

Proposta de aplicação de visão computacional na análise de exercícios de musculação

Utilização da biblioteca Mediapipe com o modelo Blazepose e arquitetura Web multiplataforma

João Antonio de Brito Moraes
Jmoraes2003@hotmail.com
Faculdade Engenheiro Salvador Arena
São Bernardo do Campo, Brasil

Lucas Araujo dos Santos
lucasantuss@outlook.com
Faculdade Engenheiro Salvador Arena
São Bernardo do Campo, Brasil

Natthalie Bohm
natthaliebohm@outlook.com
Faculdade Engenheiro Salvador Arena
São Bernardo do Campo, Brasil

Renan Cesar de Araujo
renan_c_araujo@hotmail.com
Faculdade Engenheiro Salvador Arena
São Bernardo do Campo, Brasil

Gabriel Lara Baptista
pro15969@cefsa.edu.br
Faculdade Engenheiro Salvador Arena
São Bernardo do Campo, Brasil

ABSTRACT

This research presents the development of a Proof of Concept for the use of the MediaPipe library and the BlazePose model in creating a computer vision application aimed at monitoring the execution of strength training exercises. The system is built on a web-based, cross-platform architecture, and all image analysis is done in the Front-end layer by using a Javascript shell. The results were satisfactory, and there are clear goals for future implementations to evolve the solution into a robust and viable product.

KEYWORDS

computer vision, Blazepose, Mediapipe

1 INTRODUÇÃO

A musculação tem se tornado uma prática cada vez mais presente na rotina das pessoas, sendo recomendada para promoção da saúde, estética e condicionamento físico. Estudos indicam que o treinamento com resistência oferece benefícios significativos, como o fortalecimento do corpo, a melhora do metabolismo e a contribuição para a qualidade de vida atuando na prevenção de diversas doenças [14]. No entanto, a má execução de exercícios pode levar a resultados insatisfatórios ou, em casos mais graves, a lesões musculares e articulares. Diante disso, o acompanhamento de profissionais qualificados torna-se essencial para garantir a correta realização dos movimentos e o aproveitamento máximo dos benefícios dessa prática [4].

Apesar da importância do acompanhamento profissional, fatores como a alta demanda em academias e o alto custo dos instrutores dificultam o monitoramento contínuo dos praticantes. Estudos apontam que o custo é um dos principais motivos de cancelamentos contratuais com *personal trainers* [12], e segundo dados do Conselho Federal de Educação Física (CONFEF) [1], em 2023 o Brasil contava com aproximadamente 700 mil profissionais de educação física, número que ainda se mostra insuficiente para atender a crescente demanda por acompanhamento especializado. Dessa forma,

torna-se evidente a necessidade de ferramentas que auxiliem o monitoramento de exercícios de musculação.

Nesse contexto, a visão computacional surge como uma tecnologia com potencial para suprir essa demanda. Trata-se de um campo da inteligência artificial que permite a computadores "enxergar" o ambiente ao seu redor, por meio da análise de imagens capturadas por sensores, como câmeras [11]. Com base nessa capacidade, acredita-se que a visão computacional pode ser aplicada na avaliação da execução de exercícios de musculação, contribuindo para a correção de movimentos e a prevenção de falhas durante a prática.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma solução baseada em visão computacional capaz de identificar e analisar, em tempo real, a execução de exercícios de musculação. A proposta visa complementar o trabalho de profissionais de educação física, fornecendo uma ferramenta tecnológica de apoio que contribua para a correção de movimentos, melhora na qualidade dos treinos e aumento da segurança durante a prática. A integração entre tecnologia e prática esportiva busca promover uma execução mais consciente e eficiente dos exercícios.

Este artigo está dividido em quatro partes principais. A seção de Trabalhos Relacionados apresenta estudos e soluções semelhantes que já utilizam visão computacional na área de exercícios físicos. Em Metodologia, são explicadas as etapas seguidas no desenvolvimento da proposta, além das ferramentas e tecnologias utilizadas. A seção de Resultados mostra o que foi alcançado com a prova de conceito (POC) e os avanços obtidos até agora no projeto. Por fim, em Desenvolvimentos Futuros, são discutidos os próximos passos do projeto para torná-lo ainda mais útil e completo.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Com os avanços tecnológicos e a crescente relevância atribuída à aplicação de inteligência artificial, diversas soluções baseadas em visão computacional têm sido desenvolvidas com o intuito de auxiliar na prática de atividades físicas. Neste contexto, esta seção apresenta trabalhos relacionados, destacando as abordagens, técnicas e resultados alcançados por diferentes pesquisas que exploram o uso da visão computacional na análise de exercícios físicos.

