

UNIVERSIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA

ANA PAULA RAMPANELLI

DEFINIR: EM CONTRUÇÃO

CHAPECÓ, SC

2025

ANA PAULA RAMPANELLI

DEFINIR: EM CONTRUÇÃO

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Computação, Área das Ciências Exatas e da Terra, da Universidade do Oeste de Santa Catarina – Unoesc Campus de Chapecó, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Computação.

Chapecó, SC

2025

## SUMÁRIO

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização da inteligência artificial IA vem revolucionado de maneira significativa em diferentes setores do mercado. Desde novembro de 2022, com o lançamento do ChatGPT a população teve acesso ao que era exclusivo somente as pessoas que trabalhavam na área, depois desse episódio, a maneira de pesquisar/buscar mudou completamente de patamar, hoje estudos mostram que o novo formato de interagir com os dados está cada vez mais utilizados e aceito pela gerações.

As organizações vêm incorporando essas ferramentas tanto em processos internos, visando maior eficiência operacional, quanto em soluções voltadas ao usuário final, proporcionando novas experiências de interação. No contexto de e-commerce, por exemplo, os mecanismos de busca tradicionais, baseados em filtros rígidos, podem se mostrar limitados e pouco intuitivos.

Nesse cenário, modelos de linguagem de grande escala LLM têm se destacado ao possibilitar a conversão de linguagem natural em consultas estruturadas (text-to-SQL), o que favorece buscas mais personalizadas e acessíveis. Essa evolução contribui para a simplificação da experiência do usuário, tornando o processo de encontrar produtos e serviços mais eficiente.

A empresa Amo Delivery, fundada em 2017 e sediada em Chapecó, consolidou-se como uma plataforma dedicada a melhorar a experiência dos usuários no setor alimentício. Atualmente presente em mais de 300 cidades do Brasil, sua solução de software, denominada “Amo Ofertas”, possibilita ao usuário acessar, de maneira prática e centralizada, ofertas de diferentes restaurantes, trazendo conveniência e agilidade ao processo de escolha.

Diante desse contexto, o presente trabalho propõe o estudo e na implementação de um sistema de busca inteligente no aplicativo Amo Ofertas, com base em modelos de linguagem natural. O sistema permitirá que os usuários realizem pesquisas em linguagem natural, eliminando a necessidade de filtros rígidos e comandos específicos, ao converter as consultas em linguagem SQL estruturada (text-to-SQL). Dessa forma, o usuário poderá buscar por ofertas de forma intuitiva, utilizando expressões semelhantes à conversação cotidiana.

A implementação dessas funcionalidades no contexto de busca e consulta de ofertas dentro da plataforma Amo Ofertas, não irão contemplar modificações nos processos de

pagamento, logística de entrega ou outros módulos já existentes. O foco deste trabalho permanecerá no aprimoramento da experiência de busca do usuário, por meio da aplicação de técnicas de inteligência artificial voltadas à interação natural e personalizada.

## 1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

A experiência do usuário em plataformas de e-commerce está diretamente relacionada à sua capacidade de encontrar, de forma rápida e intuitiva, os produtos que deseja. Com o avanço da tecnologia, o uso de modelos de linguagem natural LLMS tornou-se uma tendência crescente, oferecendo interações mais inteligentes e próximas da linguagem cotidiana dos consumidores. Estudos indicam que a eficácia dos mecanismos de busca em plataformas digitais impacta de maneira significativa tanto a satisfação do usuário quanto a concretização das vendas (JANSEN; MOLINA, 2006).

Empresas consolidadas, como Google, Nubank e C6 Bank, já incorporam tecnologias de processamento de linguagem natural PLN em seus serviços, elevando o nível da experiência do usuário. No setor de e-commerce, organizações como Amazon, Shopify e iFood vêm explorando recursos de aprendizado de máquina (do inglês ,Machine Learning ML) para tornar a busca mais personalizada e acessível, permitindo que os usuários encontrem produtos de forma simples e eficiente.

Apesar do crescimento do comércio eletrônico e da evolução dos sistemas de busca baseados em IA, muitos aplicativos ainda oferecem experiências limitadas ao usuário, especialmente em relação à forma de localizar produtos. Os filtros de pesquisa são essenciais para permitir que o usuário localize o que deseja com base em critérios específicos para sua solicitação como, o preço, ingrediente, distância, entre outros atributos.

O aplicativo AMO Ofertas é utiliza filtros rígidos e pouco flexíveis, o que compromete a experiência do usuário e pode limitar sua competitividade no mercado. Diante disso, este trabalho justifica-se pela necessidade de implementar um modelo de linguagem natural que permita buscas mais inteligentes e personalizadas, ampliando a satisfação do consumidor, fortalecendo a posição da empresa no setor e possibilitando uma concorrência mais equilibrada com players de maior porte.

## 1.2 OBJETIVOS

Nesta seção serão abordados os objetivos gerais e específicos a serem buscados no decorrer da execução do trabalho proposto.

### 1.2.1 Objetivo geral

Implementar e avaliar um modelo de linguagem natural /lmmLLM no aplicativo AMO Ofertas, com o propósito de aprimorar o mecanismo de busca, tornando-o mais intuitivo e eficiente, de modo a melhorar a experiência do usuário e aumentar a competitividade da plataforma no mercado de e-commerce.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do projeto seguem a ordem cronológica de execução das atividades, conforme descrito a seguir:

- Estudar a estrutura do sistema de busca existente e documentar as limitações dos filtros rígidos atualmente oferecidos no sistema Amo Ofertas.
- Coletar logs/chaves de pesquisas realizadas no aplicativo ou aplicar questionários/testes com usuários para identificar padrões de busca, como termos mais usados, erros frequentes afim de analisar dados de busca dos usuários.
- Realizar um estudo comparativo de desempenho dos modelos de linguagem natural, requisitos computacionais e aderência ao português, justificando a escolha do modelo mais adequado para o contexto da Amo Ofertas.
- Implementar uma versão experimental em ambiente controlado (Sandbox) para realizar testes isolada para treinar e validar o modelo escolhido, simulando consultas reais de usuários.
- Treinar e ajustar o modelo para o domínio do e-commerce da Amo Ofertas afim de melhorar a relevância e precisão das respostas de busca.
- Implementar o protótipo dentro do aplicativo, disponibilizar a busca inteligente para um grupo de usuários-teste e coletar feedback qualitativo e quantitativo.
- Medir métricas como precisão das buscas, tempo médio para encontrar produtos, satisfação do usuário e comparar com o sistema de busca anterior.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta a revisão da literatura sobre os principais conceitos que fundamentam este trabalho, abordando as tecnologias e os estudos relevantes para a análise de movimento no esporte.

