



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA  
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA - BICT  
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO - EECp  
ARQUITETURA DE COMPUTADORES

Ana Patrícia Garros Viegas – 2022003512  
Andre Vitor Abre Moreira – 2021053190  
João Felipe Pereira Campos – 2019012091  
João José Penha Sousa – 2022020925  
Wesley dos Santos Gatinho – 2020051056

**Relatório de Pesquisa - Arquitetura de Sistemas de Captura e Processamento de  
Imagens em Dispositivos Digitais**

São Luís  
2025

Ana Patrícia Garros Viegas – 2022003512

Andre Vitor Abre Moreira – 2021053190

João Felipe Pereira Campos – 2019012091

João José Penha Sousa – 2022020925

Wesley dos Santos Gatinho – 2020051056

## **Relatório de Pesquisa - Arquitetura de Sistemas de Captura e Processamento de Imagens em Dispositivos Digitais**

Este relatório de pesquisa é apresentado como requisito parcial para a obtenção da terceira nota da disciplina de Arquitetura de Computadores - Engenharia da Computação - UFMA. Ministrada pelo Prof. Dr. Luiz Henrique Neves Rodrigues.

São Luís

2025

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA E DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Revisão da Literatura . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Definição do Escopo do Projeto . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE SENSORES E PIPELINE DE IMAGEM . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Sensores CMOS e Conversores A/D . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Pipeline de Processamento de Imagem . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>PESQUISA POR TECNOLOGIAS DE PONTA . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Tecnologias e Abordagens Relevantes dos Artigos Encontrados</b>	<b>9</b>
<b>4.2</b>	<b>Síntese das Possibilidades de Implementação e Tecnologias de Ponta . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>CRONOGRAMA E ATIVIDADES REALIZADAS . . . . .</b>	<b>14</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>16</b>

# 1 Introdução

A fotografia digital, presente em uma vasta gama de dispositivos, de smartphones a sistemas de segurança, transcendeu sua função original de mera captura óptica para se tornar um complexo sistema embarcado. Este projeto de Arquitetura de Computadores propõe investigar os elementos fundamentais que compõem esses sistemas digitais de captura e processamento de imagens. O foco está na compreensão da conversão analógico-digital, no pipeline de processamento e nas unidades computacionais especializadas que são integradas aos dispositivos modernos. A relevância deste estudo reside em conectar a teoria da arquitetura de computadores à prática de soluções cotidianas, contribuindo para uma formação crítica e técnica na área.

## 2 Revisão da Literatura e Definição do Escopo do Projeto

O ponto de partida para este projeto foi uma revisão bibliográfica aprofundada para estabelecer uma base sólida de conhecimento e delimitar o escopo das investigações.

### 2.1 Revisão da Literatura

A revisão inicial abrangeu os seguintes tópicos e conceitos:

- **Processamento Digital de Imagens (PDI):** A área de PDI, crucial para diversas aplicações na indústria, comércio e saúde, envolve aprimoramento de informações visuais e análise automática por computador. As etapas fundamentais do PDI incluem aquisição, pré-processamento, segmentação, descrição, reconhecimento e interpretação (SILVA, 2014, p. 18).
  - **Pré-processamento:** Essencial para remover ruídos e preparar a imagem para etapas posteriores. Inclui (SILVA, 2014, p. 20):
    - \* **Representação em escala de cinza:** Reduz o custo computacional, convertendo imagens RGB para tons de cinza (8 bits por pixel, 256 intensidades possíveis) (SILVA, 2014, p. 20).
    - \* **Limiarização (Binarização):** Separa regiões de interesse com base na cor, convertendo pixels em preto ou branco conforme um limiar (SILVA, 2014, p. 21).
    - \* **Operadores morfológicos (Dilatação e Erosão):** Utilizados para extrair informações geométricas e topológicas da imagem, como realce, filtragem, segmentação e detecção de bordas. A dilatação preenche furos e expande a imagem, enquanto a erosão remove pixels e diminui a imagem (SILVA, 2014, pp. 21–22).
  - **Segmentação de Imagens:** Processo de subdividir uma imagem em suas partes ou objetos constituintes. Pode ser baseada em (SILVA, 2014, p. 23):
    - \* **Descontinuidade:** Foca em mudanças abruptas de intensidade, como detecção de pontos isolados, linhas e bordas. Métodos como máscaras espaciais (filtragem espacial) são empregados para detecção de pontos, linhas e bordas (operadores de Sobel e Laplaciano) (SILVA, 2014, p. 23).

