



**NOVA**

**IMS**

Information  
Management  
School

# MGI

---

**Mestrado em Gestão de Informação**

Master Program in Information Management

**Referencial para a utilização de técnicas de  
inteligência artificial no futebol**

Nuno Maria Monteiro Palmeiro

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em Gestão de Informação

NOVA Information Management School  
Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação  
Universidade Nova de Lisboa

**NOVA Information Management School**  
**Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação**  
Universidade Nova de Lisboa

# **REFERENCIAL PARA A UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO FUTEBOL**

por

Nuno Maria Monteiro Palmeiro

Dissertação como exigência parcial para a obtenção do grau de Mestre em Gestão de Informação  
com especialização em Gestão do Conhecimento e *Business Intelligence*

**Orientador:** Vítor Manuel Pereira Duarte dos Santos

Fevereiro de 2020

## AGRADECIMENTOS

Este espaço é dedicado aos que, de alguma forma, contribuíram para que esta dissertação fosse realizada.

Ao Professor Doutor Vitor Santos por me ter ajudado em todo o processo, pelo apoio e pela simpatia que demonstrou em inúmeras reuniões, um grande obrigado. Foi sem dúvida uma pessoa que me marcou e apoiou durante esta jornada.

A todos os entrevistados, pela sua disponibilidade. O conhecimento de cada um fez-me compreender mais sobre as áreas. Gostei bastante de aprender com cada um e agradeço o apoio dado.

Aos meus amigos por todo o apoio que me deram em todo o meu percurso académico e fora dele.

À Beatriz por estar sempre lá para eu trabalhar e concluir esta fase da minha vida. Sem o seu apoio e compreensão nunca seria possível concluir a tese.

À minha família. Por me terem proporcionado esta oportunidade e estarem comigo há 24 anos. Sempre estiveram comigo e sem o seu suporte nunca teria esta oportunidade. Em especial à minha mãe, que mesmo longe, está sempre comigo.

# ÍNDICE

1. Introdução .....	7
1.1 Enquadramento.....	7
1.2 Motivação/ Justificação.....	7
1.3 Objetivos .....	8
2. Revisão da Literatura.....	9
2.1 Desporto.....	9
2.1.1 Conceitos de desporto .....	9
2.1.2 Futebol .....	9
2.1.3 Futebol Profissional.....	10
2.1.4 Desafios para a utilização de Sistemas de Informação no futebol profissional.....	10
2.2 Inteligência Artificial.....	12
2.2.1 Conceitos.....	12
2.2.2 Áreas.....	14
2.2.3 IA no Desporto .....	18
3. Metodologia .....	25
3.1 <i>Design Science Research</i> (DSR).....	25
3.2 Estratégia de Investigação.....	26
4. Referencial para a utilização de inteligência artificial no futebol .....	27
4.1 Pressupostos .....	27
4.2 Referencial.....	29
4.3 Avaliação e Discussão.....	35
4.3.1 Público-alvo .....	35
4.3.2 Guião de entrevista .....	36
4.3.3 Execução e análise de resultados.....	36
4.4 Análise Global.....	44
5. Conclusões.....	46
5.1 Síntese do trabalho desenvolvido .....	46
5.2 Limitações .....	46
5.3 Recomendações para trabalhos futuros .....	47
Bibliografia.....	48
Anexos .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Quantified Shot Quality da Second Spectrum (“Second Spectrum”, 2016).....	19
Figura 2 – SAP Sports One (“SAP Sports One,” 2019) .....	20
Figura 3 – Benfica LAB (“Benfica LAB 360”, 2014) .....	20
Figura 4 – Wimbledon Messenger (“Wimbledon Messenger”, 2017) .....	21
Figura 5 – Next VR vision (“NextVR”, 2017) .....	21
Figura 6 – No interior do novo estádio do Tottenham Hotspur (“Tottenham Stadium”, 2019).	22
Figura 7 – Golden 1 Center (“Golden 1 Center”, 2017).....	23
Figura 8 – Sala do FIFA World Cup VAR (FIFA/ Getty Images, 2018).....	23
Figura 9 – Diagrama da Goal Line Technology (“Goal Line Technology Diagram”, 2018).....	24
Figura 10 – Design Science Cycle (Mendonça 2015) .....	25
Figura 11 – Aplicação da DSR à investigação realizada .....	26
Figura 12 – Matriz das Tecnologias Atuais .....	30
Figura 13 - Matriz de Recomendações .....	33
Figura 14 – Guião para Entrevistados da Área do Futebol.....	36
Figura 15 – Guião para Entrevistados da Área da IA .....	36

## Lista de Siglas e Abreviaturas

CEO – Chief Executive Officer  
DSR – Design Science Research  
FA – Football Association  
FIFA – Fédération Internationale de Football Association  
FIFPro – Fédération Internationale des Associations de Footballeurs Professionnels  
GDS – Goal Decisive System  
GLT – Goal Line Technology  
HD – High Defenition  
IA – Inteligência Artificial  
KAI – Kings Artificial Intelligence  
MiLB – Minor League Baseball  
MLB – Major League Baseball  
NBA – National Basketball Association  
NLP – Natural Language Processing  
SFS – Sistemas Físicos Simbólicos  
SLB – Sport Lisboa e Benfica  
SQL – Structured Query Language  
UEFA – Union of European Football Associations  
VAR – Video Assistant Referee  
VOR – Video Operation Room  
VR – Virtual Reality

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 ENQUADRAMENTO

O futebol é atualmente o desporto mais popular no mundo. A FIFA (Fédération Internationale de Football Association) é composta por mais países membros do que a Organização das Nações Unidas (Stein *et al.*, 2016), mostrando assim como é grande e popular este desporto. É uma indústria que move milhares de milhões de euros e parece não parar de crescer, com recordes de transferências a serem batidos em todas as janelas de transferências. Apesar de ser uma indústria deste tamanho, o futebol é algo simples de se jogar, qualquer pessoa, independentemente do seu estatuto social, tem a possibilidade de praticar este desporto, tornando-se assim algo de fácil acesso a todas as classes sociais.

Em conjunto com a evolução tecnológica, o futebol também viu a necessidade de se modernizar e se adaptar às novas tecnologias, com o objetivo de o tornar num desporto mais justo e de melhorar a qualidade deste espetáculo desportivo. Os clubes tiveram a necessidade de evoluir, de modo a poderem acompanhar a sua concorrência, pois existe uma grande evolução na compreensão das necessidades físicas e técnicas do futebol (Coutts, 2014). Com a crescente evolução da IA no nosso quotidiano e na evolução da sociedade humana (Liu *et al.*, 2018), é relevante estudar e entender, cada vez mais, qual é o impacto desta tecnologia no desporto mais popular do mundo. Apesar de ser uma tecnologia que não está ao alcance de todos e de não ser de fácil compreensão, é também uma tecnologia revolucionária que poderá mudar a maneira como cada jogo é disputado. A introdução de tecnologias como o VAR ou de análises físicas nos treinos dos atletas, mudaram já este desporto centenário, sendo cada vez mais relevante, para ser competitivo, tirar o máximo proveito desta tecnologia.

A IA irá revolucionar a nossa sociedade, sendo esperado que a inteligência da máquina venha a superar a inteligência humana (Makridakis, 2017), significando isto a necessidade de se conseguir desenvolver cada vez mais este tipo de tecnologias neste desporto que, apesar de ser simples, é envolto numa complexidade de processos e análises bastante difíceis e metódicos. Dito isto, podemos, no futuro, vir a ter robôs ou máquinas que serão os preparadores físicos ou os treinadores, sem necessidade da intervenção humana, mas com uma taxa de sucesso maior do que a de um ser humano.

## 1.2 MOTIVAÇÃO/ JUSTIFICAÇÃO

A tecnologia e a IA influenciam cada vez mais o nosso quotidiano, passando de uma pequena ajuda para um crescimento disruptivo, transformando-se assim em algo muito mais poderoso do que alguma vez testemunhámos (Frank, Pring & Roehrig, 2017). Sendo assim, é fulcral perceber qual o seu impacto na nossa vida e descobrir o seu potencial máximo. Stephen Hawking dizia que o sucesso da criação de inteligência artificial de modo efetivo poderia ser o maior evento na história da nossa civilização ou o pior. Simplesmente, ainda não o sabemos. Significa isto que ainda existe muito por descobrir nesta área, de modo a se desvendar que longe poderá ou não chegar a inteligência artificial e de que modo seremos ou não relevantes na sua evolução ou se seremos simplesmente ultrapassados.

Sendo o futebol o desporto com a maior número de fãs e seguidores do mundo (Boudway, 2018), é então importante perceber qual será nele o impacto desta tecnologia revolucionária. Atualmente, a tecnologia já faz a diferença no dia a dia dos clubes, como, por exemplo, o 360° LAB do Sport Lisboa e Benfica ou o SAP Sports One da seleção nacional da Alemanha. Este tipo de

tecnologias revolucionou a maneira como os jogadores treinam e evoluem, antecipando também quais os problemas de saúde que poderão surgir de um maior desgaste provocado pela alta competição, levando assim à conclusão de que é necessário um melhor acompanhamento desta evolução, por parte dos clubes de topo, caso queiram ser competitivos e ultrapassarem os seus adversários em campo. Mesmo no aspeto de melhorar a experiência dos fãs, esta tecnologia poderá mudar a qualidade do espetáculo para os espectadores. Um exemplo do acompanhamento da evolução para os fãs é o novo estádio do Tottenham Hotspur ou o do Sacramento Kings, construídos com a vanguarda da tecnologia, com o objetivo de levar cada vez mais pessoas ao estádio, para viverem experiências inesquecíveis e incomparáveis que só poderão ser experimentadas em estádios tecnologicamente desenvolvidos, com a possibilidade de, caso seja necessário, serem atualizados diariamente.

### **1.3 OBJETIVOS**

O objetivo desta dissertação é propor um referencial para a utilização de tecnologias baseadas em IA no futebol profissional. Deste modo, será possível compreender em que ponto nos encontramos do desenvolvimento deste tipo de tecnologias, verificando-se também de que modo a sua utilização é encarada, do ponto de vista dos profissionais ligados ao futebol, nomeadamente, em sistemas que permitam melhorar a *performance* dos atletas e das equipas, providenciar experiências diferenciadas aos fãs e facilitar a justiça e transparência no futebol.

O objetivo fundamental deste trabalho é, assim, produzir um conjunto concreto de recomendações para a adoção de tecnologias de IA no futebol de alta competição, passíveis de serem adotadas por clubes de topo.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 DESPORTO

#### 2.1.1 CONCEITOS DE DESPORTO

O desporto é uma atividade física competitiva sujeita a determinadas regras. A atividade física é a parte central do desporto, mas há mais fatores envolvidos, como a destreza mental ou o equipamento desportivo. O desporto é uma forma de entretenimento para atletas e espectadores (Oxford Dictionaries, 2018). Pode ser praticado individualmente ou em equipa, pode ser profissional e remunerado ou amador, para melhorar a condição física e a saúde. Existem eventos, torneios e campeonatos que também envolvem treinadores e árbitros que podem ser profissionais ou amadores. O desporto pode ser dividido em: desportos individuais, desportos coletivos, desportos de luta, desportos ao ar livre, desporto adaptado ou desporto de confronto direto (Renato & Pires, 2017). O desporto está presente na nossa sociedade desde há pelo menos 3000 anos. Começou por ser utilizado no treino para a guerra e a caça, fazendo assim parte da formação dos antigos guerreiros. Apesar de não haver uma total certeza de qual foi o primeiro ano em que se realizaram os jogos olímpicos, o primeiro registo é de 776 a. C., sendo estes jogos compostos por corridas humanas, corridas de carroças, *wrestling*, salto, lançamento do disco e do dardo, entre outros (Bellis, 2018).

#### 2.1.2 FUTEBOL

É um jogo disputado por duas equipas de 11 jogadores, em que cada uma das equipas tenta ganhar o jogo ao introduzindo a bola na baliza da equipa adversária (Cambridge Dictionary, 2018). As equipas são compostas por guarda-redes, defesas, médios e avançados. Não existe a possibilidade de serem utilizadas as mãos por qualquer jogador de campo, sendo só permitido ao guarda-redes utilizar as mãos dentro da grande área. Além das duas equipas que disputam o jogo, existe também uma terceira equipa fundamental, a equipa de arbitragem. Esta equipa é composta por pelo menos um árbitro principal e dois fiscais de linha, um em cada lado do campo, cada um só percorrendo metade do campo (existem exceções ao número de árbitros e de jogadores nos escalões de formação). O objetivo desta equipa é tornar o jogo limpo e transparente, de acordo com as regras predefinidas. Cada parte é composta por 45 minutos, podendo o árbitro adicionar tempo adicional, caso haja alguma paragem de longa duração no decorrer do jogo. Cada equipa tem também uma equipa técnica que a prepara para o jogo, controla a tática do jogo e as substituições no decorrer da partida (máximo de três).

O início oficial do futebol remonta a 1863, em Inglaterra, quando foi fundada a Football Association (FA). A história de seres humanos a chutarem bolas, remonta aos sécs. III e II a. C., pois então já existia, na China, um jogo em que era necessário controlar uma bola com os pés em exercícios militares, cujo nome era *Tsu'Chu*, sendo o objetivo introduzir uma bola numa rede de 30-40cm. Outro tipo de jogo do mesmo género, chamado *Kemari*, foi praticado no Japão, uns tempos mais tarde. Este jogo era um pouco diferente, pois os jogadores estavam dentro de um círculo e o objetivo era não deixar a bola cair ao chão. Outros exemplos de jogos deste tipo, foram o grego *Episkyros* e o romano *Harpastum*, em que se jogava dentro de um retângulo que limitava o campo, com o objetivo de fazer a bola ultrapassar o limite do campo adversário (FIFA.com, 2018).

### 2.1.3 FUTEBOL PROFISSIONAL

Apesar da fundação da FA ,em 1863, o futebol não se tornou automaticamente profissional. A maior parte dos clubes não tinha sequer um jogador profissional e todas as competições eram amadoras. Uma das regras da FA era mesmo manter o futebol amador, de modo a proteger o espetáculo da influência das classes mais altas, não permitindo assim que o dinheiro controlasse o futebol. Em 1884, dois clubes foram expulsos da FA, por não respeitarem a regra de não pagarem aos jogadores, mas devido a esta prática se ter tornado bastante comum, no ano seguinte, a regra acabou por desaparecer e o profissionalismo no futebol tornou-se numa realidade. No resto dos países, o profissionalismo, tal como o futebol, só começa a aparecer um pouco mais tarde: em 1954, na Holanda, em 1963, na Alemanha ou em 1932, em França (Britannica Encyclopedia, 2019).

Na atualidade, o futebol profissional está bastante desenvolvido, sendo um “mundo” que mexe com milhares de milhões de euros e com fãs em todo o mundo. A 15 de Dezembro de 1965, foi fundada pelas associações de futebolistas profissionais de França, Escócia, Inglaterra, Itália e Holanda, a FIFPro. A FIFPro é presentemente a maior organização de futebolistas profissionais e visa proteger os interesses dos jogadores. Atualmente, é composta pela maior parte das organizações de jogadores profissionais de cada liga. Durante toda a sua existência, esta organização foi fundamental em políticas de transferências e contratos dos jogadores, tendo estado presente em negociações críticas e alterações fundamentais deste desporto (FIFPro.org, 2019).

Sendo o futebol o desporto com o maior número de adeptos no mundo, os salários dos jogadores tornaram a profissão de jogador de futebol numa das mais bem pagas do mundo, sendo os seus salários astronómicos. Em 2018, os cinco jogadores mais bem pagos do mundo foram: Paul Pogba (25 milhões de dólares/ ano), Gareth Bale (28,6M), Cristiano Ronaldo (61M), Neymar Jr. (73M) e Lionel Messi (84M) (Forbes.com, 2018).

### 2.1.4 DESAFIOS PARA A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NO FUTEBOL PROFISSIONAL

É muitas vezes reconhecida a dificuldade em desenvolver sistemas de informação adequados para o futebol. Na vertente do desenvolvimento dos jogadores, algumas das limitações são as muitas variáveis necessárias para ter um nível de precisão adequado. Fatores internos, como o género, a idade, a maturidade, a predisposição. Fatores externos, como a temperatura, a humidade, a altitude, a condição do terreno. São apenas algumas variáveis. Se adicionarmos a velocidade, a resistência, a força e muitos mais fatores que irão influenciar o desempenho e o desenvolvimento do atleta, iremos verificar que a quantidade de dados produzidos pelo sistema de informação serão demasiados para poderem ser analisados por um ser humano, levando assim à necessidade de utilizar técnicas como a *data mining* e a *data pre-processing*, de maneira a tornar todos estes dados de leitura possível para um treinador de futebol (Fister, Ljubič, Suganthan, Perc & Fister, 2015).

Um clube de futebol é uma organização bastante ampla e complexa, levando assim também a uma maior dificuldade de criação de um sistema de informação com capacidade de ligar os diferentes departamentos do clube. Ligar departamentos como o *marketing*, as finanças, o departamento médico e por aí em diante, é algo bastante complicado e que leva a um investimento astronómico, sendo assim mais difícil ter este tipo de sistemas de informação. Atualmente, não existem muitos estudos nem desenvolvimentos, da parte dos sistemas de informação, para clubes de futebol, tornando assim ainda mais difícil de entender como serão desenvolvidos estes sistemas de informação (Yang, 2011).

Um dos problemas da sua implementação, é a possibilidade de virmos a ser ultrapassados por máquinas e que com elas venha um desporto completamente diferente. Existe pois, devido a isso, uma desconfiança em reelação à utilização das tecnologias no futebol. Seja pela possibilidade de os técnicos serem substituídos ou pela possível substituição dos olheiros e observadores. Um caso

curioso, relativo a estas hipóteses, verificou-se na associação de clubes a um famoso jogo, chamado *Football Manager*, da Sports Interactive, em conjunto com a Prozone (Keith Stuart, 2014). Conhecido pela sua larga base de dados de jogadores e previsão correta do desenvolvimento de jogadores a longo prazo, vários clubes usufruem das componentes deste jogo, mostrando assim que estamos a ficar muito próximos de um salto tecnológico neste desporto.

Qualquer sistema desenvolvido com base em tecnologias de IA é de um nível de complexidade avançado. Devido à complexidade dos processos e ao aumento dessa complexidade, não há possibilidade de desvendar na totalidade como tudo decorreu e funcionou, levando assim a uma pior avaliação de tudo (Lufkin, 2017). Sendo assim, sofreremos de uma maior dependência da “máquina pensante”. Tendo estes sistemas como principal suporte, será necessário ter um alto nível de controlo de quais os resultados e do porquê de terem sido gerados.

Um grande problema, no desenvolvimento inicial dos sistemas de IA, foi a baixa capacidade computacional. Havia teorias e conhecimento, mas não havia máquinas com a capacidade de processamento necessária. Com a evolução atual, também se espera que o crescimento seja um pouco lento. Aliado à falta de capacidade computacional, existe a falta de pessoas com formação nestas áreas, para se conseguirem desenvolver de maneira constante e ajudarem as equipas a terem uma maior vantagem competitiva. Apesar dos últimos anos terem mostrado um interesse e investimento nas tecnologias, é preciso continuar a investir e a aumentar a formação dos profissionais (Marr, 2016).

Existe um aumento de competitividade, maior do que nunca, no panorama atual do futebol profissional. Para isso continuar, é necessário que os clubes acompanhem as evoluções tecnológicas, de maneira a potenciarem ao máximo o desempenho individual e coletivo. Existem lesões que podem ser prevenidas, de modo a salvaguardar os atletas e a os ajudar a desenvolverem com a maior precisão possível todas as suas capacidades, podendo assim aparecer atletas que consigam rivalizar com os atletas que têm o maior número de recordes, como Cristiano Ronaldo e Lionel Messi. O desempenho das equipas é o que faz os fãs irem ao estádio e desfrutarem deste jogo. Será então importante evoluir neste aspeto, de maneira a fazer elevar o chamado “desporto rei”. As instituições desportivas que identificarem quais as ferramentas mais adequadas a cada um dos aspetos: tático, técnico, físico, psicológico, de treino, do jogo, da formação, da observação, entre outros, serão aqueles que terão vantagem *a priori*, pois terão à sua disponibilidade a maior quantidade de informação possível que caberá aos treinadores pôr em prática no campo. Quanto maior for a qualidade do jogo, mais fãs terá o clube.

