

O projeto foi desenvolvido pelo **João Borges (PG60105)**, pelo **João Faria (PG61466)**, pelo **Luís Cruz (PG60116)** e pelo **Tomás Marques (PG60135)**. Optamos pela rota preferencial, com o intuito de usufruir optimamente do tempo que dedicaremos a esta unidade curricular. Foi-nos proposta a conceptualização da componente visual de um *digital twin* de um guarda-redes de andebol.

## Conceptualização da Solução

Nesta segunda etapa será descrito todo o processo da conceptualização da solução, explicitando as nossas inspirações e justificações. Temos como objetivo o desenvolvimento de *dashboards* interativos que integrem uma multitude de métricas relevantes para contextos desportivos de alta competição. Adicionalmente, certos artefactos do nosso projeto são de tal modo ímpares que descreveremos também possíveis processos para a sua construção. Deste modo, forneceremos instrumentos capazes de apoiar a tomada de decisões por parte de personas que conjugam vários *stakeholders* do Académico Basket Clube de Braga.

## Abordagens Exploratória e Explanatória

Em retrospectiva, definimos o ponto de partida desta etapa no instante em que observamos de forma unânime a quantidade de artefactos de visualização sinónimos com a análise desportiva. Recuando pelas nossas memórias e experiências passadas, damos especial destaque a videojogos como o *Football Manager* ou o *Pro Evolution Soccer*, que permitem sentir em primeira mão a utilidade deste tipo de ferramentas. Com isso conseguimos esboçar uma lista de gráficos e *user stories* que mais tarde nos viriam ser extremamente úteis. A conjugação entre os artefactos permitiu consolidar o nosso entendimento sobre eles e até conceber mutações inéditas dos mesmos.

Demos por terminada a abordagem exploratória quando começamos a aplicar os nossos conhecimentos acerca da apresentação e visualização de informação. O foco da abordagem explanatória é, além da compreensão dos artefactos referidos anteriormente, a aplicação dos mesmos num *digital twin* de um guarda-redes de andebol. A nossa pesquisa acerca da modalidade (mais especificamente sobre a posição de guarda-redes) demonstrou-se proveitosa, visto que clarificou paralelos entre os exemplos anteriormente mencionados e as métricas implícitas de uma prestação defensiva.

## Motivações

Em qualquer modalidade desportiva, planteis que se encontrem (por acaso ou mérito) na vanguarda da tecnologia, detêm sem dúvida uma vantagem sobre os seus adversários.

Fruto do desenvolvimento de um *digital twin*, a equipa técnica do Académico Basket Clube de Braga poderá catapultar os seus atletas para um plano superior de autoconhecimento, inconcebível sem uma solução do tipo. Não só será possível otimizar dezenas de aspetos relativos à performance, a prevenção de lesões há de ser sempre bem-vinda.

## Descrição da solução

Durante esta fase de conceptualização priorizamos a interatividade. A nossa solução será capaz de fornecer análises detalhadas sobre o rendimento e personalidade dos guarda-redes: os caprichos, os maus hábitos ou tendências. Um historial de performances poderá ser cruzado com o estado de espírito do atleta respetivo. Será possível a análise em tempo-real do posicionamento do guarda-redes, e aconselhá-lo face à comparação com o posicionamento ideal (dadas certas informações sobre o movimento ofensivo adversário). As evoluções do plantel serão representadas através de variados artefactos de visualização, de onde poderão surgir *insights* relativos à adaptabilidade de certos atletas. E ainda procuramos auxiliar os fisioterapeutas e preparadores físicos do clube a otimizar a prevenção de lesões, possibilitadas pela identificação de comportamentos de risco.

## Personas

As personas procuram compactar todos os futuros utilizadores do sistema em perfis distintos, segmentados por características como os contextos de utilização ou experiências anteriores.