- \* **Similaridade:** Agrupa pixels em sub-regiões com propriedades semelhantes, como limiarização e crescimento de regiões (SILVA, 2014, p. 27).
- **Detecção e Rastreamento de Objetos:** Processos fundamentais em sistemas de visão computacional para localizar e reconhecer objetos em sequências de imagens (SILVA, 2014, p. 35).
  - **Técnicas de Detecção:** Baseadas na identificação de características peculiares dos objetos. Incluem (SILVA, 2014, p. 35):
    - \* **Redes Neurais Artificiais (RNA):** Capacitam a máquina a aprender e generalizar, classificando objetos com base em padrões (SILVA, 2014, p. 36).
    - \* **Métodos Exatos:** Utilizam características como comprimento, perímetro, raio, distância ao centro de massa, etc., para definir se um objeto pertence a uma classe, sendo eficazes em ambientes controlados (SILVA, 2014, p. 36).
  - **Técnicas de Rastreamento:** Determinam a posição de objetos ao longo do tempo em uma sequência de imagens (SILVA, 2014, p. 35).
    - \* **Filtro de Kalman:** Solução recursiva para filtragem linear de dados discretos, amplamente utilizada para rastrear objetos em movimento (SILVA, 2014, pp. 40–41).
    - \* **CONDENSATION (Conditional Density Propagation):** Filtro de partículas probabilístico usado para rastreamento visual em cenas ambíguas (SILVA, 2014, p. 41).
  - **Dispositivos Móveis:** A evolução do poder de processamento e a diversidade de sensores em smartphones e tablets os tornam plataformas poderosas para visão computacional, apesar das limitações de hardware e a necessidade de adaptação de algoritmos (SILVA, 2014, pp. 30–32).

## 2.2 Definição do Escopo do Projeto

O escopo do projeto, como definido no **Termo de Abertura do Projeto (TAP)**<sup>1</sup> e no **Planejamento**<sup>2</sup>, contempla as seguintes atividades e objetivos:

- **Levantamento bibliográfico aprofundado** sobre os princípios da captura e digitalização de imagens, com foco em sensores CMOS e conversores A/D.

<sup>1</sup> Disponível em <https://github.com/wesleygatinho/Projeto-Arquitetura-Cameras.git>

<sup>2</sup> Disponível em <https://github.com/wesleygatinho/Projeto-Arquitetura-Cameras.git>

- **Análise do pipeline de processamento de imagem**, incluindo as etapas de demosaicing, correção de cor, redução de ruído, compressão e renderização, sob o ponto de vista da arquitetura computacional.
- **Estudo detalhado da arquitetura de ISPs (Image Signal Processors)**, com identificação dos blocos funcionais internos e dos recursos arquiteturais responsáveis pelo processamento paralelo e em tempo real.
- **Investigação de sistemas embarcados modernos utilizados em smartphones**, com ênfase nos SoCs (System on Chip) que integram CPU, GPU, ISP e NPU, analisando a eficiência energética e o desempenho computacional dessas plataformas.
- **Comparação entre arquiteturas de câmeras profissionais e dispositivos móveis**, destacando critérios como throughput, latência, organização dos dados, largura de banda e consumo de energia.
- **Elaboração de relatório técnico** com análise crítica dos dados obtidos e apresentação oral do conteúdo desenvolvido.

O projeto não contempla desenvolvimento de hardware físico, prototipagem eletrônica, implementação prática de circuitos, execução de algoritmos de visão computacional ou inteligência artificial em nível de código (apenas análise conceitual), ou simulação detalhada em nível de transistor ou microarquitetura (foco em arquitetura de alto nível e blocos funcionais).

## 3 Estudo de Sensores e Pipeline de Imagem

Nesta seção, aprofundamos o estudo sobre como a luz é convertida em dados digitais e as primeiras etapas do processamento de imagem.

### 3.1 Sensores CMOS e Conversores A/D

A captura de imagens digitais inicia-se com o sensor de imagem, sendo os sensores CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) a tecnologia dominante atualmente. Diferentemente dos antigos CCDs (Charge-Coupled Devices), os CMOS integram fotossensores e circuitos de leitura e conversão analógico-digital (A/D) em cada pixel ou em colunas de pixels, o que permite uma leitura mais rápida e menor consumo de energia.