### 2.1 SOLUÇÕES SIMILARES

Nesta seção, são apresentados trabalhos que possuem relação com a proposta deste estudo, seja pela utilização de técnicas similares ou pela aplicação de LLM no ramo e-commerce ou para busca inteligentes. A seguir, cada um dos trabalhos é abordado individualmente, seguido de uma tabela comparativa ao final.

#### 2.1.1 Fine-tuning BERT for Semantic Textual Similarity with Transformers in Python (Hamdine, 2023)

O estudo de Hamdine (2023) realizou um fine-tuning no modelo de linguagem BERT para comparação de similaridade textual. Utilizando o benchmark Semantic Textual Similarity STS (PAPERSWITHCODE, s.d.) pois possui diversos conjuntos de dados em inglês voltados para a tarefa de avaliação e semântica. A metodologia aplicada envolve etapas de pré-processamento e preparação dos dados, construção de uma classe personalizada para manipulação do dataset e definição de uma métrica de avaliação adequada.

As estatísticas acima mostram que a perda de similaridade do cosseno de validação diminuiu continuamente, mostrando que o modelo se tornou cada vez mais preciso na geração de embeddings de frases em correspondência com similaridades semânticas dos pares de sentenças..

Figura 1 – Estatísticas obtidas durante o *fine-tuning* do modelo BERT.



template-unoescstex/resources/floats/ilustracoes/fine-tuning.png

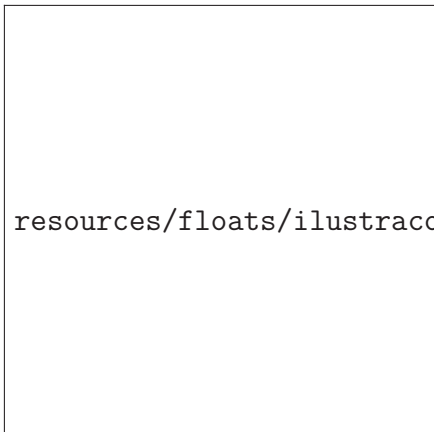
Fonte: HAMDINE, 2023.

### 2.1.2 IMPLEMENTAÇÃO DE BUSCA SEMÂNTICA EM E-COMMERCE COMO APOIO A PESQUISAS INTELIGENTES (Borges, 2024)

Borges (2024) também realizou o treinamento de um modelo BERT voltado para a tarefa de similaridade textual, utilizando para isso um conjunto de dados em português. O modelo foi aplicado em um protótipo de e-commerce de farmácias, no qual demonstrou resultados promissores: a partir de buscas simples, foi capaz de recuperar corretamente os produtos mais relevantes de acordo com a consulta do usuário.

A Figura 2, apresentada a seguir, ilustra um dos testes realizados após a etapa de fine-tuning conduzida no projeto.

Figura 2 – Resultados obtidos da consulta “chocolate” com modelo bertimbau-finetuned, ajustado com 700 amostras e ajuste de hiperparâmetros.



resources/floats/ilustracoes/Modelo bert- Hilda.png

Fonte: Borges, 2024.



### 2.1.3 Deco AI Sales Assistant: Utilizando LLMs para experiências de e-commerce personalizadas e sob demanda (Filho, 2024)

O estudo de Filho (2024) propôs a integração de um assistente de vendas na plataforma da Deco, empregando três modelos de LLM desenvolvidos pela OpenAI. A solução buscou facilitar o processo de busca dos usuários, apresentando resultados positivos: por meio de interações com o assistente, os usuários foram capazes de encontrar produtos utilizando diferentes modalidades de entrada, como áudio, imagem e texto.

A Figura 3 ilustra um dos testes conduzidos, no qual uma persona fictícia denominada Maria, com 68 anos, interage com o assistente por meio de comandos de voz, demonstrando a usabilidade do sistema em um cenário prático.

Figura 3 – Experiência de compra de Maria com Áudio.



Fonte: Filho, 2024.

Ao final dessa seção, a Tabela 1 resume os principais aspectos dos trabalhos e Filho(2024) e de Borges(2024).

Os trabalhos e estudos mencionados discutem a aplicação de modelos de linguagem grandes LLMs para aprimorar as experiências de e-commerce, focando em busca semântica e assistentes de vendas inteligentes. O trabbalho de Filho(2024) detalha a implementação de um assistente de vendas de IA chamado "Deco AI Sales Assistant," que utiliza LLMs da OpenAI para oferecer recomendações personalizadas e interações conversacionais. O de Borges (2024) mostra a implementação de busca semântica em e-commerces farmacêuticos usando técnicas de Processamento de Linguagem Natural PLN e o modelo BERTimbau,

com ênfase no fine-tuning para adaptar o modelo a domínios específicos. Ambos os trabalhos visam otimizar a funcionalidade de busca, melhorar a experiência do usuário e, consequentemente, aumentar as taxas de conversão em plataformas de comércio.

Tabela 1 – Trabalhos Relacionados.