### Mário Augusto

- Nome completo: Mário José Saramago Augusto
- Função: Treinador Principal
- Idade: 43 anos
- Biografia: Mário Augusto sempre praticou desporto e a magnitude da paixão era (e é) tanta que se licenciou em desporto na FADEUP. Malfadado, sofreu uma lesão que extinguiu quaisquer sonhos de se tornar um astro no andebol. Contudo, a sua astúcia e tendências calculistas sempre o distinguiram dos restantes colegas de equipa, o que o levou a seguir a carreira de treinador, à qual já dedicou 15 anos da sua vida. Durante o seu percurso como atleta semi-profissional, adquiriu a paixão de formar e tutelar jovens guarda-redes. Considera os jogadores treinados por si como filhos, incentivando a melhoria contínua das suas habilidades e da competição entre eles. Interessa-se profundamente pela análise de dados em contextos desportivos, sendo o seu filme favorito o Moneyball.
- Objetivos:
  - Convocar o 7 ótimo.
  - Prestações de qualidade constante.
  - Redução de imprevistos.
  - Elevar a moral dos jogadores.
- Frustrações:
  - Inexistência de ferramentas de análise profundas.
  - Erros que levam a golos sofridos.
  - Falta de papeis bem definidos.
  - Rotatividade que implica sacrifícios.
  - Convocatórias heurísticas.
- Necessidades:
  - Otimizar convocatórias.
  - Rendimento previsível do guarda-redes.

### Lara Leite

- Nome completo: Lara Dora Leite
- Função: Preparadora Física e Fisioterapeuta
- Idade: 28 anos
- Biografia: Lara Leite licenciou-se em Ciências do Desporto na UBI. A otimização do corpo humano e o quotidiano de atletas de alta competição provocam-lhe grande fascínio. E por isso, encarrega-se do desenvolvimento físico de todo o plantel do ABC.
- Objetivos:
  - Minimizar o risco de lesão dos atletas.
  - Aumento da força e velocidade.
- Frustrações:
  - Mudanças súbitas e mal justificadas de intensidade de treino.
  - Ócio dos atletas.
  - Expectativas irrealistas da equipa técnica.
  - Atletas que ignoram sintomas.
  - Lesões recorrentes.
- Necessidades:
  - Análise da evolução dos atletas e dos seus históricos de lesões.

### Pedro Farelo

- Nome completo: Pedro Fanico Farelo
- Função: Guarda-Redes
- Idade: 27 anos

- Biografia: Pedro Farelo encarna os guarda-redes do plantel. O seu foco é a titularidade e a evolução contínua. Independentemente da fase da carreira, procurará contrariar eventuais declínios físicos com o aprofundar da sua leitura de jogo. O seu maior inimigo é a irregularidade, agravada pela ausência de uma sistematização da análise das suas prestações.
- Objetivos:
  - Lutar pela titularidade.
  - Desenvolvimento geral.
- Frustrações:
  - Prestações imprevisíveis.
  - Erros crassos.
- Necessidades:
  - Mecanismos sofisticados de avaliação para a otimização do seu posicionamento.
  - Aprofundar o seu autoconhecimento.

## Scenários

Esta secção dedica-se à idealização de cenários onde as nossas personas interagem entre si e com o sistema.

### “Cuidado com a Direita!” – Resposta Tática em Tempo Real

Este cenário foi concebido especificamente para Pedro Farelo, o guarda-redes, cuja principal necessidade é que lhe seja inferido o seu posicionamento ideal consoante os movimentos ofensivos do plantel adversário.

Durante um jogo, quando a equipa adversária repete um padrão ofensivo (sobreposição na ala esquerda, seguida de remates picados), o sistema entra em ação. O *digital twin* cruza em tempo-real dois fluxos de informação: a posição ideal do guarda-redes para o tipo de remate que está prestes a ser executado e o historial ofensivo do plantel adversário. Esta análise contextual permite que o treinador, Mário Augusto, instrua Pedro de forma precisa, incentivando-o a ser mais ousado e proativo nas suas saídas. Adicionalmente, sobreposto ao “fantasma” será visível um *gauge* que indica o “índice de quase”, ou seja, o quanto a posição atual do atleta se aproxima da ideal ou se quisermos, a taxa de adesão ao posicionamento ideal. Quanto mais próximo de 100% melhor, claro está.