Dentre as soluções, destaca-se o trabalho de Gonçalves *et al.* [7], no qual foi desenvolvida a aplicação AiSweat com foco na

identificação e correção da postura durante a execução de três exercícios físicos específicos: agachamentos, flexões e abdominais. O sistema foi treinado utilizando o modelo YOLOv8, com um dataset criado especialmente para esta análise. Após a identificação do exercício, a aplicação emprega a biblioteca MediaPipe do Google para realizar a estimativa de pose e fornecer feedback visual ao usuário por meio de linhas sobre o corpo, destacando em verde os movimentos corretos e em vermelho os incorretos.

De forma semelhante, em Rahmadani *et al.* [9] é proposta uma aplicação de visão computacional voltada para a classificação e correção de movimentos em exercícios como agachamento, *biceps curl* (rosca direta), *shoulder press* (desenvolvimento de ombros) e abdominal. Utilizando a biblioteca OpenPose em conjunto com o OpenCV, o sistema realiza a detecção dos pontos articulares do corpo a partir de imagens captadas por webcam e calcula os ângulos entre ombros, cotovelos, quadris e joelhos. Essas informações são processadas por um classificador *Support Vector Machine*, um algoritmo de aprendizado de máquina [13], que exibe o feedback diretamente na tela, informando se o movimento está correto ou indicando quais membros apresentam ângulos fora do padrão esperado.

Em outra abordagem, Anuradha *et al.* [8] desenvolveram o Real Time Virtual Yoga Tutor, um sistema web que utiliza visão computacional e aprendizado de máquina para corrigir, em tempo real, a execução de posturas de yoga. As imagens são captadas via webcam e processadas com a biblioteca MediaPipe, e os dados resultantes alimentam um modelo de classificação multiclasse desenvolvido com Keras e TensorFlow. Treinado com 6.000 imagens de três poses específicas: *Vrikshasana*, *Virabhadrasana* e *Utkata Konasana*. O sistema compara os pontos capturados com as poses ideais e fornece feedback por voz, orientando o usuário em tempo real sobre os ajustes necessários.

Os trabalhos analisados demonstram o avanço da visão computacional no apoio à prática de atividades físicas. No entanto, muitos desses sistemas ainda enfrentam limitações em termos de aplicabilidade prática, como o suporte a um número restrito de exercícios ou a necessidade de configurações específicas para funcionamento. Diante disso, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma solução com foco na viabilidade de uso em contextos reais, oferecendo flexibilidade, acessibilidade e uma experiência mais próxima da realidade dos praticantes de musculação. A proposta busca compreender as necessidades reais desses usuários e oferecer uma ferramenta que possa ser efetivamente integrada à rotina de treinos, contribuindo para uma prática mais segura e eficiente.

3 METODOLOGIA

3.1 DEFINIÇÃO DE REQUISITOS E DESIGN

Com o objetivo de compreender os desafios para utilização da solução em cenários reais, especialmente com os usuários finais caracterizados por educadores físicos e praticantes de musculação, foi adotada a abordagem do *Design Thinking*. Segundo Baptista e Abbruzzese (2024) [3], o *Design Thinking* é um processo que permite a coleta de dados diretamente com os usuários, visando alcançar a melhor solução possível para um problema identificado. Essa abordagem possibilita o desenvolvimento de um produto alinhado às necessidades reais do público-alvo, promovendo maior efetividade, usabilidade e valor na entrega final da solução.

Nesse contexto, procurou-se compreender qual plataforma seria mais atrativa para os usuários e identificamos uma clara preferência pela utilização de dispositivos móveis. Essa tendência está alinhada com os estudos de Adepu e Adler (2016) [2], que, por meio de um experimento em ambiente controlado, demonstraram que, embora os usuários apresentem melhor desempenho em *desktop*, ainda assim preferem os dispositivos móveis. Essa escolha se deve, principalmente, à praticidade, mobilidade e facilidade de uso que os dispositivos móveis oferecem no cotidiano.