Será assim também necessário, focarmo-nos na satisfação desses adeptos que fazem girar o clube. Só com uma forte massa de adeptos é que existirá uma atratividade para patrocínios e se poderão obter receitas de sócios e simpatizantes. A otimização do serviço ao cliente, a personalização da experiência e a adaptação estratégica ao fã será sempre benéfica para o entretenimento dos adeptos. Provavelmente, o desenvolvimento do jornalismo e o aumento da participação da interação entre a equipa/ o clube e os adeptos levará ao crescimento da satisfação do público, no estádio e em casa, aumentando assim a sua lealdade. A evolução tecnológica também poderá originar uma maior segurança nos estádios, prevenindo, assim, que aconteçam incidentes quando há um qualquer tipo de ameaça e tornando o futebol num jogo mais seguro.

Para haver segurança e tranquilidade no futebol é necessário facilitar o trabalho do árbitro e tornar o jogo o mais justo possível. Apesar de ser discutível se o VAR veio melhorar o futebol ou não, podemos verificar, com a experiência em algumas das principais competições da UEFA, que em vários momentos importantes de decisão, esta tecnologia tornou o futebol mais justo, mais imparcial e com uma máxima precisão. Estes tipos de evoluções no futebol são importantes. As decisões de campeonatos e taças, de forma imparcial e com decisões corretas, tornam o desporto mais atrativo e respeitável. O futebol nem sempre é justo para as equipas que disputam os jogos, por vezes, uma equipa tem uma prestação melhor e não ganha, Será preciso é acabar com as injustiças que acontecem por erro humano e, para isso, será necessário munir as equipas de arbitragem das ferramentas que permitam o melhor e mais preciso julgamento. Este tipo de tecnologias não surge como substituição do fator humano, vem sim reduzir o erro no julgamento.

## 2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

### 2.2.1 CONCEITOS

Nos anos 50 do séc. XX, Marvin Minsky e John McCarthy, considerados os pais da Inteligência Artificial, definiram-na como qualquer atividade desempenhada por um programa ou máquina, que caso tivesse sido realizada por um ser humano, este teria de ter utilizado a inteligência para a realizar (Nick Heath, 2018).

O estudo do ser humano e da sua evolução, tal como a do ambiente que o rodeia, remonta a muitos séculos atrás. Sempre houve vários filósofos, cientistas e físicos que lutaram por esclarecer a matéria (física), a consciência (psicologia) e a vida (biologia). Nomes como Einstein, Freud, Darwin, Crick, Skinner, entre outros, estudaram cada uma destas ciências da natureza. A IA não está separada disso e baseia-se em conhecimentos adquiridos ao longo dos séculos, através destes nomes famosos que construíram o edifício científico atual. Para além de o homem sempre se ter preocupado em estudar e descobrir estes conceitos, também existe uma preocupação com a criação de objetos artificiais, surgindo assim as ciências do artificial. O ser humano tem medo do desconhecido, levando assim a uma maior dificuldade na aceitação da mudança e da novidade. No caso da IA, também existe essa desconfiança e reticência em aceitar a existência de máquinas pensantes (Simon, 1997).

Sendo assim, a maioria dos sistemas de IA tenta replicar um dos seguintes comportamentos da inteligência humana (Variawa, 2019):

- Planeamento.
- Aprendizagem.
- Raciocínio.
- Resolução de problemas.
- Representação do conhecimento.
- Perceção.
- Movimento.
- Manipulação.
- Inteligência social;
- Criatividade.

A maior parte dos sistemas de IA só tem a capacidade de se focar numa única tarefa, estando assim muito longe de demonstrar a capacidade de aprendizagem de um ser humano. Devido à sua capacidade sensorial, o ser humano consegue ter um vasto conhecimento do seu meio envolvente, sendo isto o que a IA tenta replicar, estando ainda bastante longe de o conseguir, na sua plenitude (Borges, 2018).

Um dos exemplos das limitações da inteligência artificial, através de *machine learning*, é o sistema conseguir traduzir a palavra “caneta” para diversas línguas, mas não saber qual o propósito da utilização desse mesmo objeto.

Existem diferentes paradigmas nesta tecnologia emergente, não podendo ainda afirmar-se quais os mais corretos, mas sim tirar proveito de cada um deles, utilizando o mais adequado para cada problema específico ou a combinação de vários para alcançar o objetivo ótimo. Nesta dissertação, iremos focar-nos em três principais abordagens que demonstraram relevância para a IA. Serão elas, a abordagem computacional ou simbólica, a abordagem conexionista e a abordagem biológica (Costa & Simões, 2004).

## **Abordagem Simbólica ou Computacional**

A metáfora computacional, em que se baseia a abordagem computacional, considera a inteligência como computação. Allen Newell e Herbert Simon são os defensores de que a mente humana são instâncias de uma família de artefactos chamados Sistemas Físicos Simbólicos (SFS). São estruturas simbólicas que representam o conhecimento, tendo a capacidade de compor, com o passar do tempo, novas estruturas. Definida a inteligência como a soma dos processos e das estruturas simbólicas, o símbolo não é limitado aos sistemas simbólicos humanos. Existem quatro processos possíveis: a cópia, a criação, a destruição e a modificação dos símbolos nas estruturas (Newell & Simon, 1976). O homem tem de se adaptar para sobreviver. Basicamente, os SFS vivem num determinado ambiente, recebem estímulos e percepções que são filtrados e organizados internamente por estruturas, que processando toda essa informação realizam uma atividade baseada nessas estruturas, com vista a um objetivo, definido interna ou externamente. Sendo essa situação repetida indefinidamente (Sun, 2000), esta abordagem é geralmente realizada por programas que se baseiam no mundo real, existindo então uma correspondência direta entre a representação simbólica e os objetos do mundo.

## **Abordagem Conexionista**

Olhando para a metáfora conexionista, segundo Rumelhart e McClelland, a inteligência é uma propriedade emergente das interações de um número elevado de unidades elementares de processamento (Rumelhart & McClelland, 1986). Baseando-se assim esta abordagem no funcionamento dos neurónios humanos, compostos por núcleo, corpo celular, dendrites e axónio. Através das suas dendrites, os neurónios recebem sinais positivos ou negativos de outros neurónios, transformando-os em voltagens elétricas e transmitindo-as ao seu corpo celular. Esses sinais serão somados ou subtraídos, consoante o seu valor, ao estado do neurónio. Caso esse valor chegue a um nível superior ao seu limiar, então, o neurónio dará o alerta, transmitindo o sinal elétrico através do seu axónio até às sinapses. As sinapses permitem as ligações químicas entre o axónio e as dendrites de outro neurónio. Sendo esta uma transmissão do sinal químico, é necessário passar de elétrico a químico, sendo este processo assegurado por um neurotransmissor. Repetindo-se este processo a cada novo neurónio (McClelland, 1988).

O nosso cérebro é formado por um vasto número de neurónios interligados. O cérebro humano, apesar de ser bastante mais lento do que um computador, consegue processar níveis complexos de tarefas, devido à sua capacidade distributiva e paralela, algo que o computador não tem, pois foi criado para seguir uma sequência de instruções. Os computadores compensam esta sua diferença através da sua extrema velocidade de processamento, realizando as suas operações em série (Luo, 2018).

Em 1943, foi criada a primeira versão de um neurónio artificial, por McCulloch e W. Pitts. Este neurónio tem entradas (dendrites), que têm associados pesos (simulação do sinal elétrico) que, tal como os neurónios, enviará um sinal de alerta à sua saída, caso esse valor ultrapasse o seu limiar. Atualmente, existe uma variedade de neurónios artificiais com um lado subjetivo. Para classificar as redes neuronais, existem três características fundamentais: a ligação entre os neurónios (topologia), o modo como ficam ativos ou inativos (função de ativação) e a forma sob a qual modificam os seus elementos (dinâmica de rede) (McCulloch & Pitts, 1943).

Nas abordagens conexionistas, há dois grandes tipos de representações, local ou distribuída. A representação local é cada unidade simples que representa diretamente um aspeto do mundo e a representação distribuída é cada unidade elementar que pode estar ligada a mais do que um aspeto do mundo, podendo várias unidades ser usadas para representar um dado aspeto do mundo. Numa dada rede neuronal, de abordagem local, com  $n$  unidades, podem ser representados  $n$  objetos do mundo, na abordagem distribuída, são  $2^n$  os objetos a poderem ser representados. A maior diferença

entre esta abordagem (conexionista) e a anterior (simbólica) é esta última não modelar a realidade a nível simbólico.

### **Abordagem Biológica**

Por último, temos a abordagem biológica. Baseia-se na teoria de Darwin, mais tarde aperfeiçoada por Mendel, que se refere à seleção natural, isto é, aos indivíduos que com uma maior capacidade de adaptação serão os mais propensos a sobreviver (Gershgorn, 2017). Os operadores genéticos modificam o material genético na reprodução – sendo os operadores mais relevantes, a mutação e a recombinação –, aumentando a sua probabilidade de sobrevivência.

Neste tipo de abordagem, partimos de um conjunto de indivíduos (população), que evolui ao longo do tempo, de acordo com a teoria referida anteriormente. Cada indivíduo é composto por cromossomas, que são compostos por genes que assumem diferentes alelos. Cada indivíduo tem um grau de mérito (ou qualidade) que define a sua capacidade de adaptação, ou seja, de sobrevivência. Alguns exemplos de abordagens são a programação genética de Koza, em 1992, as estratégias evolutivas de Rechenberg, em 1989, a programação evolucionária de Fogel, em 1986, e a computação evolutiva: os algoritmos genéticos de Holland, em 1975.

Os cromossomas são a representação do mundo, sendo necessário descodificar um cromossoma (genótipo) para chegarmos ao indivíduo depois da sua evolução (fenótipo).

### **2.2.2 ÁREAS**

De acordo com autores como Jim Hendler, Jana Koelher, Ronald Brachman, Hector Levesque, Léon Buttou, John Funge, Xiaoyuan Tu, Demetri Terzopoulos, Wolfgang Bibel, entre outros, apresentam-se, em seguida, as áreas mais relevantes da IA no panorama atual.

#### *General Game Playing*

O principal objetivo desta área é construir computadores com a capacidade de praticar vários jogos da melhor maneira possível (Wiechowski, Park, Mańdziuk & Kim, 2015). No passado, verificámos o desenvolvimento de máquinas que conseguiram derrotar os melhores seres humanos no seu próprio jogo. O *Deep Blue* da IBM, computador especialista no jogo de xadrez, derrotou o campeão mundial (Greenemeier, 2017). O problema é que este computador não tem qualquer capacidade de praticar qualquer outro jogo. Por isso mesmo, esta área foca-se na construção de máquinas inteligentes, com a capacidade de se adaptarem aos diferentes jogos, mesmo que só saibam as regras antes do início do jogo, mas mesmo assim consigam ter um desempenho ao melhor nível possível. Será então necessário, utilizar também outras áreas da IA, como a representação do conhecimento, do raciocínio e das decisões racionais, de modo a possuir a adaptabilidade necessária para jogar os diferentes jogos (Genesereth, n. d.). Esta área permite também ter a noção do ponto em que estamos na evolução da representação da inteligência humana.

#### Planeamento

Na base de muitas abordagens da gestão, está o planeamento da gestão, visando reduzir ao máximo os custos e obtendo assim o máximo lucro. Seja no planeamento de inventários ou no planeamento de rotas de distribuição, o planeamento está no centro de disciplinas como a investigação operacional ou a gestão de produção e operações. Com a IA, foram alteradas e

aperfeiçoadas as abordagens aos planeamentos, mantendo-se como base alguns princípios fundamentais, tais como: nunca se atinge um estado perfeito, ordem de prioridade e análise de risco e antecipação de eventos externos (Boutilier, 2002). O planeamento parte de um estado inicial com um objetivo específico em vista, sendo o fim, delinear qual a melhor abordagem para atingir o objetivo desejado, com o menor custo possível. Jim Hendler e Jana Koelher afirmam que, no ramo das IA, *planning* poderá ser definido como: “o projeto do comportamento de uma entidade que atua, seja ela um indivíduo, um grupo ou uma organização” (Jim et al., 1996).

### Representação do Conhecimento e do Raciocínio

Para se compreender toda a complexidade desta área, precisamos de a dividir em três: conhecimento, representação e raciocínio.

Desde há muito tempo que é questionado qual o verdadeiro significado de conhecimento, havendo ainda uma discórdia sobre qual será a sua verdadeira definição. Para introduzir a compreensão do conhecimento numa máquina, é preciso perceber primeiro que falamos do conhecimento como a junção de um agente que possui o conhecimento a uma preposição. Uma proposição tem a capacidade de ser verdadeira ou falsa e certa ou errada. Demonstra diferentes níveis de intensidade e interpretações, dependendo da atitude e da forma da proposição. “O Rui tem medo de...” e “O Rui sabe que”, são preposições com os mesmo conteúdo, mas com formas diferentes, que são interpretadas de formas diferentes (R. Brachman & Levesque, 2005).

A representação tem uma ligação à visualização e à interpretação de um símbolo ou de uma referência. Isto é, assumimos que ao termos um certo estímulo o associamo-os a um significado encoberto. Por exemplo, a representação do símbolo de um hambúrguer e de um refrigerante, é imediatamente associada a uma cadeia de comida pronta a comer. O segundo significado (ser uma cadeia de comida pronta a comer) sobrepõe-se ao primeiro (hambúrguer e bebida) (Brachman & Levesque, 2004). A **Representação do Conhecimento** é a simbologia codificada das preposições e das proposições que são creditadas por um agente.

O terceiro complemento deste ramo foca-se na capacidade de manipular a informação adquirida previamente e, através dessa manipulação, formular e construir soluções para novas incógnitas (Bottou, 2014). Por exemplo, ao manipular-se a informação: “O Rui conhece a Rita” e “A Rita vai ao jogo”, deduzir que “A pessoa que o Rui conhece vai ao jogo”. Esta informação é contruída com a informação disponível, criando um novo conhecimento e uma nova compreensão da realidade.

### Robótica

Os seres humanos conseguem compreender o que os rodeia e tomar decisões baseados nisso. O grande objetivo da IA e da Robótica é construir *robots* com a capacidade de interagirem com os seres humanos, de maneira a libertá-los de tarefas difíceis, monótonas e perigosas (Nocks, 2007). Complementando-se com as outras técnicas de IA, esta área poderá originar uma mudança no futuro do futebol. Ao construirmos *robots* com a capacidade de aprenderem a imitar os movimentos das equipas adversárias, teremos uma melhor preparação durante os treinos, podendo, assim, enfrentar os adversários antes de os encontrarmos em campo. Um *robot* é um agente que poderá ser mecânico ou virtual que é controlado por um programa de computador ou um circuito elétrico, sendo a robótica o ramo que se preocupa com a conceção, a operacionalidade e a aplicação do *robot*, criando também o programa de controlo desse mesmo *robot*, a sua parte sensorial e o processamento da informação (Agarwal, 2014).

## Computação Cognitiva

Este ramo da IA preocupa-se em modelar e criar máquinas com capacidades cognitivas. Ou seja, mais do que modelar comportamentos, o objetivo é construir seres extremamente autônomos, com a capacidade de aprenderem e de agirem de maneira correta, de acordo com o conhecimento adquirido previamente. Simplificando, existem dois aspectos neste ramo que são o conhecimento, ou seja, a administração da percepção do mundo que o rodeia e o modo como esse mundo poderá mudar o comportamento do agente, ou seja, levando-o a comportar-se de uma certa maneira, consoante as variáveis e os objetivos (Fung, Tu & Terzopoulos, 1999).

### *Natural Language Processing (NLP)*

Os seres humanos conseguem escrever, ler e descobrir padrões no texto, o objetivo da NLP é que os computadores consigam fazer como um ser humano (Garbade, 2018). A dificuldade deste método é que os seres humanos não falam em língua binária, ou seja, é bastante mais complexo para um computador aprender o que escrevemos (Seif, 2018). É algo complexo, pois os computadores “leem” as coisas de modo mais literal do que nós o fazemos. Por exemplo, “O Ronaldo é um monstro”, este tipo de frase é fácil de entender para um ser humano, pois monstro é uma forma de dizermos que é um atleta de um nível bastante alto, mas, para um computador, será mais difícil ter uma boa interpretação da expressão (Wasow, Perfors & Beaver, 2005). No âmbito da NLP, existe uma técnica chamada análise sentimental, essa análise poderá ser bastante reveladora, caso seja utilizada pelos clubes para terem uma noção da opinião dos fãs.

### Visão Computacional

Os seres humanos veem e processam o que viram. O objetivo desta técnica é conseguir que o computador ou a máquina extraia informação da imagem (Prince, 2012). Isto é bastante complexo de se obter. É uma técnica utilizada para reconhecer eventos através de imagens, em que, por exemplo, se percebe a movimentação de uma equipa através das imagens de vídeo. Apesar de ainda estarmos longe de atingir a capacidade da visão humana neste campo, já existem algumas aplicações de sucesso da visão computacional, como a captação do movimento, a vigilância, as inspeções a máquinas ou o reconhecimento de impressões digitais (Szeliski, 2011).

### *Information Retrieval*

A *Information Retrieval* é a capacidade de recuperar matéria de natureza não estruturada, de um vasto arquivo, de modo a satisfazer uma necessidade de informação (Stock & Stock, 2013). De uma maneira simplificada, a utilização de ferramentas, como a pesquisa Web, para recolher informações relevantes para uma dissertação, é um exemplo de uma utilização desta área por um ser humano normal. É uma área que facilita e permite uma maior abrangência do conhecimento, quando recolhidas passadas nos levam a estruturar de uma melhor maneira necessidades futuras. A utilização da IA nesta área permite que haja um melhor desempenho do método de recolha de informação, pois será necessário lidar com vários formatos e tipo de dados não estruturados, facilitando assim o acesso ao conhecimento de um vasto universo de informação armazenada (Rijsbergen, 1979).

## Computação Afetiva

Na interação entre seres humanos e *robots* ou computadores é importante considerar toda a parte emocional e a predisposição, de modo a melhorar essa mesma interação. O comportamento humano é fundamental para o desenvolvimento de um *Ambient Intelligence Environment*. Tendo as emoções e o comportamento humano como fatores, toda a interação entre o homem e a máquina poderá ser mais personalizada e de melhor qualidade, satisfazendo assim as necessidades do ser humano (epia2019.utad.pt, 2019).

## Reconhecimento da fala

Um ser humano consegue falar e ouvir, através do discurso, para comunicar com os outros. O objetivo desta área é ensinar o computador a processar dados através de áudio, de modo a substituir ou complementar a análise do texto. A Google e a Apple são bastante conhecidas neste tipo de tecnologias. Basicamente, o reconhecimento da fala é a capacidade que uma máquina tem de, ao ouvir o que dizemos, desencadear uma ação consequente com o *input* feito, através da nossa voz, tudo isto, através da transformação das ondas sonoras em números possíveis de serem interpretados por um computador (Geitgey, 2016).

## *Machine Learning*

É, de uma forma simples, o estudo da capacidade de aprendizagem autónoma de uma máquina, através da experiência, partindo de informação adquirida *a priori* (Marr, 2016). É um método de fazer evoluir tudo o que sabemos, treinando as máquinas repetidamente, até se atingir um máximo de conhecimento. Por exemplo, complementando a Visão Computacional com a *Machine Learning*, conseguiremos treinar um computador para perceber, através de imagens, quais são os movimentos em que a nossa equipa é menos eficaz defensivamente, facilitando assim a evolução e melhorando a nossa *performance*. Consiste em fazer evoluir a inteligência da máquina, através de experiências, levando-a a ser cada vez mais inteligente nesse ramo (Hastie, Tibshirani & Friedman, 2009). Uma evolução da *Machine Learning*, discutivelmente, uma nova área de IA, é o ***Deep Learning***. Consiste em conseguir educar os algoritmos para funcionarem de forma semelhante ao “cérebro humano”. O computador repete a tarefa inúmeras vezes, melhorando cada vez mais o *output*. Sendo as últimas camadas já não introduzidas por um ser humano, mas sim desenvolvidas pela máquina (LeCun, Bengio & Hinton, 2015).

## *Automated Theorem Proving*

Esta área começou por aparecer como um fruto da necessidade de provar teoremas matemáticos, tendo atualmente já ultrapassado isso, englobando muito mais (Lerner, 2004). O objetivo desta área é reproduzir em máquinas o intelecto humano necessário para resolver enigmas, pois o ser humano é dotado de capacidades adquiridas, com a sua experiência e vivência, acabando por tirar conclusões acertadas sem a necessidade de um conhecimento prévio da totalidade do problema (Plaisted, 2014). A abordagem mais conhecida é a lógica, que segue regras lógicas na interpretação do problema, assumindo algumas premissas, devido ao conhecimento passado do ser humano, sendo este conhecimento prévio não muito fácil de ser duplicado quando se utilizam máquinas pensantes (Bibel, 1987).

