

VISÃO COMPUTACIONAL E DEEP LEARNING NA ANÁLISE DO MOVIMENTO DE ATLETAS

| Perspectivas para a Análise de Desempenho

AUTOR

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago

Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (EEFERP) – USP
Laboratório de Biomecânica e Controle Motor (LaBioCoM)

EVENTO

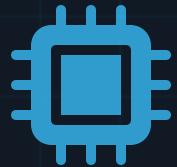
IV Simpósio de Tecnologia Aplicada à Análise de Desempenho
Esportivo
27 e 28 de Fevereiro de 2026

SOBERANIA TECNOLÓGICA

- > O mercado esportivo brasileiro é historicamente **dependente de tecnologias importadas** (EUA, Europa, Austrália).
- > Consumo de hardwares caríssimos e softwares fechados (*Black Box*) sem compreensão do funcionamento interno.
- > O atual boom da IA (ChatGPT, Gemini, Claude) levanta a questão: **onde está a tecnologia nacional?**
- > A urgência de deixarmos de ser apenas "usuários premium" para nos tornarmos **desenvolvedores**.

Criadores vs. Consumidores

SYSTEM_ALERT



"Sabemos onde clicar, mas não sabemos o que acontece no silício."

Como discutir análise de desempenho se não entendemos o motor do algoritmo?

A VANGUARDA ACONTECE LÁ FORA

Enquanto o mundo define os padrões, o Brasil ainda consome métricas prontas



CVPR 2026 / Roboflow

Desafios globais de visão computacional definindo os próximos padrões da indústria esportiva.

LOC: GLOBAL



KAUST

Primeiro instituto de pesquisa da FIFA no Oriente Médio e Ásia — países emergentes liderando inovação.

LOC: SAUDI ARABIA



Theia3D

Markerless Motion Capture: Estado da arte ditado por laboratórios e empresas internacionais.

LOC: INTERNATIONAL

Precisamos decidir: continuaremos importando métricas prontas ou vamos **desenvolver nossa própria inteligência esportiva?**

LABIOCOM – DA MISSÃO AO CAMPO

O laboratório como polo de criação tecnológica aplicada

"Nossa missão é transpor o rigor metodológico do laboratório para a beira do campo, rompendo o ciclo de dependência tecnológica."



ACADEMIA

Rigor científico, pesquisa de ponta e validação metodológica.



LABIOCOM

O Elo Integrador.

Transformando ciência em soluções aplicáveis.



CAMPO & MERCADO

Clubes esportivos e empresas de base tecnológica (Startups).

LABORATÓRIO VS. CAMPO

O Dilema da Validade Ecológica

PADRÃO-OURO

-  Captura optoeletrônica com marcadores (Vicon)
-  Alta precisão, mas restrito a ambiente controlado
-  Invasivo (marcadores no corpo) e inviável em jogo
-  Resposta lenta para a comissão técnica

DEMANDA ECOLÓGICA

-  Câmeras RGB convencionais (Smartphone/GoPro)
-  Precisão moderada a alta (em evolução constante)
-  Não invasivo: avaliação no treino ou competição real
-  Resposta rápida e açãoável (Feedback imediato)