- **Arquitetura do Sensor CMOS:** Cada pixel em um sensor CMOS possui um fotodiodo que converte luz em carga elétrica. A leitura dessa carga é feita por um amplificador e um conversor A/D adjacente, ou um conversor por coluna. Essa arquitetura paralela é crucial para a alta velocidade de captura e a redução do "rolling shutter"(distorção em imagens de objetos em movimento rápido). A qualidade da imagem é impactada diretamente pelo tamanho do pixel, pela eficiência quântica (capacidade de converter fótons em elétrons) e pela capacidade de poço de cada fotodiodo (quantos elétrons ele pode armazenar antes de saturar).
- **Conversores Analógico-Digitais (A/D):** Os conversores A/D transformam o sinal analógico (tensão elétrica proporcional à intensidade da luz) gerado pelo fotodiodo em um valor digital. A resolução do conversor (e.g., 10-bit, 12-bit, 14-bit) determina a quantidade de tons que podem ser representados por pixel, influenciando diretamente a faixa dinâmica da imagem e a riqueza de detalhes em áreas de sombra e luz. Uma maior profundidade de bits (mais bits por pixel) permite uma transição mais suave entre os tons e menor perda de informação.

A qualidade e velocidade da captura de imagem são diretamente impactadas pela arquitetura desses componentes. Sensores com conversores A/D de alta velocidade e alta resolução, combinados com fotodiodos eficientes, resultam em imagens de maior qualidade, mesmo em condições de pouca luz, e permitem capturas mais rápidas.



## 3.2 Pipeline de Processamento de Imagem

Após a conversão A/D, os dados brutos da imagem passam por um pipeline de processamento que os transforma em uma imagem final pronta para visualização ou armazenamento. Este pipeline é uma sequência de etapas arquiteturais que executam operações computacionais intensivas.

- **Dados Brutos (RAW):** Os dados que saem do sensor CMOS são geralmente no formato RAW (Bayer pattern), onde cada pixel captura apenas uma cor (vermelho, verde ou azul) devido ao filtro de cores Bayer.
- **Demosaicing:** Esta é a primeira etapa crítica do pipeline. O demosaicing (ou interpolação de cores) é um algoritmo que reconstrói a informação de cor completa para cada pixel, interpolando os valores ausentes com base nos pixels vizinhos. A qualidade do algoritmo de demosaicing impacta diretamente a nitidez e a precisão das cores da imagem.
- **Correção de Cor:** Ajusta a fidelidade das cores em relação à cena real, compensando as características do sensor e as condições de iluminação (balanço de branco).
- **Redução de Ruído:** Algoritmos de redução de ruído atuam para minimizar artefatos indesejados (ruído) introduzidos pelo sensor, por condições de pouca luz ou pelo calor. Existem diferentes tipos de ruído (e.g., ruído de luminância, ruído de croma), e técnicas variadas são aplicadas para cada um, visando preservar os detalhes da imagem.
- **Compressão:** Após o processamento, a imagem é comprimida para reduzir o tamanho do arquivo (e.g., JPEG, HEIF). Essa etapa envolve algoritmos que eliminam informações redundantes ou menos perceptíveis, equilibrando a qualidade da imagem com o tamanho do arquivo.
- **Renderização:** A etapa final envolve a aplicação de ajustes finos, como nitidez, contraste e saturação, para otimizar a imagem para visualização.

A execução dessas etapas em tempo real, especialmente em dispositivos móveis, exige uma arquitetura computacional eficiente, com blocos especializados e paralelismo.

## 4 Pesquisa por Tecnologias de Ponta

### 4.1 Tecnologias e Abordagens Relevantes dos Artigos Encontrados

- **"UMA ARQUITETURA PARA O DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES DE VISÃO COMPUTACIONAL E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS EM SISTEMAS EMBUTIDOS"** (JÚNIOR, 2009)

- **Relevância:** Este trabalho é extremamente pertinente. Ele descreve uma arquitetura de hardware e software para auxiliar no desenvolvimento de aplicações de Visão Computacional e Processamento Digital de Imagens em Sistemas Embutidos, especificamente Smart Cameras (JÚNIOR, 2009, pp. 8–9).