## Fundações da IA

O ramo das fundações da IA visa questionar os princípios da IA (Kirsh, 1991). Para se evoluir numa área como a IA, em que coexistem vários paradigmas, estudos, teorias e metodologias, é necessário questionar e compreender se os seus fundamentos são realmente corretos ou não. Questionar o porquê das coisas é um dos princípios básicos com que a sociedade humana aprende e se desenvolve. No âmbito da IA, tal não será diferente, sendo necessário questionar e reavaliar aquilo que aprendemos, de maneira a termos uma maior certeza acerca de sabermos se realmente retirámos tudo o que tínhamos a retirar da nova aprendizagem ou não e se o que retirámos foi o correto. É uma área da IA que está ligada às diferentes áreas de conhecimento do mundo, tais como a filosofia, a matemática, a economia, a neurociência, a psicologia, a engenharia computacional, a teoria do controlo, a cibernética e a linguística (Russel & Norvig, 2010), fazendo-se assim uma interligação às diferentes áreas científicas.

### 2.2.3 IA NO DESPORTO

A IA tem evoluído a um ritmo elevado e mostrado a sua preponderância nos mais diversos sectores. O desporto é um dos sectores em que também se verifica esta evolução da preponderância das máquinas inteligentes. Existem já várias aplicações de IA no desporto, tais como *chatbots* como o KAI (Kings Artificial Intelligence), visão computacional na NASCAR, jornalismo desportivo automático na Minor League Baseball (MiLB) ou utilização das *wearable technologies* no boxe (Sennaar, 2019). Este tipo de tecnologias tem vindo a ter influência no desempenho dos atletas, melhorando toda a análise das características físicas e psicológicas dos atletas, na experiência dos fãs, através da personalização das experiências e da rápida disponibilização automática dos melhores momentos de uma partida, e na justiça desportiva, através do apoio aos árbitros, proporcionando assim uma maior verdade desportiva e reduzindo a taxa de erro nas decisões de maior dificuldade. A utilização dos dados já provou no passado que pode ser fulcral para a análise desportiva e a obtenção de vantagens competitivas em vários desportos, por isso, num mundo em que existe cada vez uma maior competitividade, a utilização de tecnologias com capacidade antecipadora e analítica é imprescindível (Dhar, 2018). A utilização da IA no desporto faz parte da evolução tecnológica que vivemos e tem vindo a aprimorar desportos centenários. Apesar de ainda haver uma grande distância até à capacidade de quantificar todos os tipos de dados necessários para prever qualquer atividade desportiva, com um nível de precisão perfeito, no futuro, as máquinas terão uma capacidade antecipadora, de alto nível, em qualquer evento desportivo e, enquanto os desportos tiverem um elevado número de fãs, haverá um negócio com lucro e enquanto houver lucro, haverá um investimento na evolução tecnológica do desporto (Joshi, 2019). Em seguida, apresentam-se alguns exemplos ilustrativos da capacidade e influência das tecnologias de IA que já evidenciam as vertentes do desempenho, da experiência dos fãs e da arbitragem no desporto.

#### **No desempenho das equipas**

##### *Moneyball*

Um dos primeiros exemplos de utilização da IA no desporto, aconteceu em 2002 nos Oakland Athletics, da Major League Baseball (MLB), nos Estados Unidos. Foi a primeira vez que uma equipa provou em campo as mais-valias da utilização da IA em resultados, tendo alcançado os *playoffs* em 2002 e 2003, com um orçamento bastante inferior ao de equipas como os *New York Yankees* (40 milhões de dólares vs 140 milhões de dólares) (Barra, 2017). A abordagem adotada pela equipa de Oakland baseou toda a construção do seu plantel em dados estatísticos. Numa altura em que as

equipas eram construídas com base na avaliação de observadores e olheiros com vastos currículos, Billy Beane decidiu mudar a sua abordagem, de maneira a poder competir com os clubes de topo da liga. O plantel e a equipa titular eram construídos com uma base estatística, batidas por corrida, foras por lançamento, *homeruns* por jogo, todos esses dados tendo estado na origem desta abordagem. Devido ao sucesso dos Oakland nestes anos, a maioria das outras equipas da MLB começou a utilizar *sabermetrics*, demonstrando assim o quanto a análise das variáveis pode impulsionar a *performance* de uma equipa e revolucionar o baseball americano. Os Oakland A's e Billy Beane criaram o conceito de *moneyball*, que se traduz em reconhecer o jogador mais valioso com um menor custo possível (Boylan, 2011).

## Second Spectrum

A maior parte das equipas da National Basketball Association (NBA) utiliza agora um sistema desenvolvido pela Second Spectrum. Esta tecnologia é explicada por Rajiv Maheswaran, CEO da Second Spectrum, numa *TED Talk* de 2015, em que é utilizado o termo de “pontos em movimento”. Rajiv explica como é difícil desenvolver um algoritmo que compreenda a 100% todos os movimentos utilizados no basquetebol, referindo-se mais concretamente à dificuldade de reconhecer o bloqueio. Foi utilizado um sistema em que a máquina recebe vários vídeos do que é concretamente um bloqueio e do que não o é, treinando-a assim, de modo mais preciso, acerca do que realmente é e não é o bloqueio. Atualmente, os treinadores com vários anos de experiência ao maior nível no basquetebol mundial, aceitam conselhos de uma máquina, algo que tem vindo a revolucionar a NBA. Este sistema permite também avaliar a qualidade do atirador e a dificuldade do lançamento, analisando a distância dos defesas, o ângulo de lançamento e a velocidade de lançamento, criando uma métrica para a probabilidade de sucesso. Utilizando este algoritmo, poderemos entender qual a qualidade real do atirador, comparando-a com a média de todos os outros (Jha, 2018).

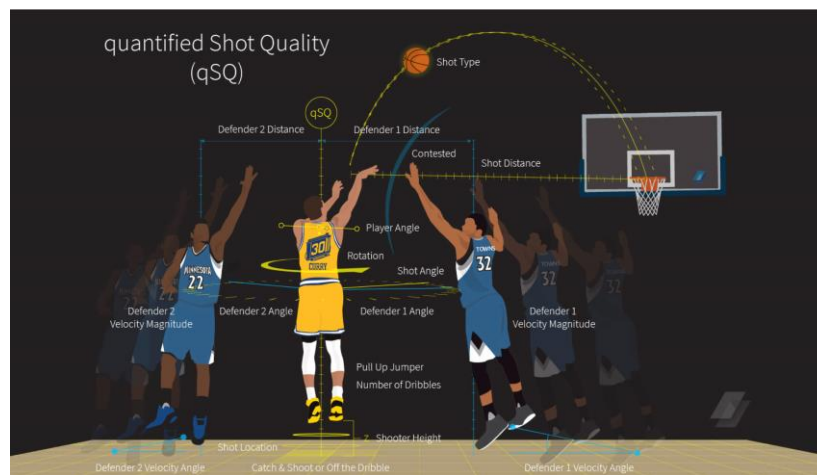


Figura 1 – *Quantified Shot Quality* da Second Spectrum (“Second Spectrum”, 2016)

## SAP Sports One

Outro exemplo de tecnologias utilizadas para alcançar o sucesso na alta competição é o SAP Sports One que foi utilizado pela seleção nacional alemã de futebol em 2014. Este sistema utiliza vídeos de jogos, com dados previamente adquiridos em jogos e treinos anteriores. Permitindo também filtrar informação acerca da ação de cada jogador, permitindo assim facilmente aos analistas e treinadores da seleção alemã identificarem padrões e as suas forças e fraquezas. Esta informação também foi disponibilizada aos jogadores e cada um tinha a sua *dashboard* para facilitar

a compreensão do seu desempenho (Robert Kidd, 2018). Este sistema também continha informação sobre o próximo adversário: jogadores, questões táticas, jogos anteriores e muito mais. É um sistema personalizado que facilita a compreensão do adversário e dá uma vantagem, ainda antes do apito inicial. Um dos objetivos da seleção alemã de futebol era melhorar a sua velocidade de passe, o que, com o SAP Sports One, conseguiram, ao reduzirem a sua média de posse de bola de 3,4 segundos em 2010 para 1,1 segundos em 2014 (Curtis, 2014).

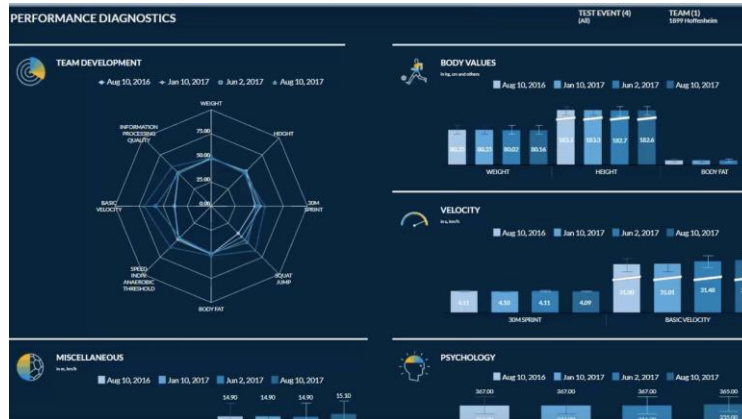


Figura 2 – SAP Sports One (“SAP Sports One,” 2019)

### Benfica LAB

Em Portugal, o Sport Lisboa e Benfica (SLB) tem sido o clube que mais tem investido no melhoramento e aperfeiçoamento da sua tecnologia, de modo a melhorar o desempenho em campo e a formação de futuras estrelas. As atividades como dormir (horas de sono), as refeições, as aptidões físicas e o estado psicológico são registados pelo clube, de modo a ter um maior conhecimento do estado geral do atleta, podendo assim personalizar o regime de treino de cada um e obtendo o melhor resultado possível desse mesmo treino. Para poder recolher todos estes dados, o SLB utiliza vários sensores (Datatrax, Biodex, entre muitos outros) que centralizam a informação necessária para caracterizar um jogador. Depois da recolha, todos os dados são inseridos num grande *SQL Data Lake*, no *data center* do clube, estando-se num processo de mudança de todos os dados para uma *cloud* (Anthony, 2017). O Benfica LAB utiliza a *machine learning*, mas ainda está a desenvolver o potencial da tecnologia. Uma das curiosidades do Benfica LAB é que é o único a utilizar uma tecnologia chamada *360s Simulator* (De Mey, 2016), em que o jogador está disposto num círculo central, recebendo uma bola enviada pelo simulador, dominando-a e colocando-a num local específico, iluminado no momento em que a máquina lança a bola, melhorando assim os reflexos e as reações dos jogadores e trabalhando também características específicas, como a receção, o passe e o remate.



Figura 3 – Benfica LAB (“Benfica LAB 360”, 2014)

## A melhoria da experiência dos fãs

### Wimbledon Messenger

A Inteligência Artificial está a ter impacto no desporto, não só na ótica do desempenho, mas também na da experiência dos fãs, mostrando-se cada vez mais importante na satisfação dos fãs durante os jogos ou eventos desportivos. O Wimbledon Messenger é um dos exemplos do que foi feito para melhorar a experiência dos fãs num evento de renome. É um *chat* em que os fãs poderão fazer perguntas, de modo a ver respondidas, da maneira mais rápida, as suas dúvidas. Existe também a possibilidade de receberem notícias sobre os seus atletas favoritos, de modo a estarem a par dos acontecimentos e acompanharem o rumo dos eventos (Samuels, 2018). Isto é uma indicação de que a IA está cada vez mais presente no dia a dia do desporto.



Figura 4 – Wimbledon Messenger (“Wimbledon Messenger”, 2017)

### NextVR

Uma das equipas pioneiras na utilização das tecnologias foi a Golden State Warriors da NBA. Atualmente, a Golden State Warriors é uma das poucas equipas que dispõe de câmaras de realidade virtual, permitindo assim aos seus fãs a sensação de estarem dentro do campo, mesmo que estejam sentados no seu sofá em casa. Esta tecnologia consiste na utilização de óculos de realidade **virtual**, em combinação com câmaras nos estádios, de forma a proporcionar uma visão de primeira fila, mesmo estando em casa. Utilizam-se câmaras desenvolvidas pela NextVR que permitem, assim, aos fãs uma melhor qualidade de jogo, mesmo não estando presentes na Oracle Arena, em Oakland (Collins, 2017).



Figura 5 – Next VR vision (“NextVR”, 2017)

## Tottenham Hotspur Stadium

Inaugurado em 2019, o estádio do Tottenham Hotspur, em Londres, é considerado o estádio tecnologicamente mais evoluído que alguma vez existiu no futebol. Sanjeev Katwa, responsável pela tecnologia do clube, afirma que o objetivo da construção deste estádio foi tornar esta estrutura num local onde os fãs não vão só ver 90 minutos de um jogo, mas sim, onde gostam de ir e gastar dinheiro (Samuels, 2017). Sendo um estádio que irá receber vários eventos, foi construído com piso com rolamentos que permite retirar o relvado de jogo, através de rolamentos, alimentados por motores, de modo a alternar-se entre o relvado e o piso sintético, podendo-se assim, numa hora, modificar o piso (Bradley, 2017). Outra das inovações do piso é a tecnologia do estádio que permite um crescimento perfeito do relvado, de modo a que se tenha a máxima qualidade em todos os jogos, possibilitando esta tecnologia que se evacue a água mais rapidamente, em caso de chuva ou, se for necessário, fornecer mais oxigénio ao terreno. Em termos de visibilidade para os fãs, estão disponíveis os dois maiores ecrãs da Europa Ocidental, com 317 m<sup>2</sup> cada um. Está também munido de 1800 ecrãs de HD: os ecrãs no campo serão utilizados para auxiliar os fãs, mas, no balneário, os números e nomes de jogadores estão também expostos em ecrãs, podendo ser alterados, consoante a equipa adversária. Os treinadores também terão disponíveis para si um ecrã, para lhes dar indicações táticas, melhorando assim a interatividade e análise do adversário. Estará também disponível para todos os fãs *WI-Fi* grátis, o que facilitará as comunicações no estádio ou as partilhas nas redes sociais. Esta ligação *WI-Fi* também apoia os trabalhadores do estádio, que podem estar contactáveis em qualquer parte do estádio (Bicheno, 2019). Ao utilizar a bilheteira, será também utilizado o historial dos fãs, de modo a criar um atendimento mais personalizado. De modo a modernizar-se, a direção decidiu que não seria possível usar dinheiro. A *app* do estádio tem um mapa do estádio e um sistema de navegação, de modo a facilitar o caminho dos fãs (Forsdick, 2019).

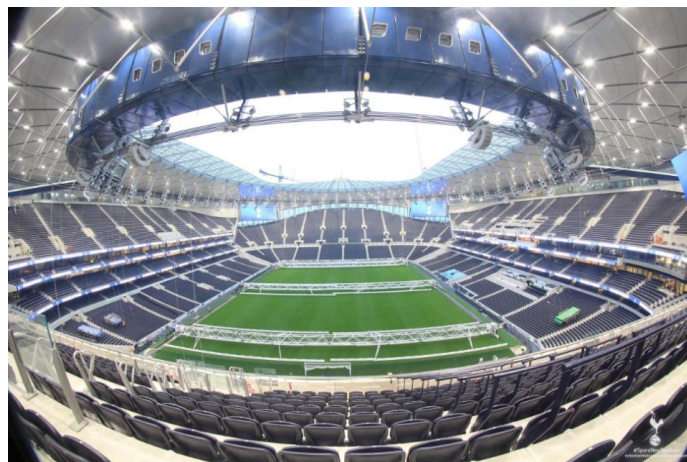


Figura 6 – No interior do novo estádio do Tottenham Hotspur (“Tottenham Stadium”, 2019)

## Sacramento Kings

Os Sacramento Kings (NBA) são uma das equipas desportivas que mais investiu na inovação tecnológica, sendo a sua arena, Golden 1 Center, uma das mais desenvolvidas do planeta (Kasler, 2016). O mais relevante a referir acerca da utilização deste estádio, é a *app* dos Sacramento Kings. Esta *app* permite aos fãs encomendar comida dos restaurantes do estádio, facilitando assim o consumo. É também uma *app* que indica o caminho mais rápido para o lugar, qual a casa de banho mais perto e com menor fila. É também possível chamar um Uber a partir da aplicação, tornando também a sinergia entre empresas parte do futuro das experiências de qualidade do fã. Vivek

Ranadive, presidente dos Sacramento Kings, tem como objetivo futuro, acabar com os bilhetes físicos e começar a utilizar o reconhecimento facial na entrada dos fãs no recinto, uma tecnologia que poderá vir a mudar também a segurança das instalações desportivas.



Figura 7 – Golden 1 Center (“Golden 1 Center”, 2017)

### Na melhoria da arbitragem

#### *Virtual Assistant Referee (VAR)*

Um dos maiores debates sobre a arbitragem no futebol foi acerca da introdução ou não deste auxiliar de decisão para o árbitro principal. O VAR é composto por uma equipa de quatro pessoas, o *Video Assistant Referee* (o principal) e três adjuntos que ajudam à interpretação da jogada no *Video Operation Room* (VOR). Cabe ao árbitro principal do jogo a decisão final e, em caso de necessidade, dispõe de um ecrã junto ao campo, para visualizar a jogada em questão (Cooke, 2018). É uma tecnologia com áudio e vídeo que ajuda os árbitros a tomarem as decisões corretas acerca de *penalties*, golos, foras de jogo e cartões vermelhos diretos. Esta tecnologia utiliza várias câmaras, dispostas no estádio, de modo a permitirem a análise da jogada de diversos ângulos. A inteligência artificial é utilizada na calibração do campo, de modo a permitir a introdução de linhas gráficas de apoio à decisão, aumentando assim o nível de precisão da decisão (laliga.es, 2019).



Figura 8 – Sala do FIFA World Cup VAR (FIFA/ Getty Images, 2018)

### *Goal Line Technology (GLT) e Goal Decisive System (GDS)*

Atualmente, há dois tipos de tecnologias a serem utilizadas no futebol com o mesmo propósito: ter-se realmente a certeza de que a bola ultrapassou na totalidade a linha de baliza. A GLT, introduzida na alta competição no Mundial de Clubes, em 2012, funciona através da utilização de uma rede de várias câmaras de alta velocidade que observam a bola dos diferentes ângulos, triangulando assim a sua posição e recriando a jogada em 3D (Silkin, 2019). Caso a bola ultrapasse na sua totalidade a linha de baliza, o árbitro é informado no seu relógio. A tecnologia utilizada no GDS é um *microchip* que é introduzido no interior da bola, comunicando com o árbitro através do seu auricular, emitindo um som caso a bola ultrapasse a linha de golo na sua totalidade, resolvendo assim também o problema dos “golos fantasmas” (Chakraborty, 2018).

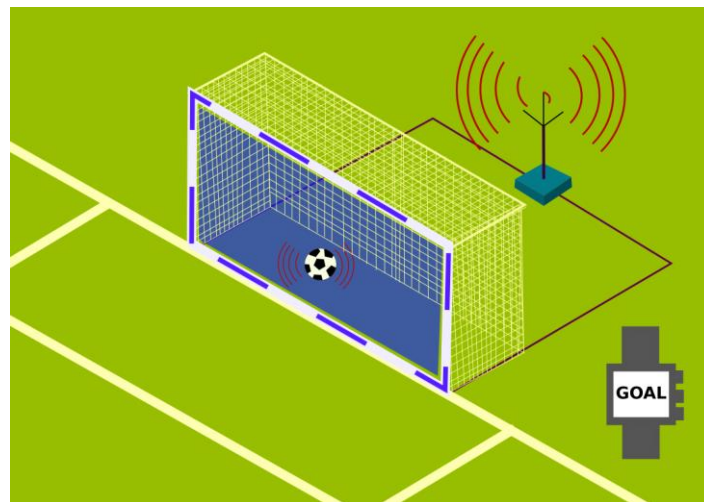


Figura 9 – Diagrama da *Goal Line Technology* (“Goal Line Technology Diagram”, 2018)

### 3. METODOLOGIA

Neste capítulo, apresenta-se a metodologia de investigação utilizada nesta tese. Existem diversas abordagens e paradigmas na aplicação das metodologias de pesquisa, não havendo unanimidade na abordagem mais eficiente para cada problema, pois é discutida qual a sua aplicabilidade na realidade, tendo esta mesma metodologia demonstrado resultados de qualidade nas áreas da engenharia, da *data science* e dos sistemas de informação (Vaishnavi, Kuechler & Petter, 2004). A metodologia escolhida foi o DSR (*Design Science Research*), a razão da escolha prende-se com o objetivo de a investigação ser a proposta de um artefacto para a utilização da IA no futebol.

Para tal, seria necessário utilizar uma metodologia que permitisse compreender quais são os artefactos que poderiam colmatar as necessidades atuais e futuras do jogo. A DSR permite compreender qual o núcleo do problema, pois tem em conta a viabilidade e preponderância das soluções apresentadas. A DSR é a metodologia mais adequada a este contexto, pois foca-se na procura de soluções para as necessidades, de um modo único e inovador ou através do aperfeiçoamento de soluções para problemas, de um modo mais efetivo e eficiente (Hevner, March, Park & Ram, 2004).