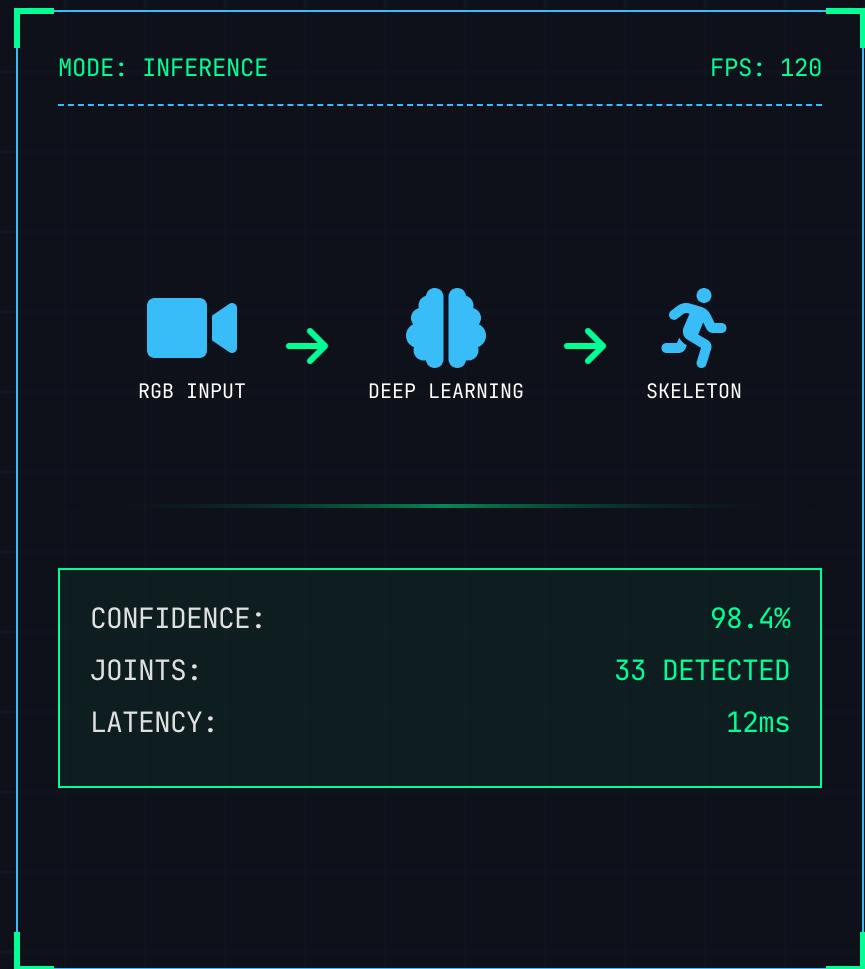


A "DOR" DO CLUBE: Horas e horas de vídeo armazenadas, mas pouca capacidade de extrair métricas biomecânicas açãoáveis.

A REVOLUÇÃO DA CAPTURA SEM MARCADORES

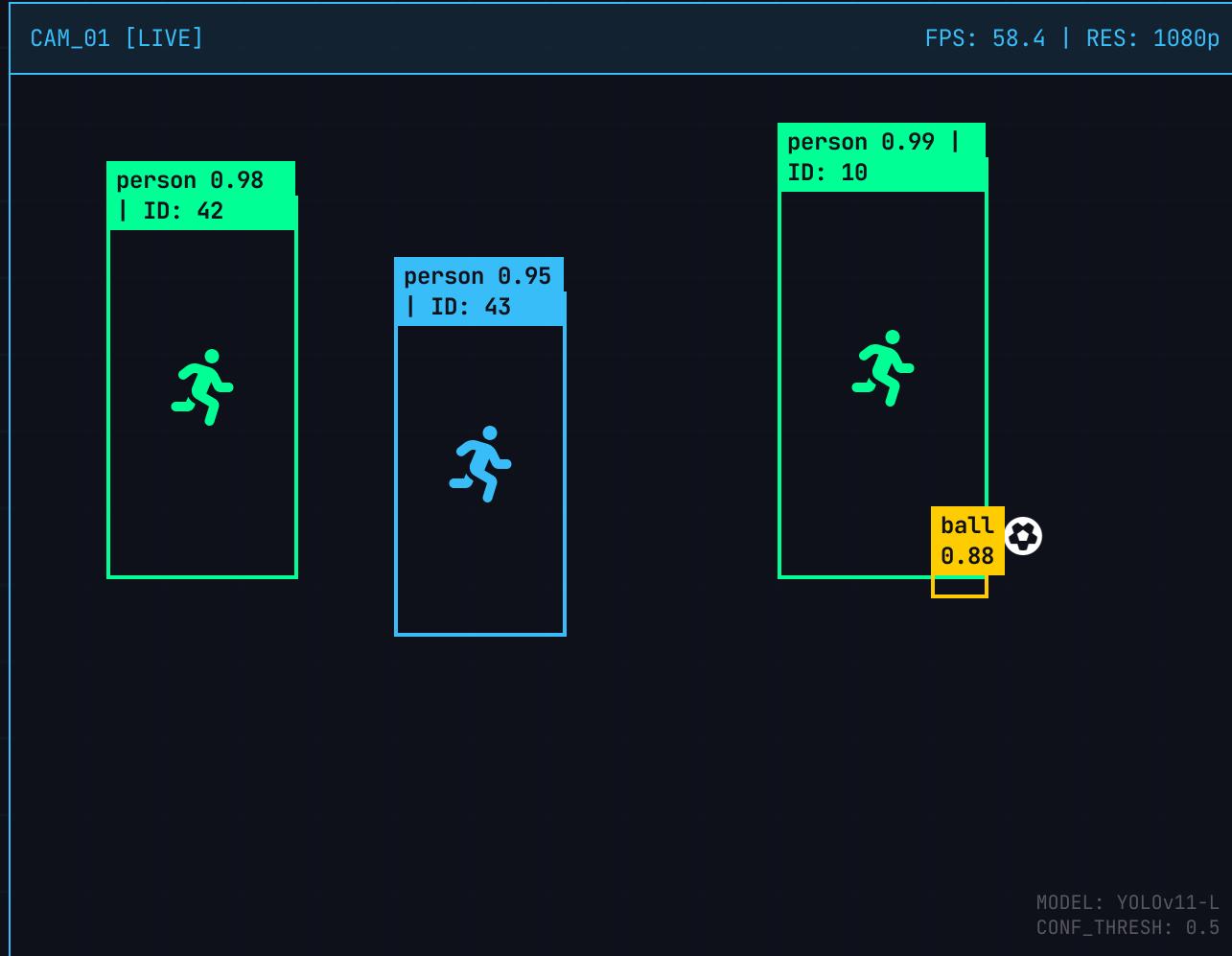
Redes Neurais Profundas democratizaram a cinematografia esportiva