Deste modo, transforma-se a intuição (“eles estão sempre a fazer o mesmo”) numa decisão apoiada por dados, aumentando assim a eficácia defensiva. Proporciona também a Pedro um *feedback* estruturado, explicitando o que necessita para aprofundar o seu autoconhecimento e conseguir estabilizar a sua performance.

### “Diferencia-te!” – Especialização Estratégica do Plantel

O segundo cenário idealizado por nós aborda diretamente as frustrações de Mário Augusto, nomeadamente a falta de papéis bem definidos no plantel e a rotatividade, que tendencialmente implica sacrifícios na performance coletiva.

A solução foca-se na valorização dos guarda-redes substituto e reserva (por exemplo, Carlos e Dinis). Em vez de uma comparação genérica com o titular (Pedro Farelo), a equipa técnica poderá analisar minuciosamente (através de gráficos de radar por exemplo) o historial e as estatísticas dos atletas, de modo a discernir particularidades úteis. O sistema gera então simulações e gráficos de linha (promulgados pela Lara Leite) que especializam o reserva precisamente em cobrir as vulnerabilidades específicas do titular, com base em dados históricos de desempenho. Isto permite que o treinador principal otimize as convocatórias, tendo a seu dispor alternativas à heurística.

A gestão de plantel é simplificada quando é atribuída aos jogadores papéis complementares fundamentados no escrutínio da informação, consolidada na nossa solução. O resultado é um guarda-redes substituto transformado num trunfo tático especializado, aumentando a flexibilidade estratégica da equipa e mitigando o impacto negativo da rotatividade.

### “Mais vale prevenir do que remediar!” – Gestão Proativa da Performance e Saúde

O nosso último cenário é protagonizado pela Lara Leite, a fisioterapeuta e preparadora física do Académico Basket Clube de Braga, cujos objetivos principais são a manutenção do bem-estar e a gestão da evolução (sobretudo) física dos atletas.

São recorrentes os choques que Lara tem com a equipa técnica, devido às mudanças súbitas e mal justificadas da intensidade dos treinos e das lesões descabidas que delas podem surgir (*insight* este derivado não só da experiência profissional de Lara mas dos gráficos de linhas que cruzam certos índices com os azares dos jogadores).

A solução atua como um sistema de alerta preemptivo, acompanhado continuamente de métricas de rendimento e compromisso técnico (como o índice de "quase") durante os treinos. Quando o sistema deteta um decréscimo sustentado nestes indicadores – sinal de facilitismo ou fadiga acumulada – gera um alerta objetivo para a Lara. Este dado concreto, associado ao histórico do atleta, permite-lhe planejar intervenções proativas, como o ajuste da carga de treino ou a introdução de exercícios corretivos, antes que um período de desleixo culmine numa lesão ou numa quebra de rendimento em competição. Desta forma, o sistema fornece a análise da evolução que a Lara necessita, aprimorando a sua qualidade metódica.

## Número de Atributos

Finalizada a descrição de potenciais cenários, procederemos à descrição de determinadas características da solução, nomeadamente a classificação dos atributos.

Caso o leitor alguma vez se deparar com um alarmante grau de indecisão face uma escolha de tipologia de gráfico, lembre-se da tipologia dos atributos em questão. Neste caso em específico referem-se a variáveis chave derivadas da aquisição de dados em tempo-real. Exemplos disto (alguns já descritos acima) são a posição do guarda-redes e do atacante, o ângulo de lançamento, a zona da baliza para onde o remate foi direcionado, o tempo de reação ou métricas fisiológicas como a frequência cardíaca. Estas variáveis permitem comparar o posicionamento real do guarda-redes com o seu "fantasma" ideal, facilitando a análise e o feedback imediato.