#### 3.1 DESIGN SCIENCE RESEARCH (DSR)

Esta metodologia começou por ter uma maior relevância, nos anos 90 do séc. XX, ao mostrar a sua importância na viabilização de estudos relacionados com a aplicação a sistemas de informação no decorrer da sua evolução.

A Design Science Research permite obter resultados, em virtude da aplicação de um modelo mental e da avaliação de soluções para os sistemas de informação, mostrando a sua consistência com a revisão da literatura e providenciando um modelo de processos nominal para a realização de uma DSR. É composta por seis fases: identificação do problema e motivação, definição dos objetivos para a solução, desenvolvimento e *design*, demonstração, avaliação e comunicação (Ken Peffers, Tuure Tuunanen, Marcus A. Rothenberger & Samir Chatterjee, 2007).

Para um melhor entendimento da DSR, será relevante compreender os conceitos de *Design Science* e de *Design Research*. A *Design Science* tem a responsabilidade da conceção e da validação de futuros sistemas, através da sua criação, da recombinação ou da alteração de produtos, *software*, processos e métodos, para o aperfeiçoamento das situações existentes. O *Design Research* é o método que instrumentaliza a construção do conhecimento (Lacerda, Dresch, Proença & Antunes Júnior, 2013).



Figura 10 – *Design Science Cycle* (Mendonça 2015)

Para melhor explicar a abordagem da DSR utilizam-se, em seguida, as diretrizes apresentadas na figura 10.

O processo inicia-se com a identificação e compreensão do problema. Começando por se ter um domínio do problema a estudar e dos seus desafios.

A segunda fase do processo consiste na sugestão de soluções para o estudo. É necessário recorrer a diferentes hipóteses que surgem do conhecimento adquirido por experiências anteriores e

da criatividade, utilizando como base a lógica abductiva, sendo necessário fazer inferências e descartar hipóteses (Amaral e Costa, 2017).

A fase do desenvolvimento tem por base a criação de artefactos, suscitados pelas sugestões do passo anterior, com o objetivo de solucionar os desafios.

Na penúltima fase, a fase de avaliação, avalia-se qual a fiabilidade que os artefactos anteriores têm para o estudo realizado.

Na última fase, os resultados obtidos são divulgados, de maneira a permitirem proporcionar um debate sobre o estudo. Caso seja considerado não existirem soluções para o estudo, poderá haver um recomeço do ciclo.

### 3.2 ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO

Utilizando a DSR como metodologia orientadora deste estudo, podemos ilustrar a aplicação das cinco fases relativas a este trabalho, tal como se apresentam na figura 11.

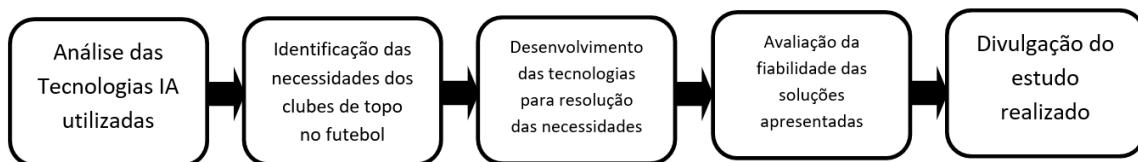


Figura 11 – Aplicação da DSR à investigação realizada

Na etapa “Problem Awareness”, tendo em vista a compreensão dos próximos passos a tomar na criação dos artefactos necessários para os clubes de topo, foram analisadas as tecnologias da IA, com o objetivo de compreender qual a realidade do futebol profissional, no âmbito da implementação das ferramentas e dos métodos utilizados, tendo sido feita a identificação das necessidades dos clubes de topo do futebol profissional.

Na etapa “Suggestion”, foi criado um referencial, traduzido numa tabela, que incorpora as necessidades dos clubes de topo do futebol e as áreas da IA mais relevantes.

Na etapa “Development”, foi efetuado o desenvolvimento do referencial identificado para cada necessidade e qual ou quais as tecnologias aplicáveis.

Na etapa “Evaluation”, foi realizada a avaliação do referencial através da realização de entrevistas com profissionais das áreas estudadas.

Na quinta e última etapa, “Reflection”, foi tornado público o estudo realizado, através da escrita deste relatório, abrindo assim a hipótese de discussão pelas diversas comunidades.

## **4. REFERENCIAL PARA A UTILIZAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO FUTEBOL**

### **4.1 PRESSUPOSTOS**

Utilizando como base a revisão da literatura que foi feita, sobre o desporto, o futebol profissional, os desafios do futebol moderno, a inteligência artificial e as suas áreas, e os sistemas de informação utilizados no desporto, é possível estabelecer como pressupostos que as tecnologias utilizadas no futebol devem respeitar o seguinte:

#### **Desempenho**

- Ser focado no desenvolvimento dos métodos de treino, permitindo melhorar o desenvolvimento da capacidade dos jogadores.
- Ter uma monitorização regular da saúde dos jogadores e dos seus dados biométricos, salvaguardando os jogadores de futuras lesões.
- Fornecer uma melhor leitura tática da própria equipa, assim como da equipa adversária, para assim se poder ter uma melhor leitura das decisões a tomar.
- Permitir a leitura do desenvolvimento de cada jogador, pelo menos a curto/ médio prazo, podendo assim a avaliação futura do plantel ou das novas entradas ser baseada na maior e melhor informação possível.
- Permitir um maior foco no desenvolvimento das camadas jovens, para se obter uma maior noção das capacidades dos diferentes escalões de formação.
- Permitir fazer análises dos jogos disputados, para assim se poder fazer uma comparação entre a informação de cada jogo e fornecendo assim uma melhor análise, tanto dos erros, como das jogadas de sucesso.
- Ter uma capacidade de decisão em tempo real, seja para salvaguardar o estado físico de algum jogador ou as alterações necessárias no decorrer de uma partida.
- Ter a abrangência da capacidade de observação de novos jogadores e futuras estrelas que possam elevar o nível competitivo de um clube.

#### **Experiência dos fãs**

- Estar focado na criação de conteúdos e notícias com uma maior alcance e de acordo com os interesses dos fãs, estando também focado na fiabilidade das notícias.
- Permitir atualizar o conteúdo e a informação disponível em tempo real, permitindo a cada fã uma atualização constante do jogo, do evento ou dos serviços disponíveis.
- Ser adaptável a cada um dos utilizadores, aumentando com o tempo a qualidade da experiência e as preferências dos fãs.
- Permitir uma maior segurança no interior das infraestruturas desportivas, evitando possíveis riscos e fornecendo uma maior confiança na utilização das infraestruturas.
- Permitir um maior envolvimento dos espectadores e aumentar o compromisso do telespectador, tornando cada jogo inesquecível.

#### **Arbitragem**

- Retirar quaisquer dúvidas, no caso específico do golo, no menor tempo possível, de maneira a responder em tempo real, caso a bola ultrapasse a linha de baliza na sua totalidade.

- Facilitar a decisão, em casos de fora de jogo, pois é um tipo de lance que ocorre a alta velocidade e pode prejudicar as equipas.
- Informar em tempo real, no caso do esférico ultrapassar a totalidade de qualquer linha, seja ela lateral ou final e, se possível, no futuro, discriminar qual foi o último jogador a tocar na bola.
- Transmitir a maior transparência e credibilidade ao futebol, retirando qualquer possibilidade de influência, proveniente de um estímulo externo.

Após ter listado as principais características que as tecnologias de IA deverão ter no futebol, é necessário identificar quais a mais adequadas para suprir as necessidades.

### *General Game Playing*

A utilização deste tipo de tecnologia permite uma simulação da evolução, a curto/ médio prazo, dos jogadores, fornecendo um maior leque de informação sobre os jogadores do próprio clube ou de terceiros. Adaptando-se ao futebol, um computador com as mesmas características do *Deep Blue*, poderia ser antecipada a desmontagem das táticas e dos estilos de jogo utilizados pelos diferentes treinadores, como, por exemplo, o *Tiki-taka* de Pep Guardiola.

### Robótica

A construção de *robots* com a capacidade de desafiar os jogadores a “elevarem” o seu jogo, permitirá um maior desenvolvimento de características como a reação (um computador tem um tempo de reação bastante menor que um humano). Na ótica da experiência dos fãs, utilizar *robots* para replicar jogos históricos em estádios ou, mesmo, replicar jogos que estão a acontecer poderá levar mais fãs aos estádios, mesmo que não esteja a decorrer um jogo disputado por seres humanos.

### Visão Computacional

Para a utilização de várias tecnologias, a área da visão computacional será fulcral, por permitir a *robots*, computadores ou máquinas terem uma melhor visão que os seres humanos. Atualmente, existem já tecnologias, utilizadas no futebol, que se baseiam nesta área, como o VAR. Fundamentais também para a experiência dos fãs, pois permitem ter uma visão privilegiada de cada jogo ou jogador, levando a um aumento da qualidade.

### *Natural Language Processing*

Com a capitalização desta área, na construção de conteúdos e materiais, haverá uma maior dimensão de cobertura de factos. Ou seja, haverá a possibilidade de ter um maior conhecimento de quais são os conteúdos mais interessantes para os fãs, quais são as tendências atuais do seu comportamento e gerar um maior fluxo de notícias e conteúdo relevante para cada fã, podendo também adaptar-se as ofertas de serviços nas infraestruturas. Por exemplo, a utilização de algoritmos em redes sociais, poderá ser capitalizada para uma recolha de padrões e preferências, por outro lado, na ótica de uma maior criação de conteúdo, será possível combinar várias notícias sobre um assunto e criar conteúdos mais completos, que cubram um maior número de tópicos.

## *Machine Learning*

Há um potencial de utilização das máquinas na aprendizagem de movimentações, lances estudados ou métodos de treino. É possível desenvolver e aperfeiçoar características de jogo, através de um ambiente seguro que não coloque em risco os resultados desportivos de um clube. Com esta aprendizagem, será mais fácil corrigir as falhas próprias e explorar as possíveis lacunas das equipas adversárias, permitindo assim obter vantagens competitivas em relação aos adversários.

## Abordagens

A utilização de abordagens como o *moneyball* poderão revolucionar a estrutura desportiva de clubes. Fundamentar a construção de um plantel na utilização de dados, avaliando os jogadores com base na estatística, levará a uma maior segurança na construção desses plantéis e a um menor risco de aquisições pouco fundamentadas.

## Infraestruturas

As infraestruturas munidas das várias áreas da inteligência artificial, tornam os espetáculos mais atrativos e com melhor qualidade. Seja na facilitação da visão ou comunicação dos adeptos, seja na adaptação e personalização das experiências ou, mesmo, na avaliação das condições do relvado, levarão a um aumento da procura por parte dos fãs, aumentando assim as receitas dos clubes. Facilitarão também a utilização das outras tecnologias, pois não se poderá aplicar uma visão computacional sem câmaras ou utilizar *apps*, como a KAI, sem um acesso à Internet, por isso, será mesmo necessária uma infraestrutura sólida com capacidade de adaptação. As infraestruturas inteligentes que possibilitem a utilização de realidade aumentada ou de algoritmos de aprendizagem, são importantes para melhorar a qualidade do espetáculo. Poderão utilizar-se algoritmos que melhorem a segurança no estádio ou que melhorem a qualidade do jogo, assim como algoritmos que ativem o escoamento de água em caso de chuvas intensas.

## **4.2 REFERENCIAL**

Existem algumas tecnologias de IA que já são utilizadas no futebol. Tecnologias essas que tornaram o futebol mais atrativo, interessante e transparente. Seja por potenciarem o desempenho e desenvolvimento dos jogadores, seja por aumentarem as qualidades da experiência de cada fã ou por facilitarem o trabalho do juiz de jogo, estas tecnologias mudaram o futebol tradicional. É por isso importante fazer uma análise de quais já são utilizadas e colmatam as atuais necessidades e fazer a recomendação de casos de sucesso utilizados noutros desportos ou, mesmo, sugerir a criação de novas tecnologias que poderão melhorar o desporto-rei. Começando pelas que já são utilizadas atualmente, poderemos encontrar exemplos como os seguintes:

Áreas	Desempenho								Experiência dos Fãs						Arbitragem		
	Treino	Saúde	Tática	Potencial	Camadas Jovens	Análise Pós-Jogo	Decisões em tempo real	Scouting	Notícias	Conteúdo em tempo real	Personalização das experiências	Apoio em tempo real	Segurança no estádio	Telespectador	Golo	Fora de jogo	Corrupção
General Game Playing				1 – FM	1 – FM			1 – FM									
Robótica	2 – Benfica LAB	2 – Benfica LAB			2 – Benfica LAB												
Visão Computacional															3 – GLT		3 – GLT
Machine Learning	5 – SAP Sports One	5 – SAP Sports One	5 – SAP Sports One		5 – SAP Sports One	5 – SAP Sports One	5 – SAP Sports One	5 – SAP Sports One							4 – VAR	4 – VAR	4 – VAR
Outras											6 – Tottenham Hotspur Stadium	6 – Tottenham Hotspur Stadium	6 – Tottenham Hotspur Stadium	6 – Tottenham Hotspur Stadium			

Figura 12 – Matriz das Tecnologias Atuais

### 1. *Football Manager*

A base de dados utilizada pelo jogo da Sports Interactive é uma das mais extensas que existe atualmente no mundo de futebol. É compilada por um vasto número de olheiros que observa jogadores em inúmeros países e divisões. Atualmente, foi já utilizada por alguns clubes, podendo ajudar muitos mais, com uma fraca capacidade de prospecção. A observação e simulação do desenvolvimento dos jogadores também demonstrou várias vezes uma boa percentagem de acerto, podendo assim facilitar a compreensão do desenvolvimento das jovens promessas do futebol.

### 2. Benfica LAB

O Benfica LAB é um dos laboratórios tecnologicamente mais desenvolvidos no mundo do futebol, permitindo aos treinadores ganhar *insights* acerca dos seus jogadores e desenvolver capacidades técnicas. Nos últimos anos, o Sport Lisboa e Benfica, através de um forte investimento nas suas infraestruturas de formação e de uma aposta no desenvolvimento tecnológico, tem vindo a registar uma maior preponderância nas entidades formadoras de jogadores de topo, tendo esta evolução vindo a refletir-se nos títulos alcançados pela sua equipa sénior e na percentagem de jogadores formados na Benfica Campus que alcançaram as principais ligas europeias.

### 3. *Goal Line Technology*

É uma das tecnologias implementadas no futebol de topo que não tem sido alvo de qualquer contestação nem polémica. Tem apresentado resultados concretos no tempo preciso desses mesmos acontecimentos.

### 4. *Video Assistance Referee*

Apesar de haver alguma contestação, o VAR tem um enorme potencial de tornar o futebol num jogo mais justo e transparente. Atualmente, está numa fase de testes, tendo sido alvo de algumas polémicas. É necessário rever a sua utilização, aperfeiçoar os tempos de resposta e definir de maneira concreta quais as jogadas em que deve ser utilizado, potenciando assim os seus benefícios para o desporto.

### 5. SAP Sports One

É uma tecnologia que auxiliou uma seleção nacional a ganhar a maior competição mundial. Tal indica ser necessário haver este tipo de tecnologia nas análises anteriores e posteriores ao jogo, facultando assim o maior número de informação possível às equipas, tornando o futebol mais complexo taticamente e mais interessante, de um ponto de vista estratégico. Qualquer equipa que utilize este tipo de tecnologia, parte com maior vantagem competitiva para qualquer jogo. Num desporto em que os grandes jogos se decidem por pormenores, este poderá ser o fator diferenciador.

### 6. Tottenham Hotspur Stadium

Um fator importante para o entretenimento dos fãs é a qualidade do estádio. Por isso mesmo, um estádio que proporcione condições para ter um relvado com a melhor qualidade possível,

forneça experiências personalizadas e facilite a visualização das jogadas, será um estádio que os fará querer voltar a desfrutar dessas novas experiências, ao apoiarem a sua equipa favorita. De modo a atrair uma maior receita e um maior número de adeptos, será necessário que os clubes proporcionem a melhor experiência possível a quem os faz crescer e evoluir, tornando cada experiência inesquecível.

Nas seguintes recomendações, coloca-se em foco as tecnologias que melhoraram outros desportos e que poderão, com as devidas adaptações, melhorar o futebol, tornando-o num desporto ainda mais apaixonante para os fãs, com uma vantagem competitiva para os clubes de topo e com uma maior justiça e clareza nos casos mais duvidosos. As recomendações são as seguintes:



## 7. Wimbledon Messenger

O Wimbledon Messenger melhorou a experiência dos fãs num dos maiores torneios existentes da história do ténis mundial. Com a personalização do atendimento e a velocidade de atualização de informações sobre o próprio torneio e os tenistas, é uma tecnologia que provou as suas mais-valias e pode facilmente ser adaptada ao futebol. É, pois, uma tecnologia útil para quem está em casa ou é telespectador, podendo assim ser atualizado sobre o 11 inicial, outros jogos que decorrem ao mesmo tempo ou notícias sobre o próprio clube ou torneio.

## 8. Kings Artificial Intelligence

É um *robot chat* com capacidade para esclarecer dúvidas sobre as instalações ou casos como o porquê de um jogador estar a jogar ou não. Esta tecnologia, combinada com o Wimbledon Messenger, poderá criar uma aplicação de experiência de fã melhor. Interligado com os novos estádios, altamente tecnológicos, e tecnologias como a Automated Insights poderá disponibilizar todas as informações necessárias para uma experiência de topo.

## 9. Automated Insights

É um tipo de tecnologia que utiliza *Natural Language Processing* e jornalistas *robots* na criação de novos artigos e notícias, com uma velocidade e cobertura superior à dos seres humanos. Poderá então ser aumentada a cobertura dos escalões de formação. É um tipo de tecnologia utilizado na Minor League Baseball que permite um acesso rápido a novos conteúdos sobre os principais interesses de cada fã. Em combinação com o Wimbledon Messenger e o KAI, poderá ser um novo mercado de aplicações e personalização de experiências que até agora não foi muito explorado no mundo do futebol.

## 10. Goal Line Technology na linha lateral

Até agora, esta tecnologia tem sido utilizada exclusivamente para saber uma bola ultrapassou ou não a linha de golo. Polémicas como as verificadas na segunda mão dos oitavos de final da Champions League de 2019, no jogo Real Madrid-Ajax, poderão terminar, pois o árbitro receberia um aviso no caso de a bola ter ultrapassado na totalidade a linha lateral. Em combinação com as tecnologias de IoT (exemplo: sensores nas chuteiras), esta tecnologia poderá também avisar o árbitro sobre qual foi o último jogador a tocar na bola antes de ela sair do campo, acabando assim com estes erros de difícil decisão.

## 11. Next VR

É uma recomendação focada no telespectador. É um tipo de tecnologia que permitiria ao telespectador a experiência de estar no estádio, sem sair de casa, com uma visibilidade privilegiada. É da fácil adaptação e torna a experiência imersiva. Com a evolução tecnológica, no futuro, os jogadores poderão utilizar lentes tecnológicas que permitirão ver o jogo da sua perspetiva, algo que poderá ser um passo seguinte na utilização do Next VR.

## 12. Second Spectrum

É sem dúvida uma das tecnologias mais relevantes de adaptação, mas que envolve um maior esforço tecnológico e financeiro. Atualmente, é utilizada pela maioria das equipas da NBA, tendo assim provado a sua viabilidade em desportos de alta competição. Esta tecnologia representa já, por si só, uma mais-valia para o futebol, mas, em combinação com o SAP Sports One ou o Benfica LAB, poderá tornar-se numa elevada vantagem competitiva, partindo assim as equipas que a utilizarem de um patamar bastante superior. Permitirá também ter uma melhor noção da qualidade do passe, do remate, do posicionamento, da velocidade, entre outros.

## 13. Moneyball

É uma mistura de abordagem e de tecnologia. Revolucionou o mundo da Major League Baseball e poderá também revolucionar o mundo do futebol. É passível de adaptação por equipas com qualquer poder financeiro, levando assim a aumentar a competitividade das melhores ligas. Baseando as formações das equipas em dados estatísticos concretos, haverá uma maior possibilidade de sucesso, diminuindo o erro em contratações e aumentando o sucesso dentro de campo.

