

# 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

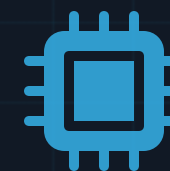
27 e 28 de Fevereiro de 2026

# SOBERANIA TECNOLÓGICA

Criadores vs. Consumidores

- > O mercado esportivo brasileiro é historicamente **dependente de tecnologias importadas** (EUA, Europa, Austrália).
- > Consumo de hardwares caríssimos e softwares fechados ( *Black* ) 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**.

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 acionável (Feedback imediato)



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

# A REVOLUÇÃO DA CAPTURA SEM MARCADORES

Redes Neurais Profundas democratizaram a cinemática 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**.

MODE: INFERENCE

FPS: 120



RGB INPUT



DEEP LEARNING



SKELETON

CONFIDENCE:

98.4%

JOINTS:

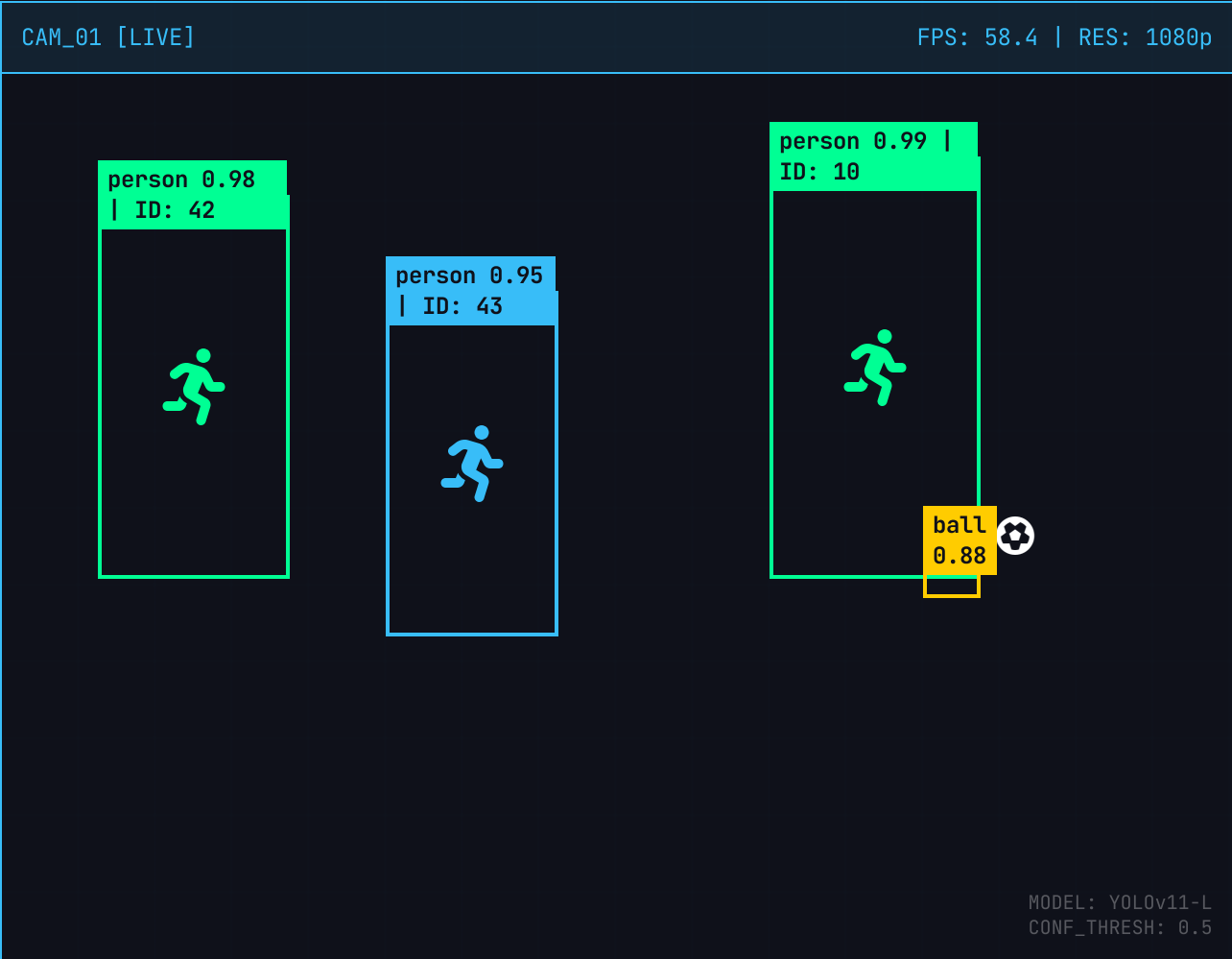
33 DETECTED

LATENCY:

12ms

# 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)
```

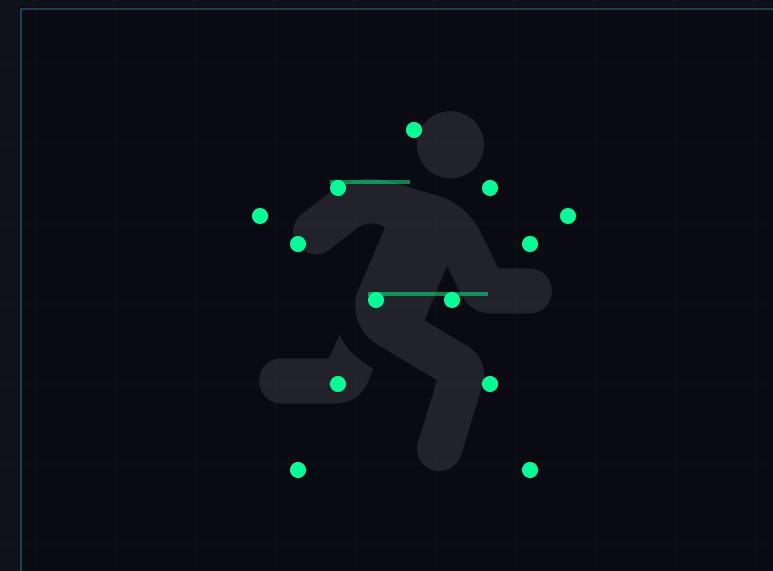