Além disso, buscou-se adicionar na solução funcionalidades semelhantes a atuação de um *personal trainers*, oferecendo feedbacks em tempo real por meio de áudios com orientações padronizadas e recursos visuais, como linhas sobrepostas ao corpo do usuário para indicar a postura correta. Já para os educadores físicos, desenvolveu-se a ideia de um relatório pós-treino, que trará informações importantes sobre a execução dos exercícios, permitindo que eles ofereçam dicas mais personalizadas para cada aluno.

Com a continuidade do processo de Design Thinking e a análise aprofundada das informações obtidas nas entrevistas, foi possível idealizar uma solução mais alinhada às necessidades dos usuários. Como produto ideal, entende-se uma aplicação que funcione prioritariamente em dispositivos móveis e que forneça feedbacks em formato de áudio durante a execução dos exercícios, além de um relatório pós-treino para que o usuário possa analisar seu desempenho de forma detalhada.

3.2 DEFINIÇÃO DE ARQUITETURA E FERRAMENTAS

Com base nas definições realizadas, foi concebida a ideia de uma aplicação web responsiva, permitindo que o usuário utilize a ferramenta no dispositivo de sua preferência, como smartphones, tablets ou computadores, sem necessidade de ajuste à plataforma e sistema operacional. Para o desenvolvimento da solução, foram escolhidas as tecnologias HTML, CSS e JavaScript, em conjunto com a biblioteca React (plataforma) e o modelo BlazePose, baseado no framework MediaPipe (aplicação) [6]. Essa combinação foi selecionada por oferecer leveza, flexibilidade e a capacidade de estimar com precisão 33 pontos-chave do corpo humano [6], atendendo aos requisitos funcionais do sistema de forma eficiente.

A arquitetura do sistema, a qual está descrita na Imagem 1, ilustra a segmentação do processamento da estimativa de pose e comparativo com o posicionamento ideal para a realização do exercício. A estimativa de pose é realizada diretamente no frontend da aplicação, utilizando o modelo BlazePose para capturar em tempo real os pontos-chave do corpo durante a execução dos exercícios [6]. A partir dos pontos registrados, os ângulos entre articulações relevantes são calculados e enviados ao backend, onde são comparados com os parâmetros ideais de execução. A arquitetura do sistema busca segmentar a captura visual da lógica de análise, garantindo leveza, desempenho e precisão à aplicação, e mantendo a flexibilidade de uso em diferentes dispositivos. As vantagens atribuídas a essa arquitetura garantem um funcionamento satisfatório em ambos dispositivos *desktop* e *mobile*, não apresentando latência prejudicial à experiência de uso.

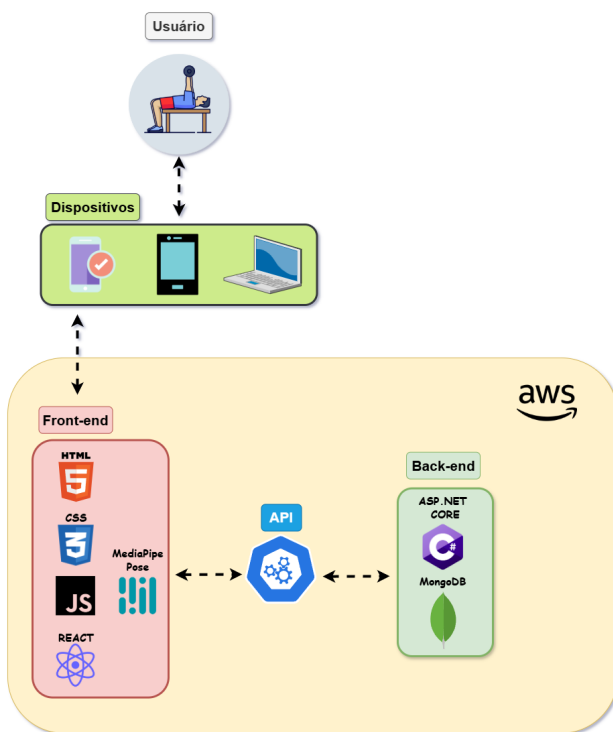


Figure 1: Arquitetura Sistêmica. Fonte: Autoria própria (2025).