## 14. Golden 1 Center

Deve referir-se o trabalho dos Sacramento Kings em sua casa, ao juntarem um estádio na vanguarda tecnológica a *apps* que melhoram a experiência dos fãs. Existem já clubes a investirem nos seus estádios e isso é prova da sua atratividade para fãs e simpatizantes. Capitalizando as várias funções da sua *app*, como encontrar o lugar mais facilmente, a casa de banho sem fila ou encomendar comida, com tecnologias como a KAI ou o Wimbledon Messenger, e explorando ao máximo o potencial tecnológico dos estádios, de modo a torná-los mais atrativos para cada fã, o clube poderá assim explorar e adaptar a sua proposta de valor aos seus adeptos.

### 4.3 AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO

A validação dos artefactos baseados em IA, relevantes para o desenvolvimento do futebol, foi realizada através de entrevistas, pois face à especificidade do tema, tal exigia a opinião de especialistas, tornando igualmente possível uma maior contextualização.

#### 4.3.1 Público-alvo

O público definido para a realização das entrevistas deste estudo, foi composto por profissionais das duas áreas estudadas, futebol e IA. A amostra deste estudo foi composta por dois profissionais de topo da área de futebol e por professores reconhecidos de IA. Deste modo, foi possível obter uma melhor visão sobre quais os artefactos com maior viabilidade. Ao avaliar quais as necessidades do futebol e as possibilidades reais da IA, haverá uma maior probabilidade de sucesso dos artefactos. As entrevistas foram anónimas e gravadas exclusivamente para este estudo.

### 4.3.2 Guião de entrevista

O objetivo das entrevistas foi validar as recomendações, compreender as futuras necessidades do futebol e quais as tecnologias mais apropriadas para suprir essas necessidades, através de duas visões distintas: uma mais desportiva e relativa à qualidade do jogo, outra mais tecnológica, acerca do potencial e da limitação das tecnologias.

Apesar de semelhantes, construíram-se dois guiões diferentes, um para cada área de especialidade, pois não faria sentido fazer as mesmas perguntas a especialistas de futebol e especialistas de IA. As entrevistas foram compostas por um primeiro momento de introdução, de forma a ajudar os entrevistados a compreender o objetivo do estudo. Após a introdução, as entrevistas seguiram, com a seguinte estrutura:

<b>Futebol</b>	
<b>Tecnologias</b>	Identificar as tecnologias de IA que poderão ser potenciadas no futebol
<b>Opinião acerca da Tecnologia vs. Futebol</b>	Saber a opinião sobre a introdução das tecnologias de IA no futebol
<b>Tecnologias recomendadas</b>	Sugerir possibilidades de introdução de IA no futebol e saber a opinião
<b><i>Feedback e sugestões</i></b>	

Figura 14 – Guião para Entrevistados da Área do Futebol

<b>IA</b>	
<b>Áreas estudadas</b>	Identificar quais as áreas de IA que pensa terem utilidade no futebol
<b>Opinião acerca da IA vs. Futebol</b>	Saber a opinião sobre a introdução das tecnologias de IA no futebol
<b>Tecnologias recomendadas</b>	Sugerir possibilidades de introdução de IA no futebol e saber a opinião
<b><i>Feedback e sugestões</i></b>	

Figura 15 – Guião para Entrevistados da Área da IA

### 4.3.3 Execução e análise de resultados

O grupo de entrevistados foi composto por M. B., professor universitário da área de BI, L. N., com um cargo de liderança num dos maiores clubes portugueses, J. L., que pertenceu aos quadros da Federação Portuguesa de Futebol durante vários anos, trabalhando com a equipa sénior e os

escalões de formação e S. S., professora universitária da área de Sistemas de Informação. As entrevistas seguiram o guião previsto.

Em seguida, apresentam-se as transcrições das entrevistas:

**Quais são as tecnologias de IA que poderão potenciar o futebol?/ Quais são as áreas de IA que pensa terem utilidade no futebol?**

**L. N.** – *No domínio físico e psicológico, a IA é já influente no futebol. Todas as ferramentas que partem da observação e coleção de informação de dados físicos, de performance, monitorização, ao longo do tempo, deteção dos momentos de pico e de momentos de quebra, das reações físicas e psicológicas dos jogadores a situações de choque, duelo físico e contacto, a situações extremas, como sprints, corridas de longa duração, tudo isso leva a que se consiga modelizar um determinado padrão de comportamento por parte de cada jogador detetando quais são os seus pontos fortes e pontos fracos.*

*As tecnologias, na ótica da experiência dos fãs, são tecnologias que vão ao encontro do marketing dos clubes, podendo essas mesmas tecnologias animar e atrair mais fãs. A sofisticação de software será nesses casos menor. A relação entre os comportamentos dos adeptos e dos estímulos a que são sujeitos são mais simples e mais fáceis de avaliar.*

*A arbitragem é uma vertente menos inteligente da IA, pois o VAR ou a GLT, são uma verificação geométrica, pois partem de um algoritmo que verifica se a bola passa ou não a linha ou o jogador viola ou não as regras. Não é uma área que a IA possa fazer evoluir bastante. Por exemplo, uma maior quantidade de dados não fará melhorar a performance deste tipo de tecnologias. É algo que já veio tarde, pois no ténis este tipo de tecnologias já era utilizada há vários anos. A arbitragem não vive muito de inteligência, vive de dados e de algoritmos de verificação de factos a ponto milimétrico, não utilizando a inteligência dedutiva.*

**M. B.** – *A nível das técnicas que poderão ser utilizadas, é um pouco difícil de identificar. Existe sempre uma questão do que é que é IA ou não. Utilizando o exemplo do hawk-eye, que tem a base toda em computer vision e na representação em 3D. Já se sabe a dificuldade em utilizar este tipo de sistema no futebol, há uma série de questões, algumas questões a nível de aplicação. Devem ser só aplicadas a clubes de primeira liga? As equipas que sobem de escalão, devem ser elas a pagar a implementação do sistema? São várias as questões que rodeiam a melhor maneira de aplicar estas tecnologias. Uma grande vantagem tecnológica foi a aplicação do VAR, pois a existência do mesmo já demonstra uma abertura a novas tecnologias.*

*Mais concretamente, a nível de IA, o treino é, para mim, o sítio mais fácil para se aplicarem as tecnologias de IA. Desde que se retirem informações suficientes, é possível prever qual é que vai ser o desempenho. Falamos desde retirar algumas informações dos atletas em escalões pequenos e ver qual vai ser o seu desenvolvimento, pois as escolas de formação, de momento, têm bastantes atletas e a pressão sobre os jovens é imensa, com a possibilidade de previsão, poderá haver um maior apoio a atletas que não irão conseguir aguentar a pressão e inclusivamente prever se eles irão ter essas dificuldades. A nível dos atletas de topo, seria algo semelhante, ou seja, conseguir potenciá-los ao máximo. Algo que já é feito a nível do atletismo, é o estudo da posição das pernas no arranque, de modo a otimizar ao máximo a sua velocidade. No futebol, pode ser feito o estudo do remate à baliza e como otimizar o movimento para potenciar a força ou a colocação. Primeiro, uma análise que envolve uma série de áreas, por exemplo, a área médica e biológica, para entender quais são as melhores posições para aumentar a velocidade e precisão e, em segundo, uma análise mais de machine learning, em que há um estudo para experimentar várias hipóteses, para ver quais as de*

maior sucesso e conforme o tipo de jogador. Uns terão um maior rendimento com um tipo de técnica e outros com outro tipo. É também possível realizar uma análise estratégica, para entender quais as estratégias mais adequadas para os diferentes tipos de adversários. É difícil de aplicar, pois, ou será a um nível muito macro ou se for muito micro é necessário obter muitos dados, em que acontece tanta coisa que se torna difícil uma pessoa ter a capacidade de analisar corretamente. Uma coisa interessante que pode ser feita é a aplicação de uma simulação, algoritmo genético ou algo a nível evolucionário, que é aplicar uma estratégia teórica por duas equipas alimentadas por parâmetros característicos da própria equipa e realizar uma simulação para ver o que acontece e retirar quais as estratégias que fazem mais sentido aplicar e quais as que precisam de ser corrigidas.

Em relação à experiência dos fãs, a parte da realidade aumentada é algo mais ligado à computação gráfica. Pode ter algo ligado à computer vision, mas é mais ligado à parte gráfica. Pode usar-se a visão computacional com três ou quatro câmaras e o que faz com a utilização da triangulação dará para fazer a perspetiva do jogador, mesmo sem haver a câmara de jogador. Fazendo o paralelismo com os jogos de computador, é possível com uma câmara, com a perspetiva de cima, saber a posição dos jogadores e se já houver, pré-carregados, modelos de jogadores, é possível, com o apoio de mais câmaras, representar a visão dos jogadores. Fazer tudo isto em real time seria um pouco pesado e com um investimento grande, mas já há potencial, com o poder computacional, para realizar essa perspetiva do jogador. Na parte da realidade aumentada, é provavelmente possível, com um telemóvel, filmar os jogadores, dependendo do tipo de aparelho que esteja a ser utilizado, fazer coisas como clicar no jogador e aparecerem informações e dados do jogador.

Na parte da arbitragem, a única coisa que imaginaria é um sistema de apoio à decisão, não consideraria a substituição do árbitro. O hawk eye funciona como IA e, neste momento, está a ser aplicado. Logicamente, como usa a parte de visão computacional para a realização da modulação 3D, tem a componente de IA. Claro que pode ser utilizado para mais coisas, como o esférico ultrapassar a linha final ou lateral. Tudo isso é possível de utilizar. Pode também ser feito sem a necessidade de IA, com a utilização de sensores. Já foi realizada uma experiência num campo de ténis, mas a utilização de vários sensores acaba por se tornar demasiado dispendiosa. Atualmente, é utilizada uma das melhores abordagens no futebol, pois a decisão é sempre revista por um ser humano, o que também traz a parte de responsabilização, não podendo assim a decisão caber única e exclusivamente à máquina. O que pode acontecer, com a evolução do tempo, é, como já é utilizado em casos como o excesso de velocidade, em que uma máquina diz qual era a velocidade do carro, chegaremos a uma altura em que a precisão é tão grande que quando o VAR conseguir automaticamente dizer que é fora de jogo ou não, o árbitro irá aceitar sem questionar. Em relação à utilização de IA em faltas com contacto, já é bem mais difícil, pois a representação em 3D ainda não é precisa o suficiente para saber se houve realmente contacto ou não. Se a precisão não é suficiente, não se pode utilizar as imagens, pois o árbitro será influenciado pelas imagens, mesmo sem a precisão adequada. Algo que também pode ser explorado, é a chamada de atenção para faltas sem bola. A utilização das câmaras para detetar irregularidades quando o árbitro ou os seus auxiliares não conseguem ver. Uma das questões que se levanta hoje em dia com a utilização das tecnologias, é se vamos utilizar câmaras e sistemas que alertam para estes casos, algo que antigamente seria impossível de detetar, estando o árbitro a olhar para o jogo, tudo era muito rápido e, com a dúvida, muitas vezes não marcava, agora, com a possibilidade de utilização das imagens, já há uma maneira de confirmar, é necessário que as regras se adaptem e fiquem mais claras em relação a estas decisões. Para estes sistemas de apoio, é necessário aplicar lógicas, como os verdadeiros positivos ou falso negativos, para obter uma maior noção da fiabilidade destas tecnologias. Se o árbitro não notou, qualquer coisa que o sistema avise, desde que não seja um falso positivo, será bom. O sistema pode é não conseguir treinar o suficiente para ter uma percentagem de grande confiança.

**S. S.** – A aprendizagem automática pode ser, sem dúvida, útil para o futebol. Duvido que não seja já utilizada. A aprendizagem automática é um campo muito vasto. Dá para fazer previsões de todos os tipos, algo que todos precisam. Por exemplo, previsão da probabilidade de ganhar um jogo

*se tiver uma determinada formação de equipa, quando estou a jogar contra equipa x ou y, quando o jogador z esteve doente há x tempo, se está sol ou se está chuva. Isto são coisas que podem ter influência em certos jogadores. Isto provavelmente é algo que nunca foi feito. Temos um manancial de dados, pois acho que no futebol se regista tudo, pelo menos até já se sabe quanto correu um jogador em campo ou quais foram as zonas em que esteve mais tempo. Agora, será que alguém está a utilizar estes dados para conseguir formar a melhor equipa possível, para aquele jogo específico? Possivelmente, não.*

*Uma coisa tão simples como fazer uma análise dos resultados do que aconteceu em jogos passados com a mesma equipa, com as mesmas condições, uma tentativa de reconhecer padrões do que levou ao sucesso ou não naquele jogo, podem ajudar bastante no suporte da decisão de um treinador. Será que alguém já tentou reconhecer os padrões de sucesso e o que é que influencia o desempenho de um jogador em específico? Do que sei de futebol e como as coisas funcionam, utilizaria a análise de dados históricos de jogos. Dados detalhados, com variáveis em que possivelmente ninguém pensou na altura, como se está a chover ou se está sol.*

*Na ótica de da experiência dos fãs, o que pode ser útil é o estudo dos padrões que levam a uma maior atratividade dos fãs pelo estádio. Em relação à arbitragem, a IA também pode suportar o VAR.*

*A utilização de algoritmos inteligentes, algoritmos de previsão. Com o aparecimento da big data, o potencial da utilização de machine learning, pode haver uma melhor análise de dados completos com o objetivo de extrair padrões. Pode não haver dados disponíveis para potenciar essa mesma extração. Também a combinação de machine learning com visão computacional é interessante, mas é algo que já deve estar a ser utilizado, pois o árbitro já recebe o aviso se a bola passou ou não a linha de golo.*

*A utilização da combinação de aprendizagem automática com algoritmos fuzzy pode ser interessante para uma maior previsão do resultado final. Por exemplo, no desenvolvimento de um jogador, pode tentar-se prever como irá ser o desenvolvimento do mesmo. Utilizando dados físicos, psicológicos, de métodos de treino e muito mais, pode tentar prever-se como seria o desenvolvimento de um jogador.*

*A utilização de vários dados e de várias fontes é algo que deve ser mais explorado. A utilização de dados heterogéneos, dados que não sabemos se interessam ou não e deixarmos a aprendizagem automática descobrir se interessam ou não. Ver o que os algoritmos conseguem prever e aprender com a utilização de dados históricos, quando digo históricos, não é necessário utilizar dados de 50 anos atrás, basta utilizar dados do último ano de competição. Deve haver muitos padrões para descobrir. A IA também pode ajudar na obtenção destes dados. Pode ser criado um bot que irá recolher todos estes dados disponíveis, online, por exemplo.*

**J. L. –** *A tecnologia ajuda bastante na preparação dos trabalhos, no chamar a atenção, no ajudar e corrigir movimentos, o quadro é mais chamativo. Quando um treinador está em campo, não é um computador que irá chamar a atenção de um jogador. Sem dúvida que na preparação de trabalhos, na área da saúde ou alimentação, a tecnologia demonstra ser uma grande mais-valia. A tecnologia também pode ser capitalizada para o ensino dos jogadores. A utilização de uma aplicação que relembra os jogadores para o que têm de fazer ou que os educa sobre as razões do porquê de terem de o fazer é importante.*

*No capítulo da experiência dos fãs e atratividade para encher os estádios, é uma área mais complicada. Por exemplo, antes do Scolari iam poucas senhoras aos campos de futebol, referindo os jogos da seleção nacional. Comecei a ver os campos cheios, pois esse senhor e grande amigo, com o seu discurso, com as entrevistas que dava e com iniciativas como a de colocar uma bandeira na janela, incentivou e motivou o interior dos portugueses, de maneira a levar mais pessoas ao estádio. Os clubes têm seguido essa prática. Julgo que o gosto pelo futebol é aquilo que se fala do futebol que leva as pessoas ao campo.*

*Tecnicamente, a evolução na área da recuperação e na área clínica tem sido abissal. Antigamente, acabava-se o jogo e o atleta ia ao banho e para sua casa. Em qualquer nível de*

competição. Hoje em dia é algo que já não acontece. A recuperação de um atleta deve começar logo após o término do exercício físico. Alongamentos, trabalho de hidro e crioterapia são alguns tipos de exercícios que são trabalhados, de modo a melhorar a recuperação de jogadores que trabalham o seu físico com a exigência atual.

No caso da confirmação de golo, como na GLT, é algo bom. Decide em tempo real e informa sem necessitar de quebrar o ritmo de jogo.

### **Qual é a sua opinião acerca da introdução de tecnologias de IA no futebol?**

**L. N.** – Com o nível de intensidade competitiva do futebol, qualquer acréscimo de conhecimento e de integração de diversos tipos de informação na performance individual e coletiva, torna-se importante. Os patamares de competitividade do futebol de topo são de um nível de pressão físico, técnico, tático e psicológico extremamente elevado, portanto, tudo aquilo que puder potenciar uma otimização do que cada jogador consegue em cada momento, em função das suas características físicas, da forma em que se encontra e do seu estado psicológico, que influencia o seu compromisso, entrega e atitude. Podendo, nestes domínios físico e psicológico, a IA ter a sua maior influência. A influência da IA na aproximação tática não deverá ser tão relevante, pois não é uma área que possa ser trabalhada da mesma forma pela IA.

A introdução da tecnologia é benéfica para o futebol, pois com o passar do tempo temos verificado que a utilização da tecnologia tem aprimorado e aproximado os desportistas do seu limite. Por outro lado, tem uma externalidade negativa, de expor os atletas, de uma forma geral, a uma vida de maior risco pós-competição. Todo aquele que pratica desporto nos limites, partindo do princípio que é isso que a tecnologia e a IA possibilita e pretende, sofre de uma esperança de vida menor, sofre de represálias físicas e neurológicas maiores do que atletas que não foram sujeitos a um regime tão intenso. Apesar disso, a IA permite que cada vez se vá mais além, que cada vez se batam mais recordes e que num jogo de futebol ou qualquer outra modalidade, que os atletas consigam cada vez mais tirar partido das suas características físicas.

As áreas de futebol com maior necessidade de desenvolvimento de tecnologia, é o desempenho individual e, na parte tática, de análise de adversários e não na tática interna, a tecnologia pode dar um contributo grande, pois estudar os dispositivos táticos dos adversários é sempre uma mais-valia, apesar da imprevisibilidade do futebol, pois cada jogo é um jogo, com a criatividade, o ânimo, estado de espírito, forma física e individualismo. Mesmo assim, é possível detetar padrões na maneira como o concorrente se movimenta e joga, e isso é uma vantagem. Através dos lances estudados, como uma equipa marca as bolas paradas, movimentações-padrão, apesar de a imprevisibilidade estar sempre presente.

O campo de aplicação será cada vez maior, a tecnologia será cada vez mais viável e mais ampla. Havendo limites e externalidades negativas que merecem grande consideração, pois estas externalidades serão notadas amanhã, de maneira positiva e negativa. Falar de desporto é falar de uma atividade humana, onde tem de haver, deve haver sempre uma margem para a emoção, imprevisto, erro, para o rasgo que contraria a estatística e não gostaria de ver o desporto feito por super-homens e autómatos onde cada movimento de cada equipa fossem coisas quase certas, no fundo, que o desporto se tornasse algo como a Playstation. Que a tecnologia seja cada vez mais útil sem exagerar e sem levar a extremos das capacidades físicas e psicológicas dos atletas.