TRABALHO	OBJETIVO GERAL	TECNOLOGIAS	RESULTADOS ALCANÇADOS
IMPLEMENTAÇÃO DE BUSCA SEMÂNTICA EM E-COMMERCE COMO APOIO A PESQUISAS INTELIGENTES (Borges, 2024)	Propor uma estratégia de melhoria de resultados de busca em e-commerces. Isso será feito através do desenvolvimento de uma ferramenta de busca semântica, utilizando técnicas de Processamento de Linguagem Natural.	Utilizou o modelo de linguagem pré-treinado BERTImbau em seu trabalho	Um modelo pré treinado para analise textual utilizando BERT.
Deco AI Sales Assistant: Utilizando LLMs para experiências de e-commerce personalizadas e sob demanda (Filho, 2024)	Utilizar LLMs para experiências de e-commerce personalizadas e sob demanda*, é criar uma experiência de compras única e personalizada para os clientes.	Foi utilizado os modelos LLMS da OpenIA: GPT-4 (gpt-4-1106-preview) e GPT-4 Vision (gpt-4-1106-vision-preview).	Um assistente eficiente que consegue entregar valor para a loja e proporciar uam experiencia inovadora ao usuario

Fonte: O Autor.

Observa-se que o trabalho de Borges (2024) concentrou-se em técnicas de Processamento de Linguagem Natural para busca textual, enquanto Filho (2024) explorou assistentes de vendas multimodais baseados em LLMs avançados. Nesse contexto, a presente pesquisa busca um equilíbrio entre essas abordagens, ao propor a integração de um modelo de linguagem natural em e-commerce com foco em busca semântica intuitiva, mas sem depender de soluções proprietárias de grande escala.

As pesquisas bibliográficas a seguir foram feitas dentro do Google Acadêmico em Setembro de 2025. Na tabela 4, podemos ver detalhes de resultados obtidos nas pesquisas avançadas de trabalhos relacionados, todos os termos foram pesquisados utilizando como pesquisa palavras utilizadas no título de artigos, trabalhos que utilizam a visão computacional tiveram um maior número de resultados, já trabalhos com o tema ( ) em específico foram mais difíceis de se encontrar.

Tabela 2 – Resultados das pesquisas por termos no título de artigos.

<b>Termos Pesquisados</b>	<b>Período de Tempo</b>	<b>Resultados Obtidos</b>
Busca inteligentes	2005 - 2025	784.000 resultados
Processamento de Linguagem Natural	2005 - 2025	71.700 resultados
BERTimbau	2005 - 2025	1.180 resultados
BERTimbau, e-commerce	2005 - 2025	118 resultados
LLMs, e-commerce	2005 - 2025	19.800 resultados

Fonte: O Autor.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

Neste capítulo do trabalho será abordada a caracterização da metodologia de pesquisa, questões de pesquisa, como será a aplicação da metodologia e o desenvolvimento do sistema computacional, além de mostrar como será a análise de resultados e a população e amostra do trabalho.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente trabalho se caracteriza como uma metodologia aplicada, tendo uma abordagem quantitativa, buscando atingir seus objetivos de forma descritiva e exploratória através de procedimentos exploratórios e de um estudo de caso.

Segundo Gerhardt e Silveira (2009, p. 35), a pesquisa aplicada visa gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, buscando responder às necessidades concretas de organizações, instituições ou grupos sociais. Em complemento, Fonseca (2002) destaca que a pesquisa aplicada está orientada para transformar a realidade de forma direta, aplicando conhecimentos científicos já estabelecidos.

No que se refere à abordagem quantitativa, Gerhardt e Silveira (2009, p. 33) afirmam que esta traduz em números as informações e opiniões, classificando-as e analisando-as de forma objetiva, buscando generalizações estatísticas. Por explorar dados numéricos como a angulação e rotatividade do braço no movimento do arremesso, esse trabalho se caracteriza como quantitativo em sua abordagem.

A pesquisa exploratória, de acordo com Gil (2008, p. 27), tem como finalidade proporcionar maior familiaridade com o problema, visando torná-lo mais explícito ou construir hipóteses, sendo especialmente útil quando o fenômeno é pouco conhecido. Já a pesquisa descritiva, conforme Gil (2008, p. 28), objetiva descrever as características de determinada população ou fenômeno, bem como estabelecer relações entre variáveis. Esse trabalho se caracteriza como exploratório e descritivo, pois o mesmo interpreta dados biomecânicos para executar o estudo, além de abordar um ramo que hoje está em desenvolvimento no Brasil que é a Análise de Desempenho Esportiva.

No que tange aos procedimentos, Gerhardt e Silveira (2009, p. 36) indicam que a pesquisa experimental é caracterizada pela manipulação de variáveis para observar os efeitos provocados, sendo amplamente empregada em estudos controlados. A manipulação

de variáveis dentro de um arremesso fazem com que este trabalho se caracterize como uma pesquisa experimental. O estudo de caso, por sua vez, segundo Gil (2008, p. 57), busca uma análise profunda e exaustiva de um ou poucos objetos, proporcionando um conhecimento abrangente e detalhado da realidade investigada. O fator determinante para este trabalho ser um estudo de caso, se dá pelo fato de ser executado em uma equipe específica, sendo estudado de início somente com esse número pequeno de jogadores, para caso haja êxito, ser posteriormente evoluído a um estudo para outras equipes também.

### 3.2 QUESTÕES DE PESQUISA

O protótipo proposto é capaz de capturar, processar e analisar biomecanicamente, com base em visão computacional, os movimentos do arremesso no basquetebol, fornecendo diagnósticos para auxiliar atletas e treinadores na correção do gesto de arremesso?

### 3.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Nesta subseção, são descritas as etapas adotadas para o desenvolvimento da metodologia deste trabalho. As atividades englobam desde a preparação do ambiente de desenvolvimento e coleta de dados até a implementação dos algoritmos de visão computacional e a validação dos resultados obtidos. Cada fase foi conduzida com o objetivo de garantir a confiabilidade do sistema final e a coerência com os objetivos traçados neste trabalho.