Os atributos podem ser classificados da seguinte forma:

- **Univariado:** Representa um atributo apenas, como a evolução da percentagem de defesas ao longo de uma sessão de treino ou jogo. Esta abordagem é simples e útil para monitorizar métricas isoladas, como taxas de sucesso de defesas.
- **Bivariado:** Um par de atributos, o que permite explorar relações diretas, como a correlação entre o ângulo de lançamento do atacante e a probabilidade de defesa, ou entre a posição inicial do guarda-redes e o desfecho de um lance, defesa ou golo. Esta visualização é essencial para identificar padrões comportamentais.
- **Trivariado:** O acréscimo de um atributo face aos bivariados enriquece a pertinência de um dado artefato. Podem ser exemplos disto a integração das posições do guarda-redes e do rematador com a zona da baliza atingida. Isto facilita a comparação em tempo-real entre o posicionamento real e o ideal, onde a precisão de movimentos pode ser avaliada através de sobreposições visuais.
- **Multivariado:** Embora poderosa, este tipo de representação pode alcançar níveis de complexidade tais que seja necessário abstrações seletivas para salvaguardar a interpretabilidade, especialmente em contextos de alta competição.

Será dada prioridade a representações bivariadas e trivariadas, de modo a equilibrar o detalhe com a clareza evitando sempre a sobrecarga visual. Exemplos incluem gráficos bivariados para relacionar tipologias de movimentação ofensiva com a vulnerabilidade de determinadas zonas da baliza ou mapas trivariados, de modo a sobrepor o posicionamento real ao "fantasma" ideal, dispondo de um gradiente para descrever a favorabilidade dos resultados dos lances e promovendo assim a antecipação cognitiva.

## Filtros

Os filtros constituem um pilar fundamental na construção do nosso sistema, permitindo decompor e explorar os dados de forma estruturada e estratégica. No contexto do Digital Twin do guarda-redes, implementámos um conjunto de controlos analíticos específicos que funcionam como lupas para diferentes dimensões da performance.

Através de uma "Escala Temporal", é possível delimitar a análise a intervalos específicos, como uma fase da época, um mês ou um único jogo, revelando padrões de evolução, consistência ou flutuação na forma do atleta. A ferramenta "Setor da Baliza" decompõe a área de intervenção em zonas precisas (ex.: cantos superiores, baixo junto ao poste), permitindo mapear com rigor os pontos de maior eficácia e as possíveis vulnerabilidades no posicionamento e nos reflexos.

Para uma análise contextual profunda, o filtro "Tipo de Ocorrência" classifica as situações de remate enfrentadas (como contra-ataque rápido, remate em rotação ou grande penalidade), informação vital para avaliar a capacidade de antecipação e leitura tática. O seletor "Adversário" isola o desempenho contra equipas ou atacantes individuais, servindo de base para uma preparação estratégica personalizada. Por fim, o parâmetro "Momento de Jogo" (último minuto, inferioridade numérica, igualdade no marcador) ajuda a dissecar o comportamento e a resiliência do guarda-redes sob diferentes níveis de pressão competitiva.

## Mecanismos de Exploração e Análise

A capacidade de interagir com a informação visual é o que transforma um conjunto de gráficos num verdadeiro ambiente de descoberta. A nossa plataforma foi concebida para oferecer múltiplas camadas de interação, adaptando-se ao fluxo de investigação do utilizador e promovendo uma compreensão ativa e não-linear dos dados.

Partimos de vistas consolidadas, que funcionam como retratos sintéticos de indicadores essenciais — por exemplo, um resumo estatístico de um encontro ou um perfil de rendimento global da época. Estas vistas oferecem um ponto de partida claro e objetivo.

O verdadeiro poder analítico revela-se com as ferramentas de transformação dinâmica. Através de uma filtragem intuitiva, o utilizador pode, por exemplo, isolar num mapa de calor apenas as intervenções realizadas em situações de inferioridade numérica. A reconfiguração de gráficos — como ordenar as ações defensivas pela potência do remate — reorganiza instantaneamente a informação para destacar os momentos de maior risco. Controlos diretos e "lentes" interativas colocadas sobre a representação do campo permitem uma exploração fluida e focada.