- > **Markerless Motion Capture:** Redes neurais profundas viabilizaram a extração de variáveis cinemáticas sem equipamentos invasivos.
- > **Democratização do acesso:** Câmeras RGB convencionais substituindo sistemas optoeletrônicos de alto custo.
- > Superação de ruídos e calibração da predição para **movimentos esportivos complexos** e de alta velocidade.
- > Modelos pré-treinados em milhões de imagens humanas permitem **generalização robusta**.



DETECÇÃO E RASTREAMENTO

YOLO: You Only Look Once



⚡ Eficiência em Tempo Real

Arquitetura de passagem única (One-Stage) permite processar múltiplos atletas simultaneamente com alta taxa de FPS.

❖ Gestão de Oclusão

Algoritmos de rastreamento (DeepSORT, ByteTrack) mantêm a identidade (ID) do atleta mesmo quando ele é bloqueado por outros.

◎ Alta Precisão

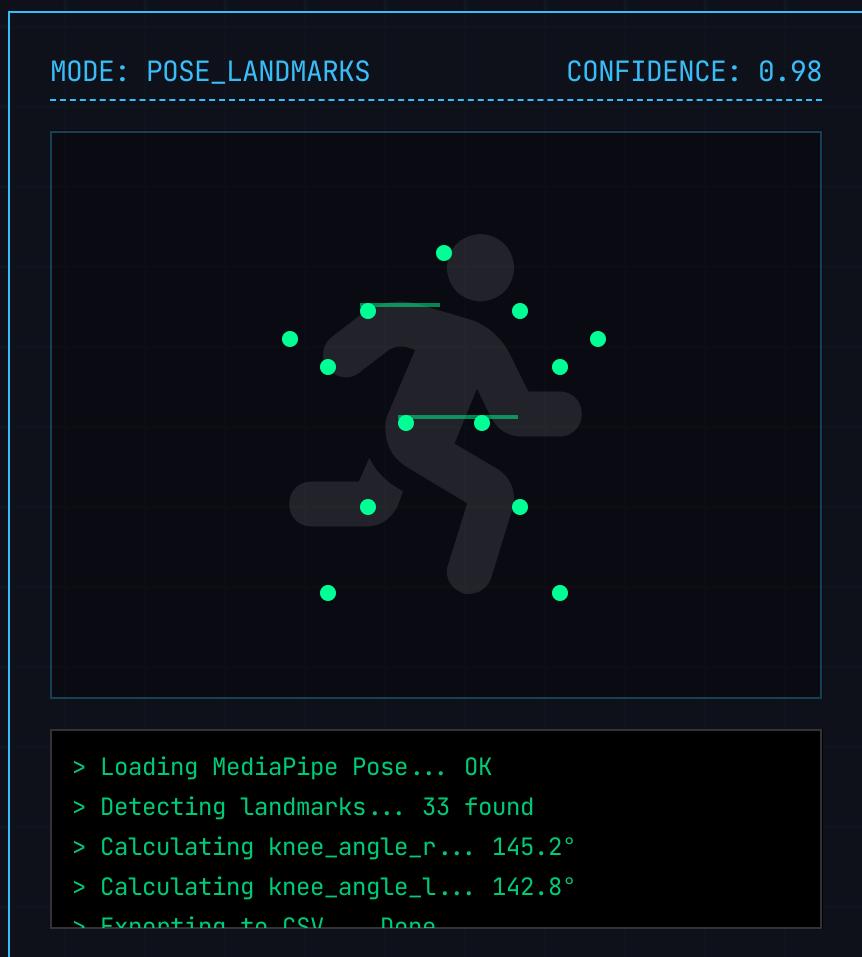
Versões recentes (v8, v11) atingem >90% mAP em benchmarks esportivos, viabilizando feedback imediato.

```
[14:02:01] SYSTEM_INIT: YOLOv11 Loaded
[14:02:02] DETECTED: 22 Objects (Confidence > 0.5)
[14:02:02] TRACKING: ID_42 assigned to Object_01
[14:02:03] OCCLUSION: ID_43 lost tracking...
[14:02:03] RECOVERY: ID_43 re-identified (IoU: 0.85)
```