#### 3.3.1 Desenvolvimento da solução proposta na prática

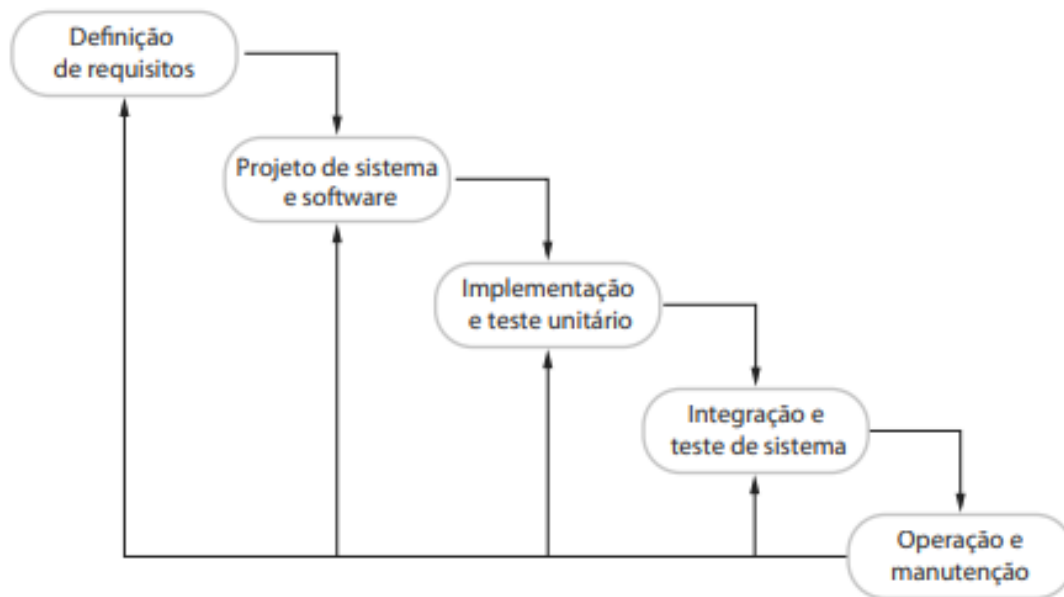
O modelo em cascata é uma das abordagens clássicas para o desenvolvimento de software e foi originalmente descrito por Winston Royce em 1970. Este modelo foi posteriormente estruturado por Ian Sommerville em sua obra clássica “Engenharia de Software” como um processo sequencial em que cada fase depende da entrega da anterior e gera um produto definido.

Conforme ilustrado na Figura 13 (Modelo cascata de Sommerville), o modelo é dividido em cinco fases principais: definição de requisitos, projeto de sistema e software, implementação e teste unitário, integração e teste de sistema, e operação e manutenção.

Figura 4 – Modelo Cascata.

---

#### O modelo em cascata



Fonte: Sommerville (2011).

Cada fase possui entregáveis específicos e critérios de entrada e saída bem definidos.

#### 3.3.1.1 Definição de Requisitos

A definição de requisitos é a etapa de desenvolvimento de software que descreve detalhadamente o que o sistema deve fazer e quais restrições ele deve obedecer. De acordo com Sommerville (2011), um requisito é “uma descrição de algo que o sistema deve fazer ou uma propriedade que ele deve ter”. Essa definição engloba tanto funcionalidades esperadas quanto limitações técnicas ou organizacionais que devem ser consideradas na construção do projeto.

Ainda segundo Sommerville (2011), os requisitos funcionais especificam os serviços que o sistema deve oferecer e como ele deve reagir a entradas específicas. Por outro lado, os requisitos não funcionais dizem respeito a restrições sobre os serviços ou funções oferecidas, como requisitos de desempenho, padrões de qualidade, requisitos organizacionais ou de segurança. Para a obtenção desses requisitos, será adotada a técnica de entrevistas semiestruturadas com os usuários finais que serão de início os atletas participantes do estudo de caso. Essa abordagem permitirá captar informações sobre as necessidades práticas dos usuários, possibilitando uma definição mais precisa e contextualizada dos requisitos

do sistema.

### 3.3.1.2 Projeto de Sistema e Software

#### 3.3.1.3 Fase de Implementação

#### 3.3.1.4 Fase de integração e testes

A fase de testes é responsável por garantir a qualidade do software e a conformidade com os requisitos especificados. Segundo Pressman (2011), os testes de software devem ser planejados de forma sistemática e aplicados com o propósito de revelar o maior número possível de defeitos, contribuindo para a qualidade e confiabilidade do produto final.

Os testes serão divididos entre a verificação funcional da aplicação desenvolvida em Python e a avaliação do desempenho do modelo de detecção de imagens. O roteiro de testes considera a execução da aplicação com vídeos reais, gravados durante os treinos, que serão analisados quadro a quadro pelo modelo treinado. O objetivo é validar se as detecções ocorrem corretamente, se os dados gerados estão de acordo com os critérios esperados e se a experiência de uso da aplicação permanece fluida. As verificações funcionais incluem a leitura adequada dos arquivos de vídeo, a ativação correta do modelo, a identificação precisa de elementos como a bola de basquete e os membros superiores, além da geração de análises coerentes dos arremessos e do bom desempenho geral do sistema. Parte dos testes será também automatizada com o uso do framework PyTest, focando em funções auxiliares como o pré-processamento das imagens e a validação da integração com arquivos simulados, o que permite assegurar a estabilidade do sistema mesmo após possíveis futuras alterações no código.

#### 3.3.1.5 Operação e manutenção

A fase de operação e manutenção corresponde à última etapa do ciclo de vida no modelo em cascata, sendo responsável por garantir a continuidade do funcionamento do sistema após sua entrega, além de contemplar ajustes, correções de falhas e melhorias que

possam surgir com o uso contínuo da aplicação. De acordo com Pressman (2016), esta etapa não apenas envolve a correção de erros não detectados anteriormente, mas também a adaptação do software às mudanças de ambiente e requisitos, bem como o aprimoramento de sua funcionalidade.