A camada mais avançada de interação são os sistemas de navegação contextual. Aplicamos o princípio da "Visão Geral e Detalhe": a partir de uma visão agregada de todas as ações num jogo (a visão geral), o analista pode selecionar um ícone específico no campo para aceder instantaneamente a uma ficha técnica completa dessa jogada, incluindo métricas cinemáticas e o respetivo vídeo (o detalhe). De forma complementar, a técnica de "Realce em Contexto" permite ampliar a análise de um período crítico num gráfico de evolução, mantendo sempre visível a linha de performance do jogo inteiro. Isto garante que as conclusões mais detalhadas são sempre interpretadas dentro da narrativa global do desempenho.

## Artefactos de Visualização

### Star Plots

Os gráficos de radar ou em estrela são capazes de representar vários eixos coordenados, que irradiam do mesmo ponto central.

Certos videojogos, sobretudo os que se inserem no género de simulação desportiva, usufruem desta tipologia para caracterizar os atletas virtuais e para facilitar comparações entre eles. São bons exemplos disto as séries Pro Evolution Soccer e Football Manager.



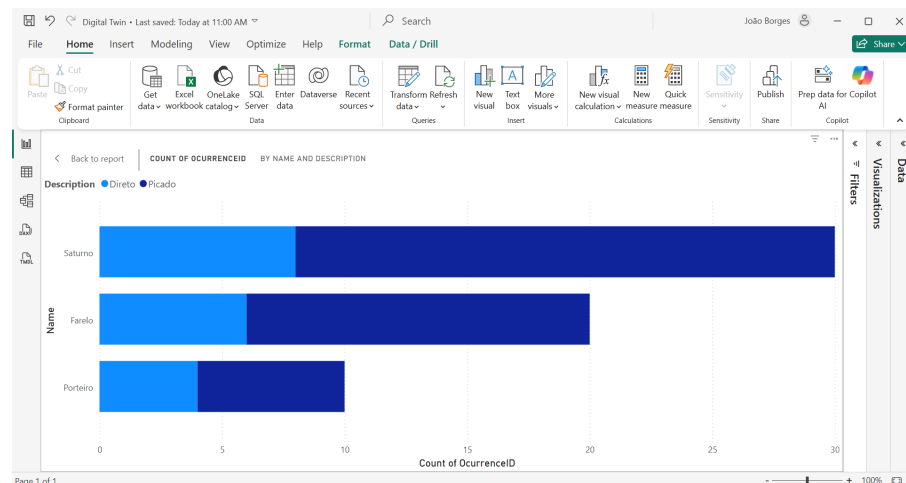
A interação com um destes gráficos ampliá-lo-á, desdobrando mais informações sobre o atleta. Por exemplo, de modo a acrescentar a dimensão temporal a este artefacto as avaliações de recentes performances

em partidas oficiais ou treinos serão representadas por vários polígonos, cuja transparência dos perímetros dos mesmos será ditada pela sua relevância. Este artefacto de visualização será particularmente útil em casos de uso semelhantes ao cenário “Diferencia-te!”, dada a comparação ágil que estes permitem.