3.3 IMPLEMENTAÇÃO

Inicialmente, compreendeu-se como objetivo o desenvolvimento de uma Prova De Conceito (*Proof Of Concept/POC*) capaz de: auxiliar no mapeamento das etapas necessárias para o desenvolvimento da solução final, auxiliar na compreensão do uso da biblioteca MediaPipe e do modelo BlazePose no que se refere à estruturação do código da aplicação, e comprovar o funcionamento satisfatório da arquitetura e tecnologia propostas.

Foi selecionada para a POC o exercício de Rosca com Halteres (biceps curl), sobretudo por possuir referências visuais claras e isoláveis por parte do corpo. Para este exercício, que utiliza como articulação do cotovelo [10], foi realizado o mapeamento de angulação máxima e mínima que poderia ser atingida por cada parte do corpo durante a realização, considerando como pontos de interesse Lombar, ombros, cotovelos e punhos e seus pontos correspondentes na identificação pela MediaPipe e BlazePose. Foi estabelecida a relação de informações visível na Tabela 1.

Para o Teste de Software pretendido a partir do desenvolvimento da POC, as angulações mínima e máxima (35° [10] 145° [10]) foram definidas como transições de fase entre "subida" e "descida" para o exercício de rosca, tornando possível a criação de um contabilizador para as repetições do exercício executadas como aplicação de teste das bibliotecas e arquitetura pretendidas. Em um momento inicial, não foi considerada a relação angular estabelecida para ombros e lombar (costas alinhadas) na realização do exercício, de modo a

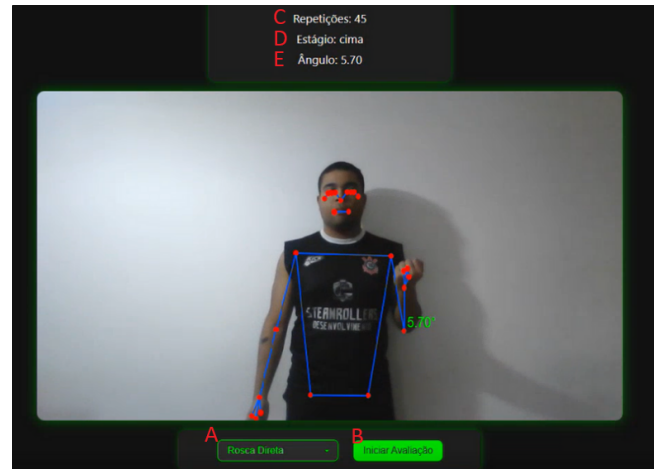


Figure 2: Visualização Desktop. Fonte: Autoria própria (2025).

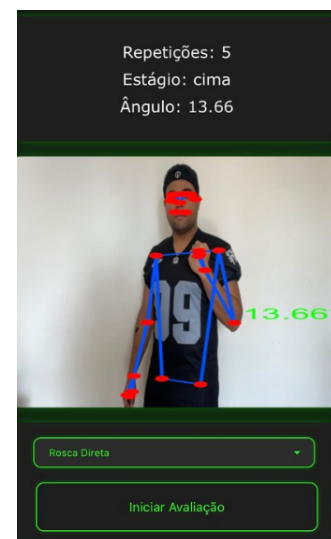


Figure 3: Visualização Mobile. Fonte: Autoria própria (2025).

avaliar com maior ênfase a captação da biblioteca no movimento principal pretendido (braços) em diferentes ângulos de visão.

4 RESULTADOS

A aplicação desenvolvida possui execução compatível com ambos os tipos de dispositivos pretendidos, apresentando desempenho satisfatório e ausência de travamentos ou latência para processamento em *smartphones* e *notebooks* com sistema operacional *Windows 10*, por meio de execução *web* em navegadores *Google Chrome* e *Safari*.

A interface visível ao usuário apresenta os seguintes itens: A) caixa para seleção de exercício a ser avaliado, B) Botão para inicializar captação das imagens, C) Exibição da contagem de repetições, D) Exibição do ângulo atual compreendido no movimento, E) Estágio atual do movimento, podendo ser visualizado na Imagem 2 para ambiente *Desktop* e Imagem 3 para ambiente *Mobile*.