Neste trabalho, serão feitas manutenções para o bom funcionamento do sistema, buscando sempre atualizações que melhorem a eficiência do mesmo. Possivelmente melhorias como a implementação de análises de outros movimentos, como passes ou bloqueios poderão ser feitas com manutenções posteriores a entrega do projeto inicial.

### **3.3.2 População e Amostra**

A população desse estudo é composta por uma equipe de basquete, hoje competindo em âmbito amador, tendo um foco maior na modalidade de basquete 3x3. Atualmente a equipe conta com aproximadamente 15 atletas, onde serão selecionados alguns para a realização dos testes deste trabalho.

A seleção não considerará variáveis como idade, posição em quadra ou nível técnico individual, visto que o objetivo da pesquisa é avaliar a aplicabilidade da ferramenta em um contexto coletivo e real de treinamento.



## 4 APRESENTAÇÃO DA SOLUÇÃO

Neste capítulo, será abordada a modelagem do sistema proposto, contendo os diagramas e também os requisitos que fazem parte do trabalho.

### 4.1 REQUISITOS DO SISTEMA

Logo abaixo, será apresentada a tabela 3 contendo os requisitos funcionais do sistema computacional, seguido da tabela 4 com os requisitos não funcionais do mesmo.

Tabela 3 – Requisitos funcionais do sistema computacional.

Número Requisito	Requisito Funcional
01	O sistema deve permitir a importação de vídeos contendo arremessos de basquete para análise biomecânica.
02	O sistema deve realizar a detecção da estrutura corporal do atleta nos quadros do vídeo utilizando visão computacional.
03	O sistema deve extrair dados cinemáticos dos movimentos, como ângulos articulares, posição dos membros e trajetória.
04	O sistema deve calcular a velocidade do movimento do atleta a partir da variação das posições ao longo do tempo.
05	O sistema deve apresentar graficamente os dados obtidos em tempo de execução, facilitando a análise.
06	O sistema deve identificar automaticamente o momento do arremesso para fins de segmentação do movimento.

Fonte: O Autor.

Tabela 4 – Requisitos não funcionais do sistema computacional.

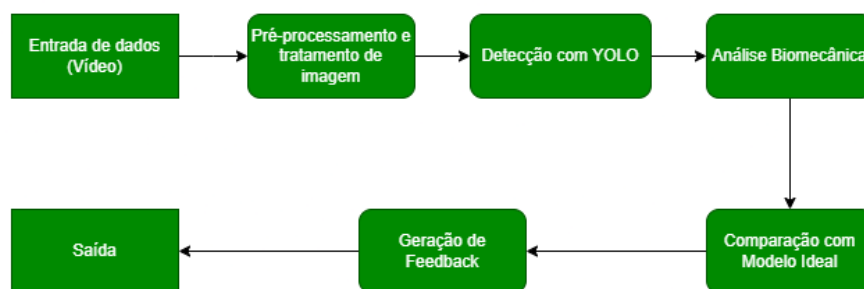
Número Requisito	Requisito Não Funcional
01	O sistema computacional deve ser desenvolvido utilizando a linguagem de programação Python.
02	O sistema deve utilizar bibliotecas como OpenCV, MediaPipe e Matplotlib.
03	O sistema deve ser compatível com o sistema operacionais Windows.
04	A interface do sistema deve ser simples e acessível a usuários sem experiência técnica.
05	O repositório do projeto deve estar no Github.
06	O sistema deve utilizar o YOLOv8 como modelo.

Fonte: O Autor.

### 4.2 FLUXOGRAMA DA ARQUITETURA DO PROJETO

Na ilustração 14 a seguir, temos um fluxograma que representa a arquitetura do projeto na prática, mostrando os passos que serão executados para que o projeto tenha um resultado satisfatório.

Figura 5 – Fluxograma da arquitetura do projeto.



Fonte: O Autor.

O fluxograma é composto pelas seguintes ações:

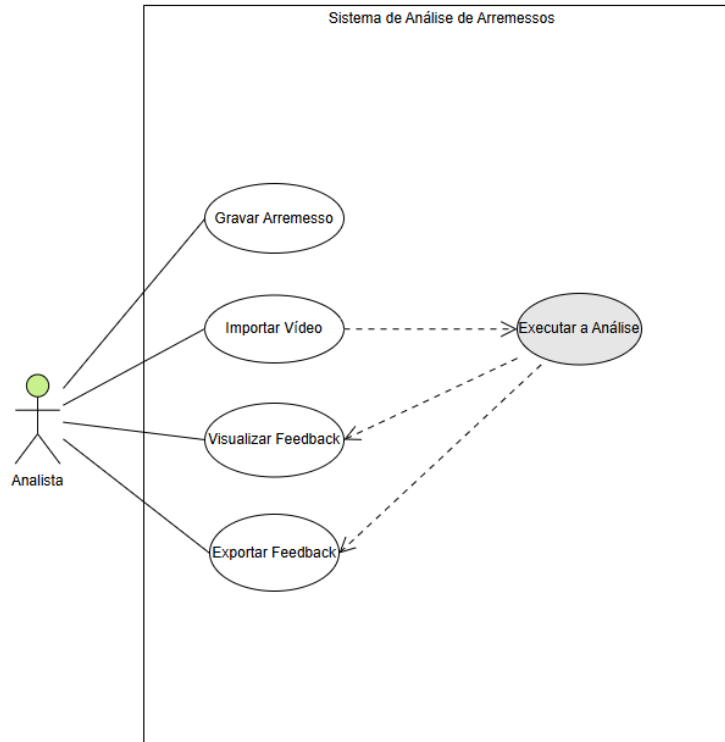
- **Entrada de dados (Vídeo):** O sistema recebe como entrada vídeos contendo arremessos no basquetebol, que serão utilizados como base para análise biomecânica.
- **Pré-processamento e tratamento de imagem:** Os quadros extraídos dos vídeos passam por processos de redimensionamento, filtragem e correção de contraste, preparando as imagens para a detecção com maior precisão.
- **Detecção com YOLO:** Utiliza-se o modelo YOLO para identificar automaticamente partes do corpo do atleta, como cabeça, ombros, cotovelos e mãos, em cada quadro analisado.
- **Análise Biomecânica:** A partir dos pontos detectados, são calculados ângulos articulares e características do movimento que representam a execução do arremesso.
- **Comparação com Modelo Ideal:** Os dados obtidos são comparados com uma referência ideal de arremesso, permitindo identificar falhas na técnica ou na postura do atleta.
- **Geração de Feedback:** Com base na comparação, o sistema fornece orientações visuais e textuais destacando o que pode ser aprimorado na execução do movimento.
- **Saída:** Os resultados são disponibilizados na forma de visualizações gráficas, imagens anotadas ou arquivos exportáveis, auxiliando treinadores e atletas no processo de correção e desempenho.