## Bar Plots

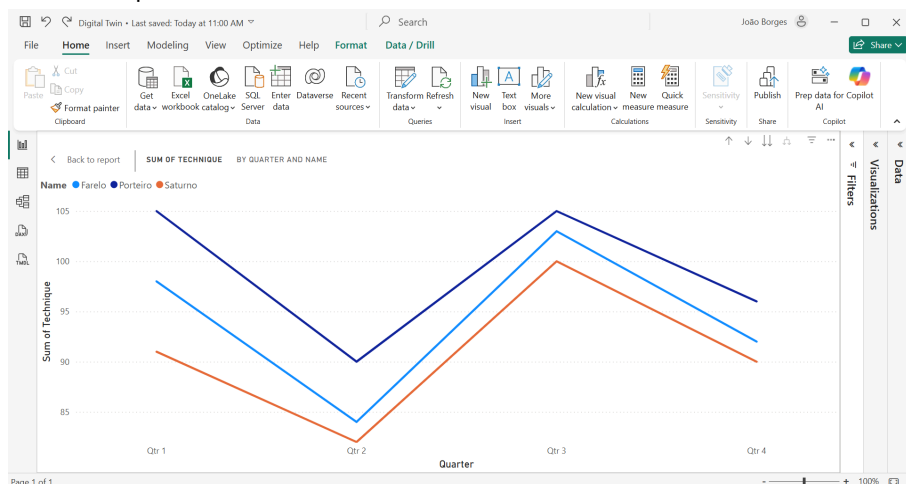
Os gráficos de barras são abundantemente usados pela sua interpretabilidade e flexibilidade. E por isso, serão várias as circunstâncias onde os empregaremos. Primeiramente, na análise por jogo ou sessão de treino o eixo das abcissas deve representar o tempo, e o das ordenadas o número de golos sofridos. Ao clicar numa das barras surgirão uma série de pequenos relatórios, cada um respetivo a um golo sofrido.

E na eventualidade de desejarmos uma análise mais aprofundada da natureza dos golos sofridos, podemos usufruir duma variante também ela muito comum, os *stacked bar plots*. Acrescenta a tipologia, representada por barras adicionais, distintas por cor.



## Line Plots

Os gráficos de linhas são perfeitos para a representação de dados temporais contínuos, como a evolução do plantel ou o acompanhamento de lesões.



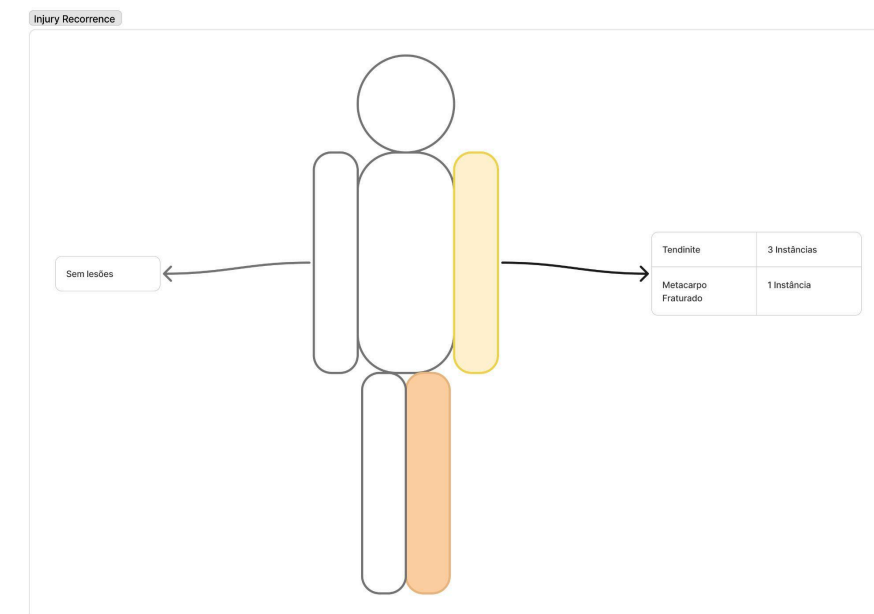
A artefactos deste tipo podem ser adicionados polígonos ou letras nos nós, representando os desfechos das partidas (vitória, derrota ou empate) ou a localização das mesmas (casa, fora ou neutro). A abstração de tendências beneficia assim de uma dimensão adicional, útil para decisões como a titularidade de um guarda-redes em jogos fora.

## Injury Recurrence Plot

Inspirado em videojogos como WWE SmackDown vs. Raw 2008 ou UFC Undisputed 3, a recorrência de certas lesões podem ser representadas por uma maior opacidade na região corporal lesionada.