**M. B.** – O que é que consideramos ser uma mais-valia? Se são aplicáveis, se poderiam ter resultados ou se a nível de negócio seriam rentáveis ou aceites, pois é uma área com muitas preocupações, como, por exemplo, a proteção de dados. Um dos grandes problemas de aplicar tecnologias, especialmente no futebol de topo, é que muitas das coisas que se poderiam fazer com tecnologias e que requerem um investimento para se desenvolverem, os clubes não precisam, porque têm uma serie de pessoas, por exemplo, fãs, que já o fazem ou concordariam fazer de forma gratuita,

*por exemplo, anotações ou tomar notas. Outra dificuldade está ligada à privacidade dos dados e à obtenção desses mesmos dados. Existe também o risco de os dados serem partilhados e das pessoas terem medo de serem substituídas e perderem a sua função.*

*Na ótica da substituição das pessoas por máquinas, na perspetiva de treino ou observação, isso é algo que nunca irá acontecer em ponto nenhum. A nível de IA, tirando a robótica, todas as decisões de alto nível são tomadas pelo ser humano. Só as tarefas mais rotineiras e de baixo nível é que são executadas pela IA e são utilizadas como aconselhamento. De momento, a IA não evoluiu ao ponto de substituir as pessoas.*

**S. S.** – *É inevitável a introdução de tecnologias, como as da IA, no desporto e no futebol. É algo a que não conseguimos fugir. No final, provavelmente, irá ganhar quem conseguir utilizar a IA da melhor maneira. Temos o poder computacional e temos muitos dados. Não acredito que no futebol esses dados sejam deitados fora, por isso, existe um potencial a ser explorado.*

**J. L.** – *Em relação à introdução de tecnologias no futebol, faz parte da evolução do futebol. É uma maneira de trabalhar bem diferente, no entanto, o objetivo a atingir é o mesmo. Seja o trabalho feito através da tecnologia, no papel ou no campo, o objetivo é o mesmo, que é colocar uma equipa a ser o mais rentável possível, a trabalhar o melhor possível. Olhando, sem nunca descurar a parte física do atleta.*

*Quanto mais tecnologia se utiliza no atleta, na equipa, no grupo de trabalho, menos pensa o atleta. Trabalhasse durante a semana a nível de tecnologia, os movimentos, os passes, onde irá aparecer um jogador no espaço vazio e onde irá aparecer outro. Desde a bola de saída, a bolas paradas, livres, jogadas contínuas, onde é que a bola deve entrar ou para onde o guarda-redes deve colocar a bola na saída. Todo este trabalho feito no computador, algo que também se faz sem ser no computador, nem sempre sai da mesma maneira no campo, pois a tecnologia é a teoria, o trabalho na prática, seja ele feito de que maneira for, não é feito a regra e esquadro. Sem dúvida nenhuma que se traçam objetivos que nem sempre se alcançam, tenham sido trabalhados de que maneira for.*

*Da linha da frente para o lado contrário do campo, o pensamento do jogador deve ser livre. É necessário haver liberdade e espaço ao improvisado para o jogador mostrar a sua habilidade e capacidade. O jogador é um ser humano, com mais ou menos habilidade, mas não é nenhuma máquina. Não é nenhum robot.*

*Em relação à tecnologia na arbitragem, é algo que eu sou um pouco contra. Ainda não há muitos dias, falei com grandes árbitros, o futebol é uma arte que coabita com o erro. Só há golos se a outra equipa errar. Pois, por mais que uma equipa esteja preparada, se a outra equipa não errar, não haverá golos, pois também está a enfrentar uma equipa preparada. O espetáculo do futebol é o golo. Todas as pessoas erram, as equipas erram e os árbitros também erram. As paragens prolongadas que acontecem em alguns jogos, tiram ao futebol um pouco do que é o futebol. O árbitro tem de estar bem e confiante do seu trabalho para no momento exato atuar. Como qualquer jogador erra, o árbitro pode errar. Não vem mal ao mundo se o árbitro cometer um erro e não marcar aquela falta. Daqui a pouco tempo, o árbitro deixa de ter o poder que tem e deve ter, para fazer o seu trabalho. Começa a pedir sempre ao quarto árbitro para rever as jogadas e, quando há dúvidas, ainda sai do campo para rever as jogadas. Hoje em dia, que os árbitros são profissionais, treinam em grandes centros e praticamente todos os árbitros são profissionais, não tem competência para acompanhar uma jogada e marcar a falta. Isto não é o futebol a que eu fui habituado, o futebol que eu joguei e que eu treinei. Mas, sem dúvida nenhuma que respeito esta evolução, mas não é aquilo de que eu gosto.*

## **Qual é a sua opinião acerca das recomendações sobre tecnologias de IA?**

**L. N.** – *A tecnologia da Second Spectrum, de avaliação da qualidade dos lançamentos, pode ser relevante, mas também não será fácil de aplicar em desportos de contacto. Não deixa de ser algo que ajuda a monitorizar os nossos jogadores, os adversários e de melhorar o desempenho dos jogadores e colmatar as suas falhas.*

*Em relação ao KAI, não deverá haver muito interesse em dar demasiada informação aos fãs. Por exemplo, revelar aos fãs que um jogador não está presente devido aos seus últimos desempenhos ou devido à sua condição física. Este tipo de tecnologia pode levar a um escrutínio muito miúdo das decisões dos treinadores.*

*A adaptação de uma tecnologia, como a GLD, à linha lateral, linha de fundo, pode ser relevante, pois é algo que já existe e pode trazer decisões automáticas. Caso seja utilizado, em conjunto com um chip nas botas, que mediria quem foi o último a tocar na bola, é algo interessante. Levanta uma questão que é a segurança e o escrutínio da utilização dos chips, seria necessário haver um dispositivo rigoroso que validasse uma utilização regular da tecnologia.*

**M. B.** – *A utilização de tecnologias, como o KAI ou o Wimbledon Messenger, é interessante. As pessoas podem fazer as perguntas e obter as respostas dos robots. Pode mesmo ser feito por escrito ou voz, através também da utilização de NLP, Natural Language Process.*

*A representação de hologramas num estádio de futebol é possível ser feita, provavelmente, terá um custo bastante elevado, visto que uma representação a uma grande escala envolve bastantes despesas. Em relação a essa mesma representação ser executada por um telemóvel em casa, através da utilização de uma app, já é algo que pode ficar um pouco mais em conta.*

*Uma ideia que pode ser executada, tem a ver com a utilização de computer vision para a obtenção de imagens do público, retirando qual a disposição do público atual. Algo que pode ser obtido através de microexpressões, se o público está chateado ou não, por exemplo. Essa informação pode ser utilizada para otimizar o negócio e estudar como o público reage aos estímulos. A maior dificuldade pode prender-se com a distância das câmaras, mas, atualmente, também já é possível retirar informações a partir dos movimentos do público, através do movimento das massas.*

**S. S.** – *Em relação à tecnologia da Second Spectrum, é algo que pode ser relevante e ter influência. Quando se decide comprar um novo jogador e gastar milhões na sua aquisição, provavelmente, essa análise terá bastante importância, possivelmente ainda mais que a análise do treinador. Há que também avaliar se o jogador é ou não adequado à equipa em que se irá inserir.*

*A abordagem do Moneyball, pode, sem dúvida, influenciar a abordagem no futebol. A aprendizagem automática é apenas uma estatística com “esteroides”, na verdade, a aprendizagem automática baseia-se em estatística. Pode ser utilizada na composição das equipas para cada jogo e na aquisição de jogadores.*

*A tecnologia da Automated Insights é viável se for utilizada da maneira correta. Mesmo sendo os seres humanos a escrever as notícias, podem manipular o que é escrito. Quando os algoritmos são manipuladores é porque os seres humanos lhes disseram para ser manipuladores. A utilização desta tecnologia é tão perigosa quanto o ser humano que está por detrás da sua conceção. A aprendizagem automática não é magia, se o ser humano fornece uma amostra enviesada será interpretada de maneira enviesada.*

**J. L.** – *Em relação à utilização de uma abordagem como o Moneyball, considero que é possível construir uma equipa baseada em estatística, tendo em conta o seu objetivo. Por exemplo, uma equipa com o objetivo de manutenção, irá procurar atletas que durante o ano tiveram menos tempo parados. Se é um atleta que em 30 jogos faltou cinco, isso é algo bom. Por exemplo, escolher um*

*atleta que é para ser utilizado nos jogos fora, um lateral mais defensivo, é preciso um atleta completo que faça muitos jogos, mas que não precisa de ser tão forte como outros, pois só irá dar o seu máximo de 15 em 15 dias. No caso de se contruir um plantel para a subida de divisão, é necessária uma equipa mais acutilante e ofensiva. Antigamente, as equipas eram construídas com um distribuidor para colocar a bola na lateral, laterais rápidos que faziam a linha toda para cruzar para dentro de área. O Benfica, o Sporting e o Porto utilizavam todos essa estratégia, a construção de um plantel já era baseada em estatística de uma maneira rudimentar.*

*A tecnologia da Second Spectrum, é algo que é trabalhado. Imagino que o melhor lançador treina 1000 vezes durante a semana. É como o futebol. Os atletas treinam centenas de vezes o livre que vão marcar ao fim de semana. Julgo que a tecnologia da Second Spectrum é útil para avaliar e entender a qualidade dos jogadores. Ter em conta fatores como o clima ou a qualidade do relvado também fazem a diferença na compreensão da qualidade do jogador.*

*A utilização de aplicações como o KAI ou como o Wimbledon Messenger, são úteis para os fãs. Quanto mais informação se receber, mais conforto, mais segurança, se por exemplo indicar onde está o polícia ou o bombeiro, caso haja algum problema. Tudo isso é bastante importante para a segurança e isso é algo que leva cada vez mais pessoas ao campo. Todo esse tipo de informação é importante para levar mais fãs ao estádio.*

#### 4.4 ANÁLISE GLOBAL

As entrevistas realizadas permitiram obter um conhecimento fundamental para o objetivo final deste estudo.

Através destas entrevistas, foi possível recolher a opinião de quatro especialistas de referência nas suas áreas. Duas referências da área da IA, com um vasto conhecimento das diferentes áreas da IA, e duas referências no futebol de topo, com passagem pela Federação Portuguesa de Futebol e pelo Sport Lisboa e Benfica. No decorrer das entrevistas, foi notório que a IA é cada vez mais preponderante na vantagem competitiva, na saúde, na atratividade e na justiça do futebol.

Na atualidade do futebol de topo, é cada vez mais preponderante obter uma vantagem competitiva que possa fazer a diferença entre ganhar ou perder. Através das entrevistas, foi possível perceber a influência atual da IA no futebol e algumas das possibilidades que ainda não foram exploradas na sua totalidade. Qualquer vantagem no desempenho individual e coletivo é importante, pois permite atingir novos patamares de competição, ultrapassando a exigência física, técnica, tática e psicológica que é inerente aos mais altos níveis de competição. Através do trabalho realizado, semanalmente aperfeiçoado com tecnologias adequadas ao objetivo competitivo, o estado físico e psicológico dos jogadores pode ser influenciado, aumentando assim a possibilidade de sucesso.

Foi também possível compreender que utilizando a IA será possível potenciar a atratividade do desporto e dos clubes. Fornecendo informação relevante e concreta e transmitindo uma maior segurança através dessa mesma informação. Combinando o uso da tecnologia com o carisma e liderança dos líderes dos clubes, potencia-se a atratividade de um clube e da sua estrutura. Tornando os estádios num local seguro e atrativo para se estar, deixa de se ir a um estádio apenas pelo jogo, para se passar a ir ao estádio pela experiência da utilização das tecnologias e da personalização da experiência. Tecnologias como a realidade aumentada ou o *robot chat* apresenta mais-valias no conteúdo criado, para uma maior proximidade entre um clube e os seus fãs.

No campo da arbitragem, foi possível compreender que a aplicação das tecnologias de IA no futebol é algo de positivo, caso não interfira na qualidade do espetáculo, ou seja, não interrompa o fluxo do jogo. É unânime que o decisor final deve ser o árbitro principal, pois uma decisão poderá ser diferente consoante o critério de cada árbitro. Adicionalmente, a responsabilidade deve recair sobre um ser humano e não uma máquina. É uma área sensível, pois tem uma influência direta no decorrer do jogo e no seu resultado final, dividindo opiniões a sua aplicação.

É possível perceber o quanto a IA poderá ser explorada nesta área que tem grande potencial. Com o passar do tempo e a evolução da IA, será mais fácil reduzir os custos e capitalizar o investimento em tecnologias que atualmente são demasiadamente dispendiosas e com um grande nível de complexidade. Desta forma, será acessível a uma vasta quantidade de clubes, algo que trará mais dados a serem estudados e utilizados para aumentar a capacidade de previsão e reduzir a probabilidade de erro.

A utilização de estratégias de construção de plantéis, baseadas em estatística, reúne unanimidade. Para a gestão de topo, é um acréscimo de informação e conhecimento, podendo assim os clubes fundamentar com mais dados as suas aquisições e plantéis. Consoante os objetivos, as equipas poderão construir plantéis que alcancem o que foi definido para a época, reduzindo a probabilidade de erro. A combinação deste tipo de abordagem com uma tecnologia que avalie o desempenho dos atletas de topo, com a maior precisão possível, pode revelar-se eficaz. No entanto, o futebol não é um desporto discreto ou binário e vive de rasgos de improviso, imprevisibilidade e criatividade, dificultando assim a descoberta da fórmula perfeita para construir um plantel invencível.

Apesar das suas vantagens, na criação de conteúdo para os fãs, as tecnologias baseadas na NLP poderão levar à criação de conteúdos falsos ou incorretos. Será, por isso, necessário escrutinar os conteúdos criados, algo que retira um pouco, a mais-valia à utilização desta técnica. No entanto, se for utilizada corretamente, permitirá chegar a lugares com pouca atenção ou fraca capacidade financeira. Deste modo, será possível fornecer uma maior quantidade de conteúdos, levando mais pessoas aos estádios e aumentando o interesse pelo futebol.

De acordo com os entrevistados, uma das áreas com maior potencial é a de *machine learning*. Com a informação e a quantidade de dados a ser cada vez maior, o desenvolvimento de tecnologias de aprendizagem, demonstram um potencial imenso. Para a construção de algoritmos com taxas de sucesso elevadas, é necessário basear esses algoritmos num grande fluxo de dados e variáveis. A maior dificuldade está na identificação dessas variáveis e na obtenção de todos os dados necessários para alcançar o sucesso. Dados psicológicos, externalidades, dados físicos, meteorológicos e muito mais, serão necessários para tornar este método totalmente exequível. No entanto, a utilização de dados e previsões de movimentações ou de espaços a explorar num jogo, trazem já uma mais-valia antes do jogo começar, por outras palavras, é uma vantagem competitiva, mesmo sem ser alcançado o nível máximo de previsão. O conhecimento das características descritivas de uma equipa adversária é fundamental para o sucesso.

## 5. CONCLUSÕES

### 5.1 SÍNTESE DO TRABALHO DESENVOLVIDO

O objectivo principal desta investigação foi propor um referencial para a utilização de tecnologias baseadas em IA no futebol profissional e produzir um conjunto concreto de recomendações para a adoção de tecnologias de IA passíveis de serem adotadas por clubes de topo.

A utilização da tecnologia no desporto tem vindo a mudar a realidade competitiva dos clubes. Têm sido quebrados vários recordes. Cada vez mais se veem jogadores a atingirem patamares nunca antes atingidos. Os clubes têm à sua disposição mais informação sobre as diferentes vertentes do jogo. Essa mesma informação é de extrema importância, pois permite aos clubes prepararem e gerirem melhor as necessidades das suas equipas. É fulcral que os clubes de topo obtenham as mais recentes tecnologias, de maneira a manterem-se competitivos e criarem as melhores condições possíveis para a saúde e o desenvolvimento dos seus atletas.

É um tema que também tem influenciado a atratividade do espectáculo para os fãs, havendo cada vez mais a aposta em infraestruturas que criem as melhores condições para os seus fãs e simpatizantes. Para que o jogo se torne mais do que um jogo, se torne num espectáculo de entretenimento, mesmo nos tempos mortos de cada jogo. Para um clube crescer e se manter de forma sustentável, para a sua equipa se manter motivada, é necessário ter os seus fãs a seu lado. Mais do que serem uma forma de receita, os apoiantes fazem a diferença entre ganhar e perder um jogo.

Na vertante da justiça e transparência, a tecnologia já mostrou que pode ser uma mais-valia para o desporto. Apesar de dividir opiniões, acerca do sucesso da sua implementação, existem tecnologias de IA que já provaram que será possível tornar o jogo mais justo e facilitar a decisão do árbitro principal, sem influenciar a cadência e fluidez do jogo, mantendo, assim, a sua mística essencial. O erro humano faz parte de um jogo. Com a aprendizagem e evolução, esse erro humano poderá deixar de influenciar o desfecho dos jogos e passar a ser mais uma questão de critério e não de erro.

As referências utilizadas nesta investigação mostram a influência preponderante que as diferentes áreas da IA e as respectivas tecnologias têm sobre o futebol. Mostram também o potencial que ainda existe para ser explorado e o quanto a IA ainda tem para dar ao futebol. É importante testar novas tecnologias e a sua aplicação, só assim será possível evoluir e aperfeiçoar as tecnologias utilizadas.

### 5.2 LIMITAÇÕES

Na construção do referencial, uma das maiores dificuldades foi a obtenção de informações sobre todas as tecnologias de IA a serem utilizadas no futebol e quais as possibilidades para o futuro, o que levou a uma necessidade de compreender quais são as tecnologias utilizadas noutros desportos que terão uma fácil adaptação ao futebol de topo. Poderão, assim, faltar tecnologias relevantes para o estudo.

Neste estudo, outra limitação resultou da especificidade e complexidade do tema, sendo difícil identificar especialistas com um vasto conhecimento nas duas áreas. O número de entrevistas não demonstra em concreto a realidade dos clubes de topo e do panorama da elite do futebol, dificultando a possibilidade de mostrar a total realidade dos clubes e do futebol.

Durante a “Avaliação e discussão” do referencial, nem sempre houve um vasto conhecimento do funcionamento das duas áreas, o que levou a uma necessidade de adaptação do conteúdo das entrevistas às perguntas da investigação.

### **5.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Segue-se a realização de um novo estudo, no espaço de três a cinco anos, de modo a compreender qual foi a evolução destas tecnologias e qual a opinião dos especialistas em relação à introdução destas tecnologias.

Será também interessante estudar qual o impacto de todas estas tecnologias no desempenho, experiência dos fãs e arbitragem, de uma forma mais concreta e quantitativa.

## BIBLIOGRAFIA

- Agarwal, A. (2014) Nano-Robotics: A Hope for Future, 171-173.
- Amaral e Costa, A. S. (2017) Avaliação Holística do Desempenho Potencial do Gestor de Sistemas de Informação.
- Anthony, S. (2017) Football: A deep dive into the tech and data behind the best players in the world | *Ars Technica*. Retrieved April 19, 2019, from <https://arstechnica.com/science/2017/05/football-data-tech-best-players-in-the-world/>
- Barra, A. (2017) Moneyball: was the book that changed baseball built on a false premise? | Sport | *The Guardian*. Retrieved April 15, 2019, from <https://www.theguardian.com/sport/2017/apr/21/moneyball-baseball-oakland-book-billy-beane>
- Bellis, M. (2018) The History of Sports, From Ancient Times to Modern Day. Retrieved March 28, 2019, from <https://www.thoughtco.com/history-of-sports-1992447>
- Benfica LAB 360. (2014) Retrieved from <https://serbenfiquista.com/usernews/benfica-lab-visita-ao-simulador-360s>
- Bibel, W. (1987) Automated Theorem Proving – Wolfgang Bibel – Google Livros. Retrieved May 3, 2019, from [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=MNcACAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=automated+theorem+proving&ots=eDyf7YSnbA&sig=MpLkiEhYLjA5SH4uFoV1BU9DjZc&redir\\_esc=y#v=onepage&q=automated+theorem+proving&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=MNcACAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=automated+theorem+proving&ots=eDyf7YSnbA&sig=MpLkiEhYLjA5SH4uFoV1BU9DjZc&redir_esc=y#v=onepage&q=automated+theorem+proving&f=false)
- Bicheno, S. (2019) Spurs and HPE hope to show how stadium wifi should be done | *Telecoms.com*. Retrieved April 17, 2019, from <http://telecoms.com/496746/spurs-and-hpe-hope-to-show-how-stadium-wifi-should-be-done/>
- Borges, D. M. (2018) I was asked the question: “What is Artificial Intelligence?” Retrieved March 25, 2019, from <https://medium.com/diogo-menezes-borges/i-was-asked-the-question-what-is-artificial-intelligence-4c7cd936ca8b>
- Bottou, L. (2014) From machine learning to machine reasoning: An essay. *Machine Learning*, 94 (2), 133-149. <https://doi.org/10.1007/s10994-013-5335-x>
- Boudway, I. (2018) Soccer Is the World’s Most Popular Sport and Still Growing – *Bloomberg*. Retrieved April 2, 2019, from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-06-12/soccer-is-the-world-s-most-popular-sport-and-still-growing>
- Boutilier, C. (2002) Logical Representations and Computational Methods for Markov Decision Processes Planning in Artificial Intelligence Difficulties for the Classical Model, (c), 1-22.
- Boylan, M. (2011) "Moneyball" and the Oakland A’s: How Has It Been so Misunderstood? | *Bleacher Report* | Latest News, Videos and Highlights. Retrieved April 15, 2019, from <https://bleacherreport.com/articles/679950-revisiting-moneyball-and-the-oakland-as-how-has-it-been-so-misunderstood>
- Brachman, R. J. e Levesque, H. J. (2004) Knowledge Representation and Reasoning Acknowledgments Preface, 381.
- Brachman, R. e Levesque, H. (2005) *Knowledge Representation and Reasoning*, 555-558.
- Bradley, L. (2017) NFL Artificial Turf Field Can Go Under Tottenham Retractable Grass Pitch. Retrieved April 17, 2019, from <https://www.sporttechie.com/nfl-artificial-turf-field-tottenham-retractable-grass-pitch/>
- Britannica Encyclopedia (2019). Football | History, Rules, & Significant Players | Britannica.com. Retrieved April 1, 2019, from <https://www.britannica.com/sports/football-soccer>
- Cambridge Dictionary (2018). FOOTBALL | meaning in the Cambridge English Dictionary. Retrieved March 28, 2019, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/football>
- Chakraborty, U. (2018) Artificial Intelligence in FIFA World Cup Football 2018. Retrieved April 22, 2019, from [https://medium.com/@utpal\\_bob/artificial-intelligence-in-fifa-world-cup-football-](https://medium.com/@utpal_bob/artificial-intelligence-in-fifa-world-cup-football-)