Table 1: Pontos Mapeados Para Execução De Rosca Com Halteres

Pontos Mapeados	relação entre pontos	Angulação mínima	Angulação máxima
15, 13, 11 (braço esquerdo); 16, 14, 12 (braço direito)	execução rosca	35° [10]	145° [10]
11, 12 (ombros); 23, 24 (lombar)	costas alinhadas (plano sagital)	0° [5]	10° [5]

Com o uso da biblioteca MediaPipe e do modelo BlazePose na arquitetura proposta com execução web, foi possível a execução da aplicação, bem como a exibição de ambos os dados captados e a saída do processamento destes ao usuário, de forma satisfatória e facilmente compreensível. A simplificação do feedback fornecido nesta etapa de desenvolvimento favoreceu a entrega ao usuário, tornando a informação mais enxuta e facilmente visível.

A captação e processamento de imagens com essa combinação de ferramentas também se mostrou satisfatória, com os pontos-chave mapeados para o exercício sendo identificados rapidamente ao iniciar a aplicação. A obstrução parcial do ângulo de visão da câmera responsável por captar as imagens também não demonstrou prejuízo significativo aos elementos de visão computacional da aplicação, sobretudo devido à capacidade do BlazePose de estimar pontos temporariamente obstruídos, a qual auxiliou na manutenção ou rápida recuperação do posicionamento atual do exercício em caso de obstrução temporária da imagem (sobretudo objetos ou corpos em movimento).

De maneira generalizada, estabeleceu-se um procedimento claro para o mapeamento de exercícios físicos para a metodologia de pesquisa visada, composto pelas etapas: 1) Definir exercício; 2) Definir segmentações de interesse correspondentes ao exercício; 3) Definir pontos-chave do exercício, nomeando partes do corpo; 4) Localizar pontos correspondentes conforme arquitetura do modelo BlazePose [6]; 5) Definir angulação mínima e máxima consideradas corretas para as relações de pontos-chave especificadas no exercício utilizando bibliografia conceituada no assunto; 6) Codificação dos elementos previamente citados na plataforma conforme especificações do modelo BlazePose; 7) incorporação de ferramentas de Feedback.

O procedimento mapeado também mostrou-se favorável para a implementação de uma maior variedade de exercícios, tendo em vista que a adaptação do código (etapa 6) em linguagem JavaScript tornou-se menos desafiadora devido a uma modularização do código. Essa ação permite que os métodos de cálculo dos ângulos, estimação da pose humana, e disponibilização dos textos em tela possam ser reutilizados para cada exercício compreendido para implementação no projeto completo de software.

A construção da POC se mostrou satisfatória perante os objetivos propostos, destacando-se os resultados satisfatórios para usabilidade em decorrência da arquitetura aplicada ao sistema e o mapeamento de um processo de pesquisa estruturado para a utilização das ferramentas computacionais na aplicação pretendida. Implementações futuras e objetivos globais de pesquisa estão descritos na seção subsequente.

5 TRABALHOS FUTUROS

De maneira complementar à aplicação das tecnologias de visão computacional, elementos relacionados à experiência de uso da

aplicação e fornecimento de feedback ao usuário final são compreendidos como implementação futura, de modo a compor uma plataforma mais robusta partindo da POC construída como unidade básica funcional.

Similarmente à contagem de repetições e análise angular realizada atualmente pelo protótipo, a solução final deve considerar para análise do movimento os demais pontos-chave de interesse mapeados, analisando a postura corporal de maneira holística e alterando de "contador" para "avaliador" quanto à execução correta ou incorreta do movimento.

Aliado ao ajuste no funcionamento do protótipo, para implementação futura pretende-se compreender maior variedade de exercícios, abordando integralmente o corpo ao passo que se pretende incorporar no total 8 exercícios de musculação com análise por visão computacional, sendo estes: (A) 2 exercícios com ênfase em musculatura dos braços, (B) 2 exercícios com ênfase em musculatura abdominal, (C) 2 exercícios com ênfase em musculatura das pernas e (D) 2 tipos de agachamento.

Por fim, determina-se como ponto de atenção a aprimoração de elementos visuais, UI/UX e experiência do usuário. Estes elementos, aliados ao fornecimento de feedback adequado pela aplicação de visão computacional, são vistos como capazes de compor uma plataforma robusta e de acordo com o produto conceituado no processo de Design Thinking, considerado viável para a aplicação deste campo de pesquisa da computação no cotidiano dos praticantes de atividade física.