#### 4.3 DIAGRAMA DE CASO DE USO

O diagrama de caso de uso apresentado na Ilustração 15 a seguir mostra as principais funcionalidades do Sistema de Análise de Arremessos sob a perspectiva do utilizador

principal e as interações que este pode ter para atingir os seus objetivos.

Figura 6 – Diagrama de Caso de Uso.



Fonte: O Autor.

Como demonstrado no diagrama, o O **Analista**, que pode ser o treinador ou o próprio jogador que fez o arremesso, possui as seguintes ações dentro do sistema:

- **Gravar Arremesso:** Embora tecnicamente a gravação de vídeo possa ocorrer fora do sistema (por meio de câmeras ou dispositivos móveis), este caso de uso está presente como uma etapa inicial no fluxo de trabalho do Analista. Ele representa a captura do conteúdo necessário para alimentar o sistema de análise.
- **Importar Vídeo:** Após a gravação, o Analista realiza o upload do vídeo para o sistema. O vídeo deve conter um arremesso completo e estar em um formato compatível com os algoritmos de análise.
- **Executar a Análise:** Com o vídeo já carregado, o Analista pode solicitar que o sistema realize a análise biomecânica. Esse processo envolve múltiplas operações internas, como a detecção de pontos articulares via modelo YOLO, cálculo dos ângulos de movimento e comparação dos dados obtidos com um modelo ideal pré-estabelecido.
- **Visualizar Feedback:** Após a conclusão da análise, o Analista pode acessar os resul-

tados gerados. O feedback inclui melhorias que o atleta pode buscar para melhorar a eficiência de seus arremessos.

- **Exportar Feedback:** Por fim, o Analista tem a possibilidade de exportar os dados gerados pelo sistema, para assim poder comparar os arremessos ao longo do tempo.

## 4.4 WIREFRAMES

Os Wireframes a seguir mostram uma projeção do protótipo do sistema de análise.

### 4.4.1 Wireframe 1

Figura 7 – Wireframe 1.

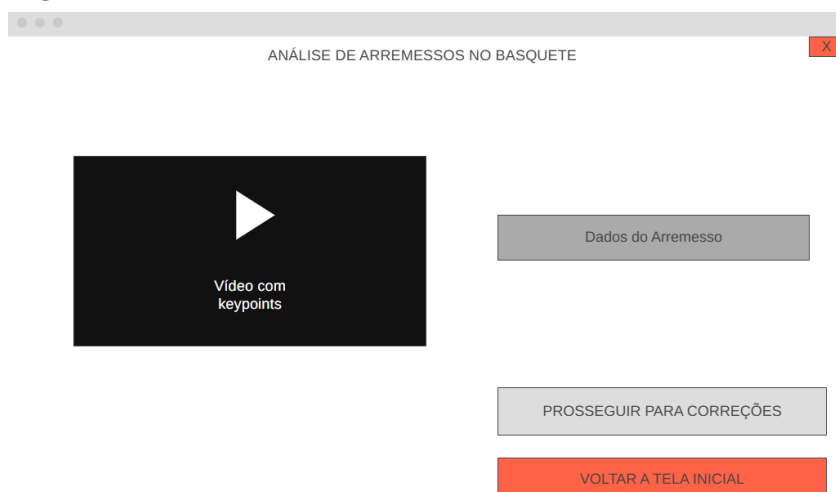


Fonte: O Autor.

O Wireframe mostrado na figura acima, descreve a tela inicial do protótipo, tendo como função principal importar o vídeo do arremesso, após a importação ao clicar no botão de análise, o modelo do YOLO entra em ação, fazendo o processamento do vídeo. Além disso, temos a aba de configurações e também um botão para ver o histórico de análises, utilizando os registros que foram salvos localmente pelo usuário, por fim, um botão de fechar o sistema está disponível.

### 4.4.2 Wireframe 2

Figura 8 – Wireframe 2.



Fonte: O Autor.

Já o Wireframe 2 mostrado na figura acima, descreve a tela em que o vídeo processado aparece, com as métricas do arremesso aparecendo ao lado, além disso existe a opção de voltar ao menu principal e a opção de avançar para o feedback de melhorias do arremesso.

#### 4.4.3 Wireframe 3

Figura 9 – Wireframe 3.



Fonte: O Autor.

Nesta parte, conseguimos novamente ver o vídeo, porém agora com o feedback de pontos a melhorar ao lado, caso o usuário ache necessário, existe a opção de exportar o vídeo e também o feedback em pdf, um botão de voltar ao menu principal após a conclusão

da análise está disponível, todas as abas tem um botão para fechar o programa também no canto superior direito da tela.