2018-by-utpal-chakraborty-4c9dbd4bda6f

- Collins, T. (2017) Head trip: The experience of broadcasting an NBA game in VR – *CNET*. Retrieved April 15, 2019, from <https://www.cnet.com/news/nba-nextvr-virtual-reality-golden-state-warriors/>
- Cooke, K. (2018) FIFA's VAR System and using AI in sporting tournaments – *SCC*. Retrieved April 17, 2019, from <https://www.scc.com/featured-articles/fifas-var-system-and-using-ai-in-sporting-tournaments/>
- Costa, E. e Simões, A. (2004) *Inteligência Artificial: Fundamentos e Aplicações*.
- Coutts, A. J. (2014) Evolution of football match analysis research. *Journal of Sports Sciences*, 32 (20), 1829-1830. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.985450>
- Curtis, S. (2014) Germany's World Cup tactics: shaped by data – *Telegraph*. Retrieved April 15, 2019, from <https://www.telegraph.co.uk/technology/news/10959864/Germanys-World-Cup-tactics-shaped-by-data.html>
- De Mey, K. (2016) Learnings from the Sports Technology Symposium 2016 at FC Barcelona – part 1 – *Victoris* – Ghent University. Retrieved April 19, 2019, from <https://www.victoris.be/sports-technology-symposium-2016-fc-barcelona-part-1/>
- Dhar, V. (2018) What Is the Role of Artificial Intelligence in Sports? *Big Data*, 5 (3), 173-174. <https://doi.org/10.1089/big.2017.29022.vdb>
- epia2019.utad.pt (2019). AmlA – Ambient Intelligence and Affective Environments. Retrieved April 29, 2019, from <https://www.epia2019.utad.pt/index.php/83-thematic-tracks/103-amia>
- FIFA.com (2018). History of Football – The Origins – FIFA.com. Retrieved March 28, 2019, from <https://www.fifa.com/about-fifa/who-we-are/the-game/index.html>
- FIFA/ Getty Images (2018). VAR Room. Retrieved from <https://www.digitaltrends.com/outdoors/2018-world-cup-var/>
- FIFPro.org (2019). History – FIFPro World Players' Union. Retrieved April 1, 2019, from <https://fifpro.org/en/about-fifpro/history#>
- Fister, I., Ljubič, K., Suganthan, P. N., Perc, M. e Fister, I. (2015) Computational intelligence in sports: Challenges and opportunities within a new research domain. *Applied Mathematics and Computation*, 262, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2015.04.004>
- Forbes.com (2018). The World's Highest-Paid Soccer Players 2018. Retrieved April 1, 2019, from <https://www.forbes.com/pictures/5b193f764bbe6f74868be41b/the-worlds-highest-paid-s/#554e83bb4ea9>
- Forsdick, S. (2019) The technology behind the new £850m Tottenham Hotspur stadium. Retrieved April 17, 2019, from <https://www.compelo.com/tottenham-hotspur-stadium-technology/>
- Frank, M., Pring, B. e Roehrig, P. (2017) *What to Do When Machines Do Everything: Five Ways Your Business Can Thrive in an Economy of Bots, AI, and Data*. John Wiley & Sons, Incorporated. Retrieved from [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=GyfZDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=ai+in+the+world+today&ots=YG-f1EFBu6&sig=hkBBzvWuVNuFAS9E\\_QEOv8hZKQ&redir\\_esc=y#v=onepage&q=ai+in+the+world+today&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=GyfZDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=ai+in+the+world+today&ots=YG-f1EFBu6&sig=hkBBzvWuVNuFAS9E_QEOv8hZKQ&redir_esc=y#v=onepage&q=ai+in+the+world+today&f=false)
- Funge, J., Tu, X. e Terzopoulos, D. (1999) Cognitive modeling: knowledge, reasoning and planning for intelligent characters. *Proceedings of the 26th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 43 (7), 29-38. <https://doi.org/10.1145/311535.311538>
- Garbade, M. J. (2018) A Simple Introduction to Natural Language Processing. Retrieved May 2, 2019, from <https://becominghuman.ai/a-simple-introduction-to-natural-language-processing-ea66a1747b32>
- Geitgey, A. (2016) Machine Learning is Fun Part 6: How to do Speech Recognition with Deep Learning. Retrieved May 2, 2019, from <https://medium.com/@ageitgey/machine-learning-is-fun-part-6-how-to-do-speech-recognition-with-deep-learning-28293c162f7a>
- Genesereth, M. (n. d.) Overview of General Game Playing. Retrieved April 30, 2019, from <http://ggp.stanford.edu/notes/overview.html>
- Gershgorin, D. (2017) Researchers are using Darwin's theories to evolve artificial intelligence, so only

- the strongest algorithms survive — *Quartz*. Retrieved April 26, 2019, from <https://qz.com/933695/researchers-are-using-darwins-theories-to-evolve-ai-so-only-the-strongest-algorithms-survive/>
- Goal Line Technology Diagram (2018). Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Goal-line\\_technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Goal-line_technology)
- Golden 1 Center (2017). Retrieved from <https://www.golden1center.com/news/detail/best-elite-sports-facility-release>
- Greenemeier, L. (2017) 20 Years after Deep Blue: How AI Has Advanced Since Conquering Chess — *Scientific American*. Retrieved April 30, 2019, from <https://www.scientificamerican.com/article/20-years-after-deep-blue-how-ai-has-advanced-since-conquering-chess/>
- Hastie, T., Tibshirani, R. e Friedman, J. (2009) *Machine Learning Book. Elements* (Vol. 27). <https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7>
- Heath, N. (2018) What is AI? Everything you need to know about Artificial Intelligence | *ZDNet*. Retrieved March 25, 2019, from <https://www.zdnet.com/article/what-is-ai-everything-you-need-to-know-about-artificial-intelligence/>
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. e Ram, S. (2004) Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28 (1), 75. <https://doi.org/10.2307/25148625>
- Jha, M. (2018) Beyond Moneyball: How AI is Transforming Sports | *Analytics Training Blog*. Retrieved March 27, 2019, from <https://analyticstraining.com/beyond-moneyball-how-ai-is-transforming-sports/>
- Jim, H. e Jana, K. (1996) Control of Search in AI Planning (November), 3-23.
- Joshi, N. (2019) Here's How AI Will Change The World Of Sports! Retrieved May 8, 2019, from <https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/03/15/heres-how-ai-will-change-the-world-of-sports/#7ce38e00556b>
- Kasler, D. (2016) New Sacramento Kings arena a high-tech playground | *The Sacramento Bee*. Retrieved April 17, 2019, from <https://www.sacbee.com/news/local/city-arena/article103557807.html>
- Kidd, R. (2018) World Cup 2018: Germany Turns To Technology In Bid To Retain Title. Retrieved March 11, 2019, from <https://www.forbes.com/sites/robertkidd/2018/06/15/world-cup-2018-germany-turn-to-technology-in-bid-to-retain-title/#6763ab3c60b9>
- Kirsh, D. (1991) Foundations of AI: The big issues. *Artificial Intelligence*, 47 (1-3), 3-30. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(91\)90048-O](https://doi.org/10.1016/0004-3702(91)90048-O)
- Lacerda, D. P., Dresch, A., Proença, A. e Antunes Júnior, J. A. V. (2013) Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & Produção*, 20 (4), 741-761. <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2013005000014>
- laliga.es (2019). Artificial Intelligence and VAR take centre stage during LaLiga Innovation Showcase at the Mobile World Congress | News | Liga de Fútbol Profesional 2019. Retrieved April 17, 2019, from <https://www.laliga.es/en/news/artificial-intelligence-and-var-take-centre-stage-during-laliga-innovation-showcase-at-the-mobile-world-congress>
- LeCun, Y., Bengio, Y. e Hinton, G. (2015) Deep learning. *Nature Methods*, 13 (1), 35. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3707>
- Lerner, S. (2004) Machine Learning and Automated Theorem Proving, (792), 1-33. <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-121-9>
- Liu, J., Kong, X., Member, S., Xia, F., Member, S., Bai, X. e Wang, L. (2018) Artificial Intelligence in the 21st Century (March). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2819688>
- Lufkin, B. (2017) Why the biggest challenge facing AI is an ethical one. Retrieved from <http://www.bbc.com/future/story/20170307-the-ethical-challenge-facing-artificial-intelligence>
- Luo, L. (2018) Why Is the Human Brain So Efficient? Retrieved from <http://nautil.us/issue/59/connections/why-is-the-human-brain-so-efficient>
- Makridakis, S. (2017) The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46-60. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006>

- Marr, B. (2016) What Is The Difference Between Artificial Intelligence And Machine Learning? Retrieved May 2, 2019, from <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/12/06/what-is-the-difference-between-artificial-intelligence-and-machine-learning/#462921312742>
- McClelland, J. L. (1988) Connectionist Models and Psychological evidence. *Journal of Memory and Language*.
- McCulloch, W. S. e Pitts, W. H. (1943) A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-133.
- Newell, A. e Simon, H. A. (1976) Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search, 19 (3).
- NextVR (2017). Retrieved from <https://digital.hbs.edu/platform-digit/submission/nextvr-bringing-virtual-reality-events-into-the-home/>
- Nocks, L. (2007) The Robot: The Life Story of a Technology – Lisa Nocks – Google Livros. Retrieved May 2, 2019, from [https://books.google.pt/books?id=urEaBTI3v1QC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?id=urEaBTI3v1QC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Oxford Dictionaries (2018). sport | Definition of sport in English by Oxford Dictionaries. Retrieved March 28, 2019, from <https://en.oxforddictionaries.com/definition/sport>
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A. e Chatterjee, S. (2007) A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24 (3), 45-77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-122240302>
- Plaisted, D. A. (2014) Automated theorem proving. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 5 (2), 115-128. <https://doi.org/10.1002/wcs.1269>
- Prince, S. J. D. (2012) *Computer Vision: Models, Learning, and Inference*.
- Renato, M. e Pires, C. (2017) Impact of Internet of Everything Technologies in Sports-Football Thesis presented as partial requirement for obtaining the Master's degree in Information Management. Retrieved from [https://run.unl.pt/bitstream/10362/30073/1/TGI\\_0120.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/30073/1/TGI_0120.pdf)
- Rijsbergen, C. J. van (1979). *Information Retrieval*. Retrieved from <http://www.dcs.gla.ac.uk/Keith/Preface.html>
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. e McClelland, J. L. (1986) A general framework for parallel distributed processing. In: Parallel distributed processing: explorations. *Learning Internal Representations by Error Propagation*. D. E. Rumelhart and J. L. McClelland (Eds.) (January 1986), 318-362.
- Russel, S. e Norvig, P. (2010) *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. <https://doi.org/10.1017/S0269888900007724>
- Samuels, M. (2017) How Tottenham Hotspur is building the intelligent stadium of the future | ZDNet. Retrieved April 17, 2019, from <https://www.zdnet.com/article/how-tottenham-hotspur-is-building-the-intelligent-stadium-of-the-future/>
- Samuels, M. (2018) Wimbledon: How AI, chatbots and big data help serve up a winning experience | ZDNet. Retrieved March 27, 2019, from <https://www.zdnet.com/article/wimbledon-how-ai-chatbots-and-big-data-help-serve-up-a-winning-experience/>
- SAP Sports One (2019). Retrieved from <https://www.accely.com/blog/sap-implementing-digital-transformation-in-the-sports-industry/>
- Second Spectrum (2016). Retrieved from <https://www.secondspectrum.com/press/2016-05-13.html>
- Seif, G. (2018) An easy introduction to Natural Language Processing. Retrieved May 2, 2019, from <https://towardsdatascience.com/an-easy-introduction-to-natural-language-processing-b1e2801291c1>
- Sennaar, K. (2019) Artificial Intelligence in Sports – Current and Future Applications | Emerj. Retrieved May 8, 2019, from <https://emerj.com/ai-sector-overviews/artificial-intelligence-in-sports/>
- Silkin, L. (2019) Artificial Intelligence: The New Driving Force Behind Sports Performance and Entertainment – Lexology. Retrieved April 22, 2019, from <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=7d3990a1-0a9e-4f2b-8a6d-2a2b5b035730>
- Simon, H. A. (1997) *The Sciences of the Artificial, (third edition)*. *Computers & Mathematics with Applications* (Vol. 33). [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(97\)82941-0](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(97)82941-0)

- Stein, M., Janetzko, H., Breitzkreutz, T., Seebacher, D., Grossniklaus, M., Couzin, I. D. e Keim, D. A. (2016) Director' s Cut: Analysis and Annotation of Soccer Matches. <https://doi.org/10.1109/MCG.2016.102>
- Stock, W. G. e Stock, M. (2013) D.1 Boolean Retrieval. *Handbook of Information Science* (c), 1-18. <https://doi.org/10.1515/9783110235005.241>
- Stuart, K. (2014) Why clubs are using Football Manager as a real-life scouting tool | Games | *The Guardian*. Retrieved May 22, 2019, from <https://www.theguardian.com/technology/2014/aug/12/why-clubs-football-manager-scouting-tool>
- Sun, R. (2000) Artificial Intelligence: Connectionist and Symbolic Approaches.
- Szeliski, R. (2011) *Computer Vision: Algorithms and Applications*.
- Tottenham Stadium (2019). Retrieved from <https://talksport.com/football/469048/tottenham-new-stadium-arsenal-security-fears/>
- Vaishnavi, V., Kuechler, B. e Petter, S. (2004) Design Science Research in Informaiton System, 1-66. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-29863-9>
- Variawa, R. (2019) Artificial Intelligence: Explainable in every language. Retrieved February 9, 2020, from <https://towardsdatascience.com/artificial-intelligence-explainable-in-every-language-4fbdf2dd0b27>
- Wasow, T., Perfors, A. e Beaver, D. (2005) The Puzzle of Ambiguity. *Morphology and the Web of Grammar: Essays in Memory of Steven G. Lapointe*, 1-18.
- Wiechowski, M., Park, H., Mańdziuk, J. e Kim, K. J. (2015) Recent Advances in General Game Playing. *Scientific World Journal*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/986262>
- Wimbledon Messenger (2017). Retrieved from <https://gadgetsmlta.com/tech/wimbledon-tech/>
- Yang, G. (2011) A Study of How Information Systems Facilitate Football.

## ANEXOS

### Entrevista a L. N.

*“Com o nível de intensidade competitiva do futebol, qualquer acréscimo de conhecimento e de integração de diversos tipos de informação na performance individual e coletiva, torna-se importante. Os patamares de competitividade do futebol de topo são de um nível de pressão físico, técnico, tático e psicológico extremamente elevado, portanto tudo aquilo que puder potenciar uma otimização do que cada jogador consegue em cada momento, em função das suas características físicas, da forma em que se encontra e do seu estado psicológico, que influencia o seu compromisso, entrega e atitude. Podendo nestes domínios, físico e psicológico, a IA ter a sua maior influência. A influência da IA na aproximação tática não deverá ser tão relevante, pois não é uma área que possa ser trabalhada da mesma forma pela IA.*

*No domínio físico e psicológico, a IA é já influente no futebol. Todas as ferramentas que partem da observação e coleção de informação de dados físicos, de performance, monitorização, ao longo do tempo, deteção dos momentos de pico e de momentos de quebra, das reações físicas e psicológicas dos jogadores a situações de choque, duelo físico e contacto, a situações extremas, como sprints, corridas de longa duração, tudo isso leva a que se consiga modelizar um determinado padrão de comportamento, por parte de cada jogador, detetando quais são os seus pontos fortes e pontos fracos. Dentro daquilo que é a sua situação estrutural, ou seja, aquilo que ele é capaz de fazer. Primeiro, deve-se recolher toda a sua informação estrutural e, depois, saber qual é o modo como o jogador se comporta no terreno em cada instante. Com base na sua estrutura e limites é possível fazer-se um acompanhamento da sua performance e detetar quais as suas falhas de desempenho e procurar a melhor forma de suprir essas mesmas falhas, podendo assim fazê-lo estar mais próximo daquilo que é o seu ótimo estrutural.*

*As tecnologias na ótica da experiência dos fãs, são tecnologias que vão ao encontro do marketing dos clubes, podendo essas mesmas tecnologias animar e atrair mais fãs. A sofisticação de software nesses casos será menor. A relação entre os comportamentos dos adeptos e os estímulos a que são sujeitos são mais simples e mais fáceis de avaliar. O futebol e o espetáculo desportivo é muito feito de emoção, paixão e há uma reserva de que seja possível fazer coisas que levem a um aperfeiçoamento dos ingredientes de marketing por parte da IA.*

*A arbitragem é uma vertente menos inteligente da IA, pois o VAR ou a GLT, são uma verificação geométrica, pois partem de um algoritmo que verifica se a bola passa ou não a linha ou o jogador viola ou não as regras. Não é uma área que a IA possa fazer evoluir bastante. Por exemplo, uma maior quantidade de dados não fará melhorar a performance deste tipo de tecnologias. É algo que já veio tarde, pois no ténis este tipo de tecnologias já era utilizada há vários anos. A arbitragem não vive muito de inteligência, vive de dados e de algoritmos de verificação de factos a ponto milimétrico, não utilizando a inteligência dedutiva. Em relação às paragens que têm ocorrido na utilização do VAR, é algo que baixa a qualidade do jogo, pois é necessário esperar vários minutos e interrompe a cadência do jogo. Há pessoas que defendem que o erro faz parte do jogo, mas é melhor haver essa redução de erro, sendo necessário a tecnologia evoluir de modo a acelerar a decisão.*

*A introdução da tecnologia é benéfica para o futebol, pois com o passar do tempo temos verificado que a utilização da tecnologia tem aprimorado e aproximado os desportistas do seu limite. Por outro lado, tem uma externalidade negativa de expor os atletas, de uma forma geral, a uma vida de maior risco pós-competição. Todo aquele que pratica desporto nos limites, partindo do princípio que é isso que a tecnologia e a IA possibilita e pretende, sofre de uma esperança de vida menor, sofre de represálias físicas e neurológicas maiores do que atletas que não foram sujeitos a um regime tão intenso. Apesar disso a IA permite que cada vez se vá mais além, que cada vez se batam mais recordes e que num jogo de futebol ou qualquer outra modalidade, que os atletas consigam cada vez mais tirar partido das suas características físicas.*

*As áreas de futebol com maior necessidade de desenvolvimento de tecnologia, é o desempenho individual e, na parte tática, de análise de adversários e não na tática interna, a tecnologia pode dar um contributo grande, pois estudar os dispositivos táticos dos adversários é sempre uma mais-valia, apesar da imprevisibilidade do futebol, pois cada jogo é um jogo, com a criatividade, o ânimo, estado de espírito, forma física e individualismo. Mesmo assim, é possível detetar padrões na maneira como o concorrente se movimenta e joga, e isso é uma vantagem. Através dos lances estudados, como uma equipa marca as bolas paradas, movimentações-padrão, apesar de a imprevisibilidade estar sempre presente.*

*Em relação à construção de uma equipa baseada em estatística, como na abordagem moneyball, no futebol é bastante complicado definir o que é um bom jogador numa posição. No baseball é fácil definir o que é um bom jogador. É bom haver cada vez mais estatística no futebol, mas é um desporto muito mais complexo, em que os fatores que estão envolvidos na vitória são muito mais do que no baseball. No entanto, a utilização de estatística para contratações ou a utilização de jogadores é relevante, sendo a estatística muito mais relativa no futebol do que no baseball.*

*A tecnologia da Second Spectrum, de avaliação da qualidade dos lançamentos, pode ser relevante, mas também não será fácil de aplicar em desportos de contacto. Não deixa de ser algo que ajuda a monitorizar os nossos jogadores, os adversários e de melhorar o desempenho dos jogadores e colmatar as suas falhas.*

*Em relação ao KAI, não deverá haver muito interesse em dar demasiada informação aos fãs. Por exemplo, revelar aos fãs que um jogador não está presente devido aos seus últimos desempenhos ou devido à sua condição física. Este tipo de tecnologia pode levar a um escrutínio muito miúdo das decisões dos treinadores.*

*A adaptação de uma tecnologia, como a GLD, à linha lateral linha de fundo, pode ser relevante, pois é algo que já existe e pode trazer decisões automáticas. Caso seja utilizado, em conjunto com um chip nas botas, que mediria quem foi o último a tocar na bola, é algo interessante. Levanta uma questão que é a segurança e o escrutínio da utilização dos chips, seria necessário haver um dispositivo rigoroso que validasse uma utilização regular da tecnologia.*