REFERENCES

- [1] 2023. 25 anos de Profissão regulamentada: entidade comemora 25 anos. Retrieved July 19, 2025 from <https://www.confef.org.br/confefv2/comunicacao/revistaef/4802#:~:text=Esses%20n%C3%BAmeros%20podem%20ser%20explicados,de%20atendimento%20%C3%A0%20pessoa%20idosa>
- [2] Sushma Adepu and Rachel F. Adler. 2016. A comparison of performance and preference on mobile devices vs. desktop computers. *IEEE* (Dec. 2016). <https://ieeexplore.ieee.org/document/7777808> Acesso em: 21 jul. 2025.
- [3] Gabriel Baptista and Francesco Abbuzzese. 2024. *Software Architecture with C# 12 and .NET 8: Build Enterprise Applications Using Microservices, DevOps, EF Core, and Design Patterns for Azure*. Packt Publishing Ltd., [S.l.].
- [4] Bruno M. Baroni, Claudia A. Bruscatto, Ricardo R. Rech, Leandro Trentin, and Lisiane R. Brum. 2010. Prevalência de alterações posturais em praticantes de musculação. *Fisioterapia em Movimento* 23, 1 (March 2010). <https://www.scielo.br/fj/fm/a/XTLMy5dGzvdHrTjYcxP4vvc/?lang=pt> Acesso em: 19 jul. 2025.
- [5] Roger Bartlett. 2007. *Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns* (2 ed.). Routledge, Abingdon, Oxon/New York, NY. 292 pages.
- [6] Valentin Bazarevsky et al. 2020. BlazePose: On-device Real-time Body Pose tracking. <https://research.google/blog/on-device-real-time-body-pose-tracking-with-mediapipe-blazepose/>. Google Research. Acesso em: 17 abr. 2025.
- [7] João Gonçalves, João Palhares, Vasco N. G. J. Soares, and Paulo A. C. S. Neves. 2023. Aplicação para Detetar e Corrigir a Postura em Exercícios Físicos. *Revista de Sistemas e Computação* 13, 3 (2023). <https://revistas.unifacs.br/index.php/rsc/article/view/8480/5013> Acesso em: 16 mar. 2025.
- [8] Dr. Anuradha M., Adithya Rao, Shreyas S., and Sanjaya K. C. 2023. Real Time Virtual Yoga Tutor. *IEEE* (April 2023). <https://ieeexplore.ieee.org/document/10126502> Acesso em: 16 mar. 2025.
- [9] Atharian Rahmadani, Bima S. B. Dewantara, and Dewi M.Sari. 2022. Human Pose Estimation for Fitness Exercise Movement Correction. *IEEE* (Sept. 2022). <https://ieeexplore.ieee.org/document/9888451/metrics#metrics> Acesso em: 16

- mar. 2025.
- [10] Felipe Freire Reis, Juliana da Silva Mota, Graciela Cingridi dos Santos Colaço, and Ademir Schmidt. 2014. Análise cinesiológica e biomecânica do exercício 'rosca direta'. *EFDeportes.com, Revista Digital* 19, 192 (May 2014). <https://www.efdeportes.com/efd192/analise-biomecanica-do-exercicio-rosca-direta.htm> Acesso em: 10 mar. 2025.
- [11] Linda Shapiro and George Stockman. 2000. *Computer Vision*. Pearson, Londres.
- [12] Rodrigo C. M. Souto, Ricardo R. Dinardi, José R. C. Ribeiro, and André G. P. Andrade. 2010. ASPECTOS ENVOLVIDOS NA CONTRATAÇÃO E CANCELAMENTO DE UM PERSONAL TRAINER. *Coleção Pesquisa em Educação Física* 9, 4 (Jan. 2010). https://www.researchgate.net/publication/264041217_ASPECTOS_ENVOLVIDOS_NA_CONTRATACAO_E_CANCELAMENTO_DE_UM_PERSONAL_TRAINER_ASPECTS_INVOLVED_IN_HIRING_AND_CANCELLATION_OF_A_PERSONAL_TRAINER Acesso em: 19 jul. 2025.
- [13] Yang Wendong, Lou Zhengzheng, and Ji Bo. 2017. A Multi-factor Analysis Model of Quantitative Investment Based on GA and SVM. *IEEE* (June 2017). <https://ieeexplore.ieee.org/document/7984734> Acesso em: 29 jul. 2025.
- [14] Richard A. Winett and Ralph N. Capinelli. 2001. Potential Health-Related Benefits of Resistance Training. *Preventive Medicine* 33, 5 (Sept. 2001). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11676593/> Acesso em: 16 mar. 2025.