## REFERÊNCIAS

- AIP PUBLISHING. **Human Pose Estimation Using BlazePose**. 2023. Disponível em: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article/2971/1/040049/3296267/> Human-pose-estimation-using-blaze-pose. Acesso em: 21 maio 2025.
- AMADIO, A. C.; SERRÃO, J. C. A biomecânica em educação física e esporte. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 25, n. esp., p. 15-24, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbefe/a/6LRgqXLHGhgyrFMsFG5Vyd/>. Acesso em: 19 maio 2025.
- ANALYTICS VIDHYA. **A Comprehensive Guide on Human Pose Estimation**. 2022. Disponível em: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2022/01/a-comprehensive-guide-on-human-pose-estimation/>. Acesso em: 21 maio 2025.
- ANTONELLO, R. **Introdução à Visão Computacional com Python e OpenCV 3**. 2016. Disponível em: <http://www.antonello.com.br>. Acesso em: 21 maio 2025.
- ARORA, S. et al. **Theoretical Physics of Deep Learning**. arXiv:2106.10165, 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2106.10165>
- AWS. **O que é visão computacional?** 2024. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/computer-vision/>. Acesso em: 19 maio 2025.
- BIOMECHANICS of the Basketball Jump Shot**. In: PHYSIO-PEDIA. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: [https://www.physio-pedia.com/Biomechanics\\_of\\_the\\_Basketball\\_Jump\\_Shot](https://www.physio-pedia.com/Biomechanics_of_the_Basketball_Jump_Shot). Acesso em: 11 jun. 2025.
- BOESCH, G. **Human Pose Estimation - Everything You Need to Know**. Viso.ai, 2023. Disponível em: <https://viso.ai/deep-learning/pose-estimation-ultimate-overview/>. Acesso em: 21 maio 2025.
- BRANDINA, K. **Biomecânica aplicada ao esporte**. São Paulo: Editora Sol, 2018.
- CABRAL, Adriel dos Santos Araújo. **Sistema de Visão Computacional para Análise de Jogadas em Goalball**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/32677>. Acesso em: 02 abr. 2025.
- CANAN, F.; MENDES, J. C.; SILVA, R. V. Análise estatística no basquetebol de base: perfil do Campeonato Paranaense de Basquetebol masculino Sub-17. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 29, n. 2, p. 289-302, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/307763304\\_Analise\\_](https://www.researchgate.net/publication/307763304_Analise_)

estatistica\_no\_basquetebol\_de\_base\_perfil\_do\_Campeonato\_Paranaense\_de\_Basquetebol\_masculino\_Sub-17. Acesso em: 17 maio 2025.

CARVALHO, A. S. A. de et al. Análise comparativa entre os principais algoritmos de detecção facial: Haar Cascade, HOG, CNN, YOLO e DeepFace. **Open Science Research V**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.37885/220709383>. Acesso em: 21 maio 2025.

CASEIRO, A. **Análise cinemática do lançamento em suspensão do basquetebol**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Desporto) - Universidade de Coimbra, 2015. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/96639>. Acesso em: 19 maio 2025.

CASEIRO, A.; COSTA, M. J.; OLIVEIRA, D.; VAZ, J. R.; CASTRO, M. A. Biomechanical parameters of the basketball jump shot: comparison between distances and experience level. **Acta of Bioengineering and Biomechanics**, v. 25, n. 1, p. 25-33, 2023. DOI: 10.37190/abb-02205-2023-01.

CBB - CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BASKETBALL. **Regras Oficiais de Basketball – FIBA 2020 (versão em português)**. São Paulo: CBB, 2020. Disponível em: <https://www.cbb.com.br/wp-content/uploads/Regras-Oficiais-de-Basketball-FIBA-2020-Traduzida-para-Portugues.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

COB - COMITÊ OLÍMPICO DO BRASIL. **Basquete**. Disponível em: <https://www.cob.org.br/time-brasil/esportes/1-basquete>. Acesso em: 15 maio 2025.

CODERADE.IO. **Pose Estimation in Computer Vision: Everything You Need to Know**. 2024. Disponível em: <https://www.codetrade.io/blog/pose-estimation-in-computer-vision-everything-you-need-to-know/>. Acesso em: 21 maio 2025.

COLETTA, Luiz F. S.; AMARAL, A. C. S. **Segmentação de Pólipos em Imagens de Colonoscopia utilizando YOLOv8**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2024. Figura 2. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Arquitetura-simplificada-do-YOLOv8-Jocher-et-al-2023\\_fig1\\_381750528](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Arquitetura-simplificada-do-YOLOv8-Jocher-et-al-2023_fig1_381750528). Acesso em: 12 jun. 2025.

DATA HACKERS. **Matplotlib e Storytelling com Dados - Parte I**. Medium, 2019. Disponível em: <https://medium.com/data-hackers/matplotlib-e-storytelling-com-dados-pt-i-48c289943d60>. Acesso em: 21 maio 2025.

DE ROSE JÚNIOR, D.; GASPAR, M. F.; ASSUMPÇÃO, M. V. Construção e validação preliminar de instrumento de avaliação do desempenho técnico-tático individual no basquetebol. **Revista de Educação Física/UEM**, v. 16, n. 2, p. 201-208, 2005.



Disponível em: <https://www.scielo.br/j/refuem/a/FNrcSGnjgGgQ5bHNXMfSqmM/>. Acesso em: 16 maio 2025.

ENCORD. **YOLO Object Detection Explained: A Beginner's Guide**. 2024. Disponível em: <https://encord.com/blog/yolo-object-detection-guide/>. Acesso em: 21 maio 2025.

FONSECA, João José Saraiva da. **Metodologia da pesquisa científica**. Universidade Estadual do Ceará, 2002.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GETGURU. **Computer Vision**. 2024. Disponível em: <https://www.getguru.com/pt/reference/computer-vision>. Acesso em: 19 maio 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. **Deep Learning**. MIT Press, 2016. Disponível em: <https://www.deeplearningbook.org/>

HEMOCOURT. **The future of basketball training is here**. HomeCourt AI, 2025. Disponível em: <https://www.homecourt.ai>. Acesso em: 12 jun. 2025.