- **Tecnologias/Abordagens:**

- \* **Smart Cameras:** Câmeras que não apenas capturam imagens, mas também extraem informações específicas para a aplicação e tomam decisões. Isso se alinha com a ideia de sistemas integrados de captura e processamento (JÚNIOR, 2009, pp. 8, 9 e 15).
- \* **Arquitetura de Middleware:** A solução proposta é construir uma arquitetura que abstrai detalhes do Sistema Embutido e dos algoritmos de Visão Computacional para o desenvolvedor. Isso é um exemplo direto de como as camadas de software (middleware) interagem com o hardware em sistemas embarcados para simplificar o desenvolvimento (JÚNIOR, 2009, pp. 8–9).
- \* **Independência de Plataforma:** O middleware visa mascarar a heterogeneidade de arquiteturas de computadores, sistemas operacionais e linguagens de programação, facilitando o desenvolvimento de aplicações (JÚNIOR, 2009, p. 26).
- \* **Uso de Blackfin e CLinux:** A escolha do processador Blackfin (otimizado para processamento digital de imagem e vídeo) e do sistema operacional  $\mu$ CLinux (código aberto, flexível) demonstra a preocupação com a otimização de hardware e software para PDI em sistemas embarcados (JÚNIOR, 2009, pp. 16, 20, 30).
- \* **XML para Geração de Código:** A ferramenta gera código XML independente de linguagem e plataforma, que é interpretado pelo

middleware. Este é um exemplo de como a arquitetura de software pode simplificar a programação para hardware específico (JÚNIOR, 2009, pp. 31, 34 e 36).

- \* **APIs de Processamento de Imagens:** A arquitetura provê APIs como Image Analysis da Analog Devices e um subconjunto do OpenCV. Isso mostra a modularidade e reuso de código em sistemas embarcados de PDI (JÚNIOR, 2009, pp. 30, 31 e 35).
  - \* **Protocolo de Comunicação (TCP/IP):** A interface entre a ferramenta e o middleware é via TCP/IP, permitindo programar e controlar o dispositivo remotamente (JÚNIOR, 2009, pp. 45–46).
- **"Classificação da direção do olhar para interatividade humana utilizando processamento de imagens digitais."** (PEIXOTO et al., 2008)
    - **Relevância:** Aborda o uso de PDI para detecção da direção do olhar em tempo real, uma aplicação prática da visão computacional.
    - **Tecnologias/Abordagens:**
      - \* **Processamento Digital de Imagens:** Utiliza técnicas como conversão para níveis de cinza, detecção de bordas e recorte da face. Essas operações são base para o pipeline de processamento de imagem que estamos estudando (PEIXOTO et al., 2008, p. 1).
      - \* **Redes Neurais Artificiais (MLP):** Emprega redes neurais para a classificação da direção do olhar. Isso demonstra o papel das unidades computacionais especializadas (como NPUs em SoCs modernos) para tarefas de IA em PDI (PEIXOTO et al., 2008, p. 2).
      - \* **Uso de MATLAB:** O software MATLAB foi utilizado para a realização dos testes e treinamento das redes neurais. Embora não seja um dispositivo embarcado, ilustra o processo de desenvolvimento e validação de algoritmos de PDI (PEIXOTO et al., 2008, p. 3).
      - \* **Dispositivos de Captura Simples:** A utilização de uma “simple webcam como dispositivo de captura” ressalta a capacidade de se construir sistemas de visão com hardware de baixo custo (PEIXOTO et al., 2008, p. 3).
  - **"SISTEMA DE CONTAGEM AUTOMÁTICA DE OBJETOS UTILIZANDO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS"** (SILVA, 2014)
    - **Relevância:** Este trabalho se concentra no PDI em dispositivos móveis para uma aplicação prática de contagem de objetos (telhas) (SILVA, 2014, p. 5).

– **Tecnologias/Abordagens:**

- \* **Processamento Digital de Imagens em Dispositivos Móveis:** O foco na plataforma Android e o uso da biblioteca OpenCV são diretamente relevantes para a "investigação de sistemas embarcados modernos utilizados em smartphones" no nosso escopo (SILVA, 2014, p. 57).
  - \* **Pipeline de Processamento:** Apresenta um fluxo de processos que inclui aquisição, pré-processamento, segmentação, reconhecimento, rastreamento e contagem. Isso reitera as etapas do pipeline que estamos analisando (SILVA, 2014, p. 45).
  - \* **Limiarização, Dilatação, Erosão:** Utiliza essas operações para o pré-processamento e segmentação, reforçando sua importância para a qualidade da imagem e separação de objetos (SILVA, 2014, pp. 47–48).
  - \* **Algoritmos de Rastreamento e Contagem:** Desenvolve algoritmos para correlacionar objetos entre frames e evitar contagens duplicadas. Isso demonstra como algoritmos de PDI interagem com o fluxo de dados no hardware (SILVA, 2014, pp. 51 e 53).
  - \* **Hardware de Smartphone:** Detalha as especificações do smartphone utilizado (Samsung Galaxy S III Duos), o que é valioso para a nossa análise de arquiteturas reais em dispositivos móveis (SILVA, 2014, p. 57).
- **"Arquitetura para extração de características invariantes em imagens binárias utilizando dispositivos de lógica programável de alta densidade"** (JORGE; RODA, 2014)
- **Relevância:** Embora o foco seja em lógica programável (FPGAs/CPLDs) e não diretamente em SoCs, este trabalho é crucial para entender como operações de PDI podem ser aceleradas em hardware dedicado.
- **Tecnologias/Abordagens:**
- \* **FPGAs e CPLDs:** Utilização de lógica programável como alternativa a microcontroladores para ganho de desempenho em funções específicas. Isso se relaciona com a ideia de unidades computacionais especializadas e a flexibilidade arquitetural (JORGE; RODA, 2014).
  - \* **Cálculo de Momentos Invariantes:** Foca na busca por arquiteturas que agilizem o cálculo de momentos da função de intensidade de pixels, que são atributos importantes para representação e reconhecimento de objetos. Isso exemplifica a aceleração de hardware para tarefas intensivas de PDI (JORGE; RODA, 2014, pp. 2 e 3).