ESTIMATIVA DE POSE COM MEDIPIPE

Esqueleto Biomecânico via Deep Learning

- > Modelagem **esqueleto** diretamente da imagem com 33 pontos do **2D e 3D** anatômicos de referência.
- > Cálculo **ângulos**, velocidades segmentares e assimetrias automático de **articulares** na marcha e corrida.
- > Da imagem bruta ao modelo biomecânico: validação dos pontos anatômicos em relação ao padrão-ouro laboratorial.
- > Integração com **Python** para análise em larga escala de sessões pipelines



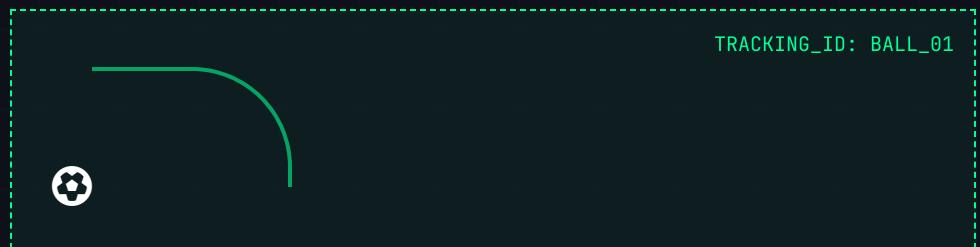
PROJETOS APLICADOS

Ferramentas Abertas e Nacionais

UPro_Soccer

Rastreamento simultâneo de atletas e da **bola** para análise tática avançada.

- Desafios técnicos: bola pequena, alta velocidade *emotion blur*.
- Geração de trajetórias técnico-táticas combinadas.
- Solução para oclusão constante em aglomerados.



vailá Multimodal Toolbox

Solução em Python para integrar dados cinemáticos e dinâmicos de diferentes fontes.

- Sincronização de sinais e filtragem (Butterworth).
- Código aberto: reproduzibilidade e baixo custo.

main.py

```
import vaila as vl # Carregando dados multimodais
dataset = vl.load_multimodal_data("coleta_01.csv") # Filtragem e Cálculo
data_filt = vl.apply_butterworth(dataset, cutoff=10)
metrics = vl.calculate_joint_angles(data_filt)
```

PERSPECTIVAS FUTURAS

Fusão Multimodal e Identificação de Talentos

Fusão Multimodal & IoT

- + A Visão Computacional não trabalha sozinha: integração total de dados.
- + Sincronização **Wearables**, sensores iniciais (IMUs) e de vídeo com dispositivos instrumentados.
- + Panorama completo do esforço e desempenho do atleta no cenário real (Carga Externa + Interna).

Identificação de Talentos

- + Aplicação **Machine Learning** para reduzir vieses humanos na seleção.
- + Conceito *Safe Selection*: evitar o descarte prematuro de talentos com maturação tardia.
- + Cruzamento de evidências empíricas com simulações preditivas de longo prazo.

TAKE-HOME MESSAGE

"A inteligência artificial e a visão computacional **não substituem o treinador**; elas fornecem a lente de precisão para a sua intuição e experiência."

OBRIGADO!

End of Transmission

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago

EEERP-USP / LaBioCoM



github.com/paulopreto/CompVison_ML_MovSport_2026_USP