# ESTIMATIVA DE POSE COM MEDIAPIPE

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 de treinamento.

MODE: POSE\_LANDMARKS

CONFIDENCE: 0.98



```
> Loading MediaPipe Pose... OK
> Detecting landmarks... 33 found
> Calculating knee_angle_r... 145.2°
> Calculating knee_angle_l... 142.8°
> Exporting to CSV... Done
```



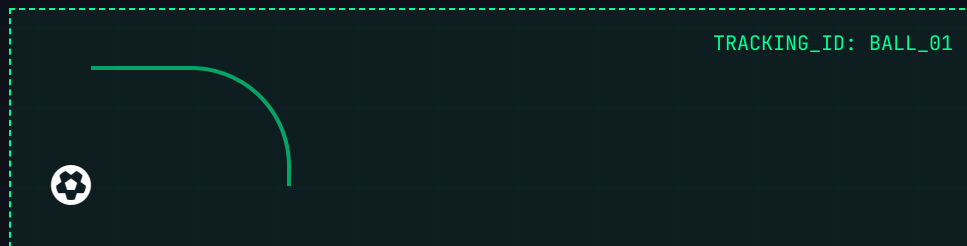
# PROJETOS APLICADOS

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: reprodutibilidade e baixo custo.

```
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)
```

main.py

# PERSPECTIVAS FUTURAS

## Fusão Multimodal e Identificação de Talentos



### Fusão Multimodal & IoT

- + A Visão Computacional não trabalha sozinha: integração total de dados.
- + Sincronização **Wearables**, sensores inerciais (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* : 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**

EEFERP-USP / LaBioCoM

 [github.com/paulopreto/CompVison\\_ML\\_MovSport\\_2026\\_USP](https://github.com/paulopreto/CompVison_ML_MovSport_2026_USP)