5 apresenta a execução do agente jogador da equipe iBots. Os itens três e quatro, em destaque, foram adicionados ao agente do Agent2D. São eles: determinar o estado da partida de acordo com o Modelo de Quatro Estados e consultar estratégia da equipe para o estado corrente da partida retorna a tática de jogo a ser utilizada. Consultar estratégia da equipe para o estado corrente da partida retorna a tática de jogo a ser utilizada.

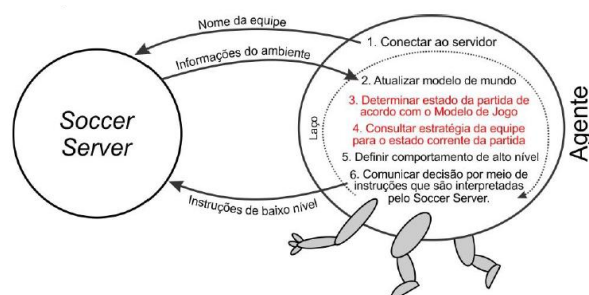


Figura 5 – Agente jogador0020da equipe iBots

### IV. TESTES E RESULTADOS

Com o objetivo de mensurar a qualidade do algoritmo de organização defensiva resultante da Rede Neuronal e do Sistema de Inferência Fuzzy, foram avaliados 200 diferentes cenários a fim de classificar as defesas como ou organizada ou desorganizada.

Foi montada uma base de dados com 200 situações, sendo que em 101 casos a defesa foi avaliada como ORGANIZADA; e em 99 casos como DESORGANIZADA. Da base de dados utilizada, 60% dela foi destinada para treinamento e 40% para validação. A base de treinamento foi composta pelos primeiros 60 cenários armazenados de cada uma das classes (ORGANIZADA e DESORGANIZADA), o

que totalizou 120 cenários. Após treinada a rede neuronal e após serem extraídas as regras fuzzy com a base de treinamento, foi fornecida a base de validação com dados pré-processados. No pré-processamento as entradas foram normalizadas para ficarem no intervalo  $[-1, +1]$ .

O melhor resultado apresentado pelo Sistema de Inferência Fuzzy foi de 65 acertos de 80, ou seja, 81,25% de acertos. Como melhor resultado, a rede neuronal obteve 72 acertos, ou seja, 90% de acertos. Assim, a equipe iBots 2016 passou a utilizar a rede neuronal treinada para classificar a organização posicional defensiva a fim de determinar o estado de jogo corrente de acordo com o Modelo de Quatro Estados.

Posteriormente, a equipe iBots jogou 100 partidas contra o Agent2D 3.1.1 [12] e 100 partidas contra a equipe WrightEagle 2009 [13]. As partidas foram divididas em dois grupos com 50 cada, sendo que no primeiro grupo foi utilizado na equipe iBots o Modelo Dualista e no outro grupo o Modelo de Quatro Estados.

Como resultado, contra o Agent2D 3.1.1 o Modelo de Quatro Estados resultou em aumento de 25,71% em pontos conquistados e aumento de 33,33% de vitórias sobre o Modelo Dualista. Contra a equipe WrightEagle 2009 o Modelo de Quatro Estados resultou em aumento de 27,69% em pontos conquistados e aumento de 26,31% de vitórias sobre o Modelo Dualista.

### V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da implementação computacional dos princípios fundamentais defensivos, foi determinado um método computacional, via aprendizado supervisionado (Rede Neuronal e Sistema de Inferência Fuzzy), capaz de classificar as defesas das equipes de futebol como ou organizada ou desorganizada, algo parcialmente definido na Teoria do Futebol.

Mais ainda, os resultados dos testes mostraram que o Modelo de Quatro Estados é promissor, apresentando resultados superiores ao do Modelo Dualista, o que pode ser entendido que o Modelo de Quatro Estados tem maior capacidade de representar os estados de jogo do futebol.

É importante ressaltar que, pela pequena quantidade de especialistas participantes da pesquisa, apenas quatro, e pelo tipo qualificação deles, pode ser que os resultados estejam enviesados. Assim, a replicação deste trabalho é algo importante para que se possa verificar a recorrência das observações a fim de reforçar/enfraquecer as conclusões desta tese.

O uso de algoritmos de aprendizado por reforço ou aplicar informações e conhecimentos emergidos da simulação em futebol de humanos são outras possibilidades a fim de ratificar os resultados obtidos.

A descrição do processo de tomada de decisão dos jogadores, o algoritmo de planejamento de trajetória e o sistema defensivo implementado estão descritos em [14].

## REFERÊNCIAS

- [1] BOER, R. de; KOK, J. The Incremental Development of a Synthetic Multi-Agent System: The UvA Trilearn 2001 Robotic Soccer Simulation Team. Master's Thesis - Faculty of Science University of Amsterdam, 2002.
- [2] A. T. R. Silva, H. G. Silva, E. G. Santos, G. B. Ferreira, T. D. Santos, and V. S. Silva. iBots 2010: Descrição do time. Latin American Robotics Competition. 2010.
- [3] A. T. R. Silva, G. B. Ferreira, T. D. Santos, V. S. Silva, E. G. Santos, H. G. Silva, C. A. S. P. Rodrigues, and T. S. Arruda. iBots 2011: Descrição do time. Competição Brasileira de Robótica, São João Del Rei, 2011.
- [4] H. Akiyama, H. Shimora, and I. Noda, Helios 2009 team description. RoboCup 2009, 2009.
- [5] A. T. R. Silva. Análise de conceitos táticos do futebol por meio de simulação computacional. Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. Rio de Janeiro, 2015.
- [6] C. Bayer. O ensino dos desportos colectivos. Lisboa: Dinalivro, 1994.
- [7] C. Queiroz. Entrevista. In Tavares, J. Uma noção fundamental: a especificidade. O como investigar a ordem das "coisas" do jogar, uma espécie de invariâncias de tipo fractal. Dissertação de Licenciatura. Porto: FCDEF-UP, 2003.
- [8] F. Festa. Importância, Comportamentos e Operacionalização da Transição Ataque-Defesa no Futebol inserida num contexto de jogo colectivo. Universidade do Porto, Porto, 2009.
- [9] J. Garganta. Dos constrangimentos da acção à liberdade de (inter)acção, para um futebol com pés... e cabeça. In D. Araújo (Ed.), O contexto da decisão – A acção táctica no desporto (pp. 179-190). Lisboa: Visão e Contextos, Lda, 2005.
- [10] E. H. Mamdani. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. IEEE (Control and Science), v. 121(12), p. 1585–1588, 1974.
- [11] L. X. Wang, M. M. Mendel. Generating fuzzy rules by learning from examples. IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics, vol. 22, nº 6, november/december 1992.
- [12] H. Akiyama (2012), Agent2D, Fukuoka university. <http://en.sourceforge.jp/projects/rctools/downloads/55186/agent2d-3.1.1.tar.gz>, acessado em 20 de fevereiro de 2013.
- [13] SHI, K., BAI, A., TAI, Y., CHEN, X. (2009) WrightEagle2009 2D Soccer Simulation Team Description Paper. RoboCup 2010, 2D Soccer Simulation League.
- [14] A. T. R. Silva, L. A. V. Carvalho, T. D. Santos, H. B. Rodrigues, N. S. Marques. iBots 2015: Descrição do Time. In: Mostra Nacional de Robótica, 2015, Uberlândia - MG. LARC/CBR/2015, 2015.