Além disso, o historial de lesões poderá ser aprofundado caso se interaja com qualquer parte do corpo, semelhante ao menu de cura presente no Metal Gear Solid 3: Snake Eater. Deste modo, poderá aparecer sobreposto os procedimentos anteriores que levaram o atleta em questão à recuperação. No cenário “Mais vale prevenir do que remediar!” a utilidade do mesmo é evidente.

Lara Leite poderá visualizar e interpretar o historial de lesões de um dado atleta interativamente, agilizando os processos de definição de planos de treino ou recuperação.



## Pose Estimation

Um dos pilares da nossa solução é a tecnologia de estimativa de poses em tempo-real, face às transições e movimentos ofensivos adversários. Tal só será possível com a filmagem extensa dos treinos (e de partidas também, mas o contexto controlado dos treinos torna tudo muito mais fácil), onde defesas e golos concedidos serão catalogados devidamente. Deste modo, a segmentação entre tipologias de remate permite a comparação direta entre lances que terminaram com a defesa do nosso atleta ou que culminaram num golo adversário. Remates que não enquadram a baliza não devem ser considerados.

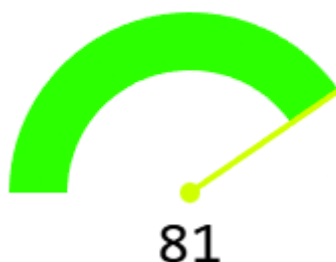
Gera-se portanto *frames* contínuos do posicionamento ótimo do guarda-redes, que por sua vez podem ser sobrepostos ao seu posicionamento atual. O grau de paridade entre os vértices ótimos e reais estabelece o índice de “quase”, onde um valor de 100% traduz uma justaposição total.

Este módulo da nossa solução auxilia a previsão e pode ser continuamente melhorada, caso ocorram defesas cujo índice de quase não corroborem.

A seguinte figura é um esboço da nossa visão feito com o Adobe Photoshop.



O “fantasma” visível na foto é fruto da compilação de horas a fio de filmagens de treino, submetidas a tecnologias de reconhecimento de poses (e até de expressões faciais). A proficiência deste artefacto é sobretudo evidente no primeiro cenário estabelecido, “Cuidado com a direita!”, que pode ser acompanhado por um *gauge*.



## Impacto no Domínio Aplicacional

O impacto no domínio aplicacional — no contexto do desporto de alta competição e da análise de desempenho — é significativo e multifacetado. A solução proposta, centrada num digital twin para guarda-redes de andebol, traduz-se em benefícios tangíveis tanto a nível técnico-tático como operacional.

A comparação em tempo real entre o posicionamento real do guarda-redes e um modelo ideal (“fantasma”) permite uma avaliação objetiva e imediata do desempenho. Esta visualização intuitiva facilita a identificação de desvios técnicos e a correção de posicionamentos, contribuindo para um aumento da percentagem de defesas — especialmente em situações críticas como lançamentos de 7 metros, onde a eficácia tende a diminuir.

A integração de dados em tempo real (vídeo, wearables, métricas fisiológicas) com dashboards interativos permite à equipa técnica aceder a informações visualmente ricas e acionáveis. A capacidade de simular cenários de jogo e prever zonas de defesa potenciais reforça os planos táticos e a personalização dos treinos, adaptando-os às necessidades específicas de cada atleta.

A solução promove o desenvolvimento de capacidades avançadas como a antecipação e a leitura do jogo, competências distintivas entre guarda-redes de elite. Ao fornecer feedback visual imediato e quantificado, o sistema apoia a interiorização de padrões de movimento ideais, acelerando a curva de aprendizagem e a tomada de decisão em contexto de competição.

Este projeto posiciona-se na vanguarda da aplicação de digital twins e inteligência artificial no andebol, abrindo portas para futuras adaptações noutras posições ou modalidades. A metodologia desenvolvida poderá



servir de referência para projetos similares, consolidando a importância da visualização de informação e da análise de dados no desporto de alto rendimento.