*O campo de aplicação será cada vez maior, a tecnologia será cada vez mais viável e mais ampla. Havendo limites e externalidades negativas que merecem grande consideração, pois estas externalidades serão notadas amanhã, de maneira positiva e negativa. Falar de desporto é falar de uma atividade humana, onde tem de haver, deve haver sempre uma margem para a emoção, imprevisto, erro, para o rasgo que contraria a estatística e não gostaria de ver o desporto feito por super-homens e autómatos onde cada movimento de cada equipa fossem coisas quase certas, no fundo, que o desporto se tornasse algo como a Playstation. Que a tecnologia seja cada vez mais útil sem exagerar e sem levar a extremos das capacidades físicas e psicológicas dos atletas.”*

## **Entrevista a M. B.**

*“O que é que consideramos ser uma mais-valia? Se são aplicáveis, se poderiam ter resultados ou se a nível de negócio seriam rentáveis ou aceites, pois é uma área com muitas preocupações, como, por exemplo, a proteção de dados. Um dos grandes problemas de aplicar tecnologias, especialmente no futebol de topo, é que muitas das coisas que se poderiam fazer com tecnologias e que requerem um investimento para se desenvolverem, os clubes não precisam porque têm uma série de pessoas, por exemplo, fãs, que já o fazem ou concordariam fazer de forma gratuita, por exemplo, anotações ou tomar notas. Outra dificuldade está ligada à privacidade dos dados e à obtenção desses mesmos dados. Existe também o risco de os dados serem partilhados e das pessoas terem medo de serem substituídas e perderem a sua função.*

*A nível das técnicas que poderão ser utilizadas, é um pouco difícil de identificar. Existe sempre uma questão do que é que é IA ou não. Utilizando o exemplo do hawk-eye, que tem a base toda em computer vision e na representação em 3D. Já se sabe a dificuldade em utilizar este tipo de sistema no futebol, há uma série de questões, algumas questões a nível de aplicação. Devem ser só aplicadas*

*a clubes de primeira liga? As equipas que sobem de escalão, devem ser elas a pagar a implementação do sistema? São várias as questões que rodeiam a melhor maneira de aplicar estas tecnologias. Uma grande vantagem tecnológica foi a aplicação do VAR, pois a existência dos mesmo já demonstra uma aberta a novas tecnologias.*

*Mais concretamente, a nível de IA, o treino é, para mim, o sítio mais fácil para se aplicarem as tecnologias de IA. Desde que se retirem informações suficientes é possível prever qual é que vai ser o desempenho. Falamos desde retirar algumas informações dos atletas em escalões pequenos e ver qual vai ser o seu desenvolvimento, pois as escolas de formação, de momento, têm bastantes atletas e a pressão sobre os jovens é imensa, com a possibilidade de previsão, poderá haver um maior apoio a atletas que não irão conseguir aguentar a pressão e inclusivamente prever se eles irão ter essas dificuldades. A nível dos atletas de topo, seria algo semelhante, ou seja, conseguir potenciá-los ao máximo. Algo que já é feito a nível do atletismo, é o estudo da posição das pernas no arranque, de modo a otimizar ao máximo a sua velocidade. No futebol, pode ser feito o estudo do remate à baliza e como otimizar o movimento para potenciar a força ou a colocação. Primeiro, uma análise que envolve uma série de áreas, por exemplo, a área médica e biológica, para entender quais são as melhores posições para aumentar a velocidade e precisão e, em segundo, uma análise mais de machine learning, em que há um estudo para experimentar várias hipóteses, para ver quais as de maior sucesso e conforme o tipo de jogador. Uns terão um maior rendimento com um tipo de técnica e outros com outro tipo. É também possível realizar uma análise estratégica, para entender quais as estratégias mais adequadas para os diferentes tipos de adversários. É difícil de aplicar, pois, ou será a um nível muito macro ou se for muito micro é necessário obter muitos dados, em que acontece tanta coisa que se torna difícil uma pessoa ter a capacidade de analisar corretamente. Uma coisa interessante que pode ser feita é a aplicação de uma simulação, algoritmo genético ou algo a nível evolucionário, que é aplicar uma estratégia teórica por duas equipas alimentadas por parâmetros característicos da própria equipa e realizar uma simulação para ver o que acontece e retirar quais as estratégias que fazem mais sentido aplicar e quais as que precisam de ser corrigidas.*

*Em relação à experiência dos fãs, a parte da realidade aumentada é algo mais ligado à computação gráfica. Pode ter algo ligado à computer vision, mas é mais ligado à parte gráfica. Pode usar-se a visão computacional com três ou quatro câmaras e é o que faz com a utilização da triangulação dará para fazer a perspetiva do jogador, mesmo sem haver a câmara de jogador. Fazendo o paralelismo com os jogos de computador, é possível com uma câmara, com a perspetiva de cima, saber a posição dos jogadores e se já houver, pré-carregados, modelos de jogadores, é possível, com o apoio de mais câmaras, representar a visão dos jogadores. Fazer tudo isto em real time seria um pouco pesado e com um investimento grande, mas já há potencial, com o poder computacional, para realizar essa perspetiva do jogador. Na parte da realidade aumentada, é provavelmente possível, com um telemóvel, filmar os jogadores, dependendo do tipo de aparelho que esteja a ser utilizado, fazer coisas como clicar no jogador e aparecerem informações e dados do jogador.*

*Na parte da arbitragem, a única coisa que imaginaria é um sistema de apoio à decisão, não consideraria a substituição do árbitro. O hawk eye, funciona como IA e, neste momento, está a ser aplicado. Logicamente, como usa a parte de visão computacional para a realização da modulação 3D, tem a componente de IA. Claro que pode ser utilizado para mais coisas, como o esférico ultrapassar a linha final ou lateral. Tudo isso é possível de utilizar. Pode também ser feito sem a necessidade de IA, com a utilização de sensores. Já foi realizada uma experiência num campo de ténis, mas a utilização de vários sensores acaba por se tornar demasiado dispendiosa. Atualmente, é utilizada uma das melhores abordagens no futebol, pois a decisão é sempre revista por um ser humano, o que também traz a parte de responsabilização, não podendo assim a decisão caber única e exclusivamente à máquina. O que pode acontecer, com a evolução do tempo, é, como já é utilizado em casos como o excesso de velocidade, em que uma máquina diz qual era a velocidade do carro, chegaremos a uma altura em que a precisão é tão grande que quando o VAR conseguir automaticamente dizer que é fora de jogo ou não, o árbitro irá aceitar sem questionar. Em relação à utilização de IA em faltas com contacto, já é bem mais difícil, pois a representação em 3D ainda não é precisa o suficiente para saber se houve realmente contacto ou não. Se a precisão não é suficiente, não se pode utilizar as*

*imagens, pois o árbitro será influenciado pelas imagens, mesmo sem a precisão adequada. Algo que também pode ser explorado, é a chamada de atenção para faltas sem bola. A utilização das câmaras para detetar irregularidades quando o árbitro ou os seus auxiliares não conseguem ver. Uma das questões que se levanta hoje em dia com a utilização das tecnologias, é se vamos utilizar câmaras e sistemas que alertam para estes casos, algo que antigamente seria impossível de detetar, estando o árbitro a olhar para o jogo, tudo era muito rápido e, com a dúvida, muitas vezes não marcava, agora, com a possibilidade de utilização das imagens, já há uma maneira de confirmar, é necessário que as regras se adaptem e fiquem mais claras em relação a estas decisões. Para estes sistemas de apoio, é necessário aplicar lógicas, como os verdadeiros positivos ou falso negativos, para obter uma maior noção da fiabilidade destas tecnologias. Se o árbitro não notou, qualquer coisa que o sistema avise, desde que não seja um falso positivo, será bom. O sistema pode é não conseguir treinar o suficiente para ter uma percentagem de grande confiança.*

*A utilização de tecnologias, como o KAI ou o Wimbledon Messenger, é interessante. As pessoas podem fazer as perguntas e obter as respostas dos robots. Pode mesmo ser feito por escrito ou voz, através também da utilização de NLP, Natural Language Process.*

*A representação de hologramas num estádio de futebol é possível ser feita, provavelmente, terá um custo bastante elevado, visto que uma representação a uma grande escala envolve bastantes despesas. Em relação a essa mesma representação ser executada por um telemóvel em casa, através da utilização de uma app, já é algo que pode ficar um pouco mais em conta.*

*Uma ideia que pode ser executada, tem a ver com a utilização de computer vision para a obtenção de imagens do público, retirando qual a disposição do público atual. Algo que pode ser obtido através de microexpressões, se o público está chateado ou não, por exemplo. Essa informação pode ser utilizada para otimizar o negócio e estudar como o público reage aos estímulos. A maior dificuldade pode prender-se com a distância das câmaras, mas, atualmente, também já é possível retirar informações a partir dos movimentos do público, através do movimento das massas.*

*Na ótica da substituição das pessoas por máquinas na perspetiva de treino ou observação, isso é algo que nunca irá acontecer em ponto nenhum. A nível de IA, tirando a robótica, todas as decisões de alto nível são tomadas pelo ser humano. Só as tarefas mais rotineiras e de baixo nível é que são executadas pela IA e são utilizadas como aconselhamento. De momento a IA não evoluiu ao ponto de substituir as pessoas.”*

## **Entrevista a S. S.**

*“A aprendizagem automática pode ser, sem dúvida, útil para o futebol. Duvido que não seja já utilizada. A aprendizagem automática é um campo muito vasto. Dá para fazer previsões de todos os tipos, algo que todos precisam. Por exemplo, previsão da probabilidade de ganhar um jogo se tiver uma determinada formação de equipa, quando estou a jogar contra equipa x ou y, quando o jogador z esteve doente há x tempo, se está sol ou se está chuva. Isto são coisas que podem ter influência em certos jogadores. Isto provavelmente é algo que nunca foi feito. Temos um manancial de dados, pois acho que no futebol se regista tudo, pelo menos até já se sabe quanto correu um jogador em campo, ou quais foram as zonas em que esteve mais tempo. Agora, será que alguém está a utilizar estes dados para conseguir formar a melhor equipa possível, para aquele jogo específico? Possivelmente, não.*

*Uma coisa tão simples como fazer uma análise dos resultados do que aconteceu em jogos passados com a mesma equipa, com as mesmas condições, uma tentativa de reconhecer padrões do que levou ao sucesso ou não naquele jogo, podem ajudar bastante no suporte da decisão de um treinador. Será que alguém já tentou reconhecer os padrões de sucesso e o que é que influencia o desempenho de um jogador em específico? Do que sei de futebol e como as coisas funcionam, utilizaria a análise de dados históricos de jogos. Dados detalhados, com variáveis em que possivelmente ninguém pensou na altura, como se está a chover ou se está sol.*

*Na ótica de da experiência dos fãs, o que pode ser útil é o estudo dos padrões que levam a uma maior atratividade dos fãs pelo estádio. Em relação à arbitragem a IA também pode suportar o VAR.*

*A utilização de algoritmos inteligentes, algoritmos de previsão. Com o aparecimento da big data, o potencial da utilização de machine learning pode haver uma melhor análise de dados completos com o objetivo de extrair padrões. Pode não haver dados disponíveis para potenciar essa mesma extração. Também a combinação de machine learning com visão computacional é interessante, mas é algo que já deve estar a ser utilizado, pois o árbitro já recebe o aviso se a bola passou ou não a linha de golo.*

*A utilização da combinação de aprendizagem automática com algoritmos fuzzy pode ser interessante para uma maior previsão do resultado final. Por exemplo, no desenvolvimento de um jogador, pode tentar-se prever como irá ser o desenvolvimento do mesmo. Utilizando dados físicos, psicológicos, de métodos de treino e muito mais, pode tentar prever-se como seria o desenvolvimento de um jogador.*

*A utilização de vários dados e de várias fontes é algo que deve ser mais explorado. A utilização de dados heterogéneos, dados que não sabemos se interessam ou não e deixarmos a aprendizagem automática descobrir se interessam ou não. Ver o que os algoritmos conseguem prever e aprender com a utilização de dados históricos, quando digo históricos não é necessário utilizar dados de 50 anos atrás, basta utilizar dados do último ano de competição. Deve haver muitos padrões para descobrir. A IA também pode ajudar na obtenção destes dados. Pode ser criado um bot que irá recolher todos estes dados disponíveis, online, por exemplo.*

*Em relação à tecnologia da Second Spectrum, é algo que pode ser relevante e ter influência. Quando se decide comprar um novo jogador e gastar milhões na sua aquisição, provavelmente, essa análise terá bastante importância, possivelmente ainda mais que a análise do treinador. Há que também avaliar se o jogador é ou não adequado à equipa em que se irá inserir.*

*A abordagem do Moneyball, pode sem dúvida influenciar a abordagem no futebol. A aprendizagem automática é apenas uma estatística com “esteroides”, na verdade a aprendizagem automática baseia-se em estatística. Pode ser utilizada na composição das equipas para cada jogo e na aquisição de jogadores.*

*A tecnologia da Automated Insights é viável se for utilizada da maneira correta. Mesmo sendo os seres humanos a escrever as notícias, podem manipular o que é escrito. Quando os algoritmos são manipuladores é porque os seres humanos lhes disseram para ser manipuladores. A utilização desta tecnologia é tão perigosa quanto o ser humano que está por detrás da sua conceção. A aprendizagem automática não é magia, se o ser humano fornece uma amostra enviesada será interpretada de maneira enviesada.*

*É inevitável a introdução de tecnologias como as da IA no desporto e no futebol. É algo a que não conseguimos fugir. No final, provavelmente, irá ganhar quem conseguir utilizar a IA da melhor maneira. Temos o poder computacional e temos muitos dados. Não acredito que no futebol esses dados sejam deitados fora, por isso existe um potencial a ser explorado.”*

## **Entrevista a J. L.**

*“Em relação à introdução de tecnologias no futebol, faz parte da evolução do futebol. É uma maneira de trabalhar bem diferente, no entanto, o objetivo a atingir é o mesmo. Seja o trabalho feito através da tecnologia, no papel ou no campo, o objetivo é o mesmo, que é colocar uma equipa a ser o mais rentável possível, a trabalhar o melhor possível. Olhando, sem nunca descurar a parte física do atleta.*

*Quanto mais tecnologia se utiliza no atleta, na equipa, no grupo de trabalho, menos pensa o atleta. Trabalhasse durante a semana a nível de tecnologia, os movimentos, os passes, onde irá aparecer um jogador no espaço vazio e onde irá aparecer outro. Desde a bola de saída, a bolas paradas, livres, jogadas continuas, onde é que a bola deve entrar ou para onde o guarda-redes deve colocar a bola na saída. Todo este trabalho feito no computador, algo que também se faz sem ser no*

*computador, nem sempre sai da mesma maneira no campo, pois a tecnologia é a teoria, o trabalho na prática seja ele feito de que maneira for, não é feito a regra e esquadro. Sem dúvida nenhuma que se traçam objetivos que nem sempre se alcançam, tenham sido trabalhados de que maneira for.*

*Da linha da frente para o lado contrário do campo, o pensamento do jogador deve ser livre. É necessário haver liberdade e espaço ao improvisado para o jogador mostrar a sua habilidade e capacidade. O jogador é um ser humano, com mais ou menos habilidade, mas não é nenhuma máquina. Não é nenhum robot.*

*Tecnicamente, a evolução na área da recuperação e na área clínica tem sido abissal. Antigamente, acabava-se o jogo e o atleta ia ao banho e para sua casa. Em qualquer nível de competição. Hoje em dia é algo que já não acontece. A recuperação de um atleta deve começar logo após o término do exercício físico. Alongamentos, trabalho de hidro e crioterapia são alguns tipos de exercícios que são trabalhados, de modo a melhorar a recuperação de jogadores que trabalham o seu físico com a exigência atual.*

*Não há tecnologia sem teoria. Para mim, a tecnologia é uma maneira de transmitir. Com a evolução que houve na tecnologia, pegamos numa televisão e num computador e conseguimos explicar ao pormenor como é que deve ser feito. Na prática, é algo que nem sempre funciona. Julgo, que a nível de chamar a atenção e transmitir a informação, o método antigo de utilizar um quadro, retinha uma maior atenção dos atletas. A tecnologia ajuda bastante na preparação dos trabalhos, no chamar a atenção, no ajudar e corrigir movimentos, o quadro é mais chamativo. Quando um treinador está em campo, não é um computador que irá chamar a atenção de um jogador. Sem dúvida que na preparação de trabalhos, na área da saúde ou alimentação, a tecnologia demonstra ser uma grande mais-valia. A tecnologia também pode ser capitalizada para o ensino dos jogadores. A utilização de uma aplicação que relembra os jogadores para o que têm de fazer ou que os educa sobre as razões do porquê de terem de o fazer é importante.*

*No capítulo da experiência dos fãs e atratividade para encher os estádios, é uma área mais complicada. Por exemplo, antes do Scolari iam poucas senhoras aos campos de futebol, referindo os jogos da seleção nacional. Comecei a ver os campos cheios, pois esse senhor e grande amigo, com o seu discurso, com as entrevistas que dava e com iniciativas como a de colocar uma bandeira na janela, incentivou e motivou o interior dos portugueses, de maneira a levar mais pessoas ao estádio. Os clubes têm seguido essa prática. Julgo que o gosto pelo futebol é aquilo que se fala do futebol que leva as pessoas ao campo.*

*Em relação à tecnologia na arbitragem, é algo que eu sou um pouco contra. Ainda não há muitos dias falei com grandes árbitros, o futebol é uma arte que coabita com o erro. Só há golos se a outra equipa errar. Pois, por mais que uma equipa esteja preparada, se a outra equipa não errar, não haverá golos, pois também está a enfrentar uma equipa preparada. O espetáculo do futebol é o golo. Todas as pessoas erram, as equipas erram e os árbitros também erram. As paragens prolongadas que acontecem em alguns jogos, tiram ao futebol um pouco do que é o futebol. O árbitro tem de estar bem e confiante do seu trabalho para no momento exato atuar. Como qualquer jogador erra o árbitro pode errar. Não vem mal ao mundo se o árbitro cometer um erro e não marcar aquela falta. Daqui a pouco tempo, o árbitro deixa de ter o poder que tem e deve ter, para fazer o seu trabalho. Começa a pedir sempre ao quarto árbitro para rever as jogadas e, quando há dúvidas, ainda sai do campo para rever as jogadas. Hoje em dia, que os árbitros são profissionais, treinam em grandes centros e praticamente todos os árbitros são profissionais, não tem competência para acompanhar uma jogada e marcar a falta. Isto não é o futebol a que eu fui habituado, o futebol que eu joguei e que eu treinei. Mas, sem dúvida nenhuma que respeito esta evolução, mas não é aquilo de que eu gosto.*

*No caso da confirmação de golo, como na GLT, é algo bom. Decide em tempo real e informa sem necessitar de quebrar o ritmo de jogo.*

*Em relação à utilização de uma abordagem como o Moneyball, considero que é possível construir uma equipa baseada em estatística tendo em conta o seu objetivo. Por exemplo, uma equipa com o objetivo de manutenção, irá procurar atletas que durante o ano tiveram menos tempo parados. Se é um atleta que em 30 jogos faltou cinco, isso é algo bom. Por exemplo, escolher um atleta que é para ser utilizado nos jogos fora, um lateral mais defensivo, é preciso um atleta completo*

*que faça muitos jogos, mas que não precisa de ser tão forte como outros, pois só irá dar o seu máximo de 15 em 15 dias. No caso de se contruir um plantel para a subida de divisão, é necessária uma equipa mais acutilante e ofensiva. Antigamente, as equipas eram construídas com um distribuidor para colocar a bola na lateral, laterais rápidos que faziam a linha toda para cruzar para dentro de área. O Benfica, o Sporting e o Porto utilizavam todos essa estratégia, a construção de um plantel já era baseada em estatística de uma maneira rudimentar.*

*A tecnologia da Second Spectrum, é algo que é trabalhado. Imagino que o melhor lançador treina 1000 vezes durante a semana. É como o futebol. Os atletas treinam centenas de vezes o livre que vão marcar ao fim de semana. Julgo que a tecnologia da Second Spectrum é útil para avaliar e entender a qualidade dos jogadores. Ter em conta fatores como o clima ou a qualidade do relvado também fazem a diferença na compreensão da qualidade do jogador.*

*A utilização de aplicações como o KAI ou como o Wimbledon Messenger, são úteis para os fãs. Quanto mais informação se receber, mais conforto, mais segurança, se por exemplo indicar onde está o polícia ou o bombeiro, caso haja algum problema. Tudo isso é bastante importante para a segurança e isso é algo que leva cada vez mais pessoas ao campo. Todo esse tipo de informação é importante para levar mais fãs ao estádio.”*