IMPULSIONA. **Fundamentos do basquete: conheça os 3 principais**. Disponível em: <https://impulsiona.org.br/3-fundamentos-do-basquete/>. Acesso em: 15 maio 2025.

INGRAM MICRO. **O que é visão computacional e como funciona?** 2024. Disponível em: <https://blog.ingrammicro.com.br/inovacao-e-tendencias/visao-computacional>. Acesso em: 19 maio 2025.

JOCHER, Glenn; QIU, Jing. **Ultralytics YOLOv11**. Versão 11.0.0. [S. l.]: Ultralytics, 2024. Disponível em: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>. Acesso em: 12 jun. 2025.

KARPATHY, A.; LI, F. F. **CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition**. Stanford University. Disponível em: <https://cs231n.github.io/convolutional-networks/>

Knudson, D. V. (2007). **Fundamentals of biomechanics**. Springer Science and Business Media. Link: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4757-2518-2>

LAMAS, L.; MORALES, J. C. P. Integração entre a análise do desempenho e o ensino-aprendizagem nos esportes coletivos. **Revista Brasileira de Ciências do**

**Esporte**, v. 44, 2022. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbce/a/qxXX8bn463Y8PPMLbQtXFVG/>. Acesso em: 16 maio 2025.

LEES, A. Technique analysis in sports: a critical review. **Journal of Sports Sciences**, v. 20, p. 813-828, 2002.

LIN, T. et al. **Towards an Understanding of Situated AR Visualization for Basketball Free-Throw Training**. arXiv preprint arXiv:2104.04118, 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2104.04118>. Acesso em: 19 maio 2025.

NASCIMENTO, Jorge Mateus. **Geração de informações estratégicas para clubes de futebol utilizando visão computacional**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Teixeira de Freitas, 2023. Disponível em: <https://saberaberto.uneb.br/items/f9bd1d98-a62d-4b76-9ba4-bebd26f256b7>. Acesso em: 16 abril 2025.

NOAH BASKETBALL. **Data-Driven Development**. Noah Basketball, 2025. Disponível em: <https://noahbasketball.com>. Acesso em: 12 jun. 2025.

NVIDIA. **Image Processing vs. Computer Vision: What's the Difference?** 2023. Disponível em: <https://resources.nvidia.com/en-us/edge-computing/image-processing-vs-computer-vision>. Acesso em: 21 maio 2025.

OKAZAKI, V. H. A. et al. A review on basketball jump shot. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 14, n. 3, p. 638-643, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/279180866\\_A\\_review\\_on\\_basketball\\_jump\\_shot](https://www.researchgate.net/publication/279180866_A_review_on_basketball_jump_shot). Acesso em: 19 maio 2025.

OPENCV. **OpenCV-Python Tutorials**. [S. l.]: OpenCV, 2025. Disponível em: [https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial\\_py\\_root.html](https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html). Acesso em: 12 jun. 2025.

PAIVA, F. A. P. et al. **Introdução a Python com Aplicações de Sistemas Operacionais**. Natal: Editora IFRN, 2019. ISBN 978-65-86293-38-8.

PAN, W. J. et al. Biomechanical Analysis of Shooting Performance for Basketball Players of Different Genders Based on Computer Vision. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 2024, n. 1, p. 012016, 2021. DOI: 10.1088/1742-6596/2024/1/012016. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2024/1/012016>. Acesso em: 16 abril 2025.

PAPERSWITHCODE. **Pose Estimation**. 2024. Disponível em: <https://paperswithcode.com/task/pose-estimation>. Acesso em: 21 maio 2025.

Pressman, R. S. (2016). **Engenharia de software: uma abordagem profissional** (7. ed.). AMGH Editora.

REDMON, J. et al. **You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection**. arXiv:1506.02640, 2016. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1506.02640>. Acesso em: 21 maio 2025.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 9<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. Capítulo 8 - Teste de Software.

SOUZA, Werbert de Matos. **O esporte mediado pelas tecnologias digitais: análise de estudos brasileiros**. 2023. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Educação Física) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Vitória de Santo Antão-PE, 2023.

STRUZIK, A.; PIETRASZEWSKI, B.; ZAWADZKI, J. Biomechanical analysis of the jump shot in basketball. **Journal of Human Kinetics**, v. 42, p. 73-79, 2014. DOI: 10.2478/hukin-2014-0062.

TEFERI, Getu; ENDALEW, Dessalew. Methods of Biomechanical Performance Analyses in Sport: Systematic Review. **American Journal of Sports Science and Medicine**, v. 8, n. 2, p. 47-52, 2020. DOI: 10.12691/ajssm-8-2-2.

TEIXEIRA, Jayor. **Classificação de Golpes de Karatê utilizando Redes Neurais e Visão Computacional**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/262114>. Acesso em: 16 abril 2025.

ULTRALYTICS. **A aplicação da visão computacional no esporte**. 2024. Disponível em: <https://www.ultralytics.com/pt/blog/exploring-the-applications-of-computer-vision-in-sports>. Acesso em: 19 maio 2025.

ULTRALYTICS. Models. In: ULTRALYTICS. **Ultralytics YOLOv8 Documentation**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://docs.ultralytics.com/pt/models/>. Acesso em: 12 jun. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Métodos de Medição: Cinemetria**. Santa Maria: UFSM, 2019. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/644/2019/07/metodos\\_de\\_medicao\\_cinemetria.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/644/2019/07/metodos_de_medicao_cinemetria.pdf). Acesso em: 12 abr. 2025.

YASEEN, Muhammad. **What is YOLOv8: An In-Depth Exploration of the Internal Features of the Next-Generation Object Detector**. arXiv preprint arXiv:2408.15857, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2408.15857>. Acesso em: 14 abr. 2025.