- \* **Barramento PCI e Wishbone:** O uso do barramento PCI para alta taxa de transferência de dados e a compatibilidade com o padrão Wishbone são exemplos de como as interfaces de comunicação e padrões de interconexão são críticos no design de arquiteturas de PDI (JORGE; RODA, 2014, pp. 2 e 4).
- \* **Soft Core Architecture:** A proposta de uma arquitetura "soft core" totalmente compatível com o padrão Wishbone mostra como os componentes de hardware podem ser projetados de forma modular e reutilizável (JORGE; RODA, 2014, p. 2).

## 4.2 Síntese das Possibilidades de Implementação e Tecnologias de Ponta

Com base na literatura revisada, as possibilidades de implementação e as tecnologias de ponta em arquiteturas de sistemas de captura e processamento de imagens em dispositivos digitais incluem:

1. **Arquiteturas Heterogêneas e SoCs:** A integração de diversas unidades computacionais (CPU, GPU, ISP, NPU) em um único chip (SoC) é a espinha dorsal dos dispositivos modernos. A otimização da comunicação entre esses blocos, a alocação de tarefas e o gerenciamento de energia são áreas-chave. Os ISPs são um exemplo primordial de processadores especializados para o pipeline de imagem.
2. **Aceleração de Hardware para PDI:** A computação de tarefas intensivas de PDI, como cálculo de momentos, filtragem e detecção de bordas, pode ser drasticamente acelerada com o uso de hardware dedicado (ASICs) ou reconfigurável (FPGAs). Isso alivia a carga da CPU principal e permite processamento em tempo real.
3. **Processamento Paralelo:** A natureza inerentemente paralela das operações de imagem (aplicar um filtro a milhões de pixels simultaneamente) exige arquiteturas que suportem paralelismo maciço. GPUs e ISPs com múltiplas unidades de processamento são exemplos disso.
4. **Middleware e Abstração de Hardware:** Para facilitar o desenvolvimento de aplicações complexas, o uso de middleware que abstrai os detalhes de hardware e fornece APIs de alto nível é fundamental. Isso permite que desenvolvedores se concentrem na lógica da aplicação em vez de otimizações de baixo nível para hardware específico.

5. **Memória Hierárquica e Largura de Banda:** O pipeline de imagem envolve grandes volumes de dados. A eficiência do sistema depende de uma hierarquia de memória bem projetada, com caches rápidos e largura de banda suficiente para transferir dados entre o sensor, o ISP, a memória principal e outros processadores.
6. **Algoritmos de IA e Visão Computacional Embarcada:** A crescente integração de unidades neurais (NPUs) em SoCs demonstra a tendência de incorporar capacidades de inteligência artificial (reconhecimento de objetos, análise de cena, etc.) diretamente no hardware, permitindo aplicações mais inteligentes e eficientes em termos de energia.
7. **Sistemas Operacionais Otimizados para Embarcados:** Sistemas operacionais leves e otimizados, como o  $\mu$ CLinux (ou kernels customizados de Android), são essenciais para gerenciar os recursos limitados dos dispositivos embarcados e fornecer uma base estável para as aplicações de PDI.
8. **Conectividade e Protocolos de Comunicação:** Protocolos de rede eficientes (como TCP/IP) e interfaces de barramento de alta velocidade (como PCI ou equivalentes internos de SoC) são cruciais para a comunicação entre os componentes e para o controle remoto ou transmissão de dados para outros sistemas.

## 5 Cronograma e Atividades Realizadas

Conforme o gráfico de Gantt presente no planejamento do projeto, as atividades realizadas até o momento englobam:<sup>1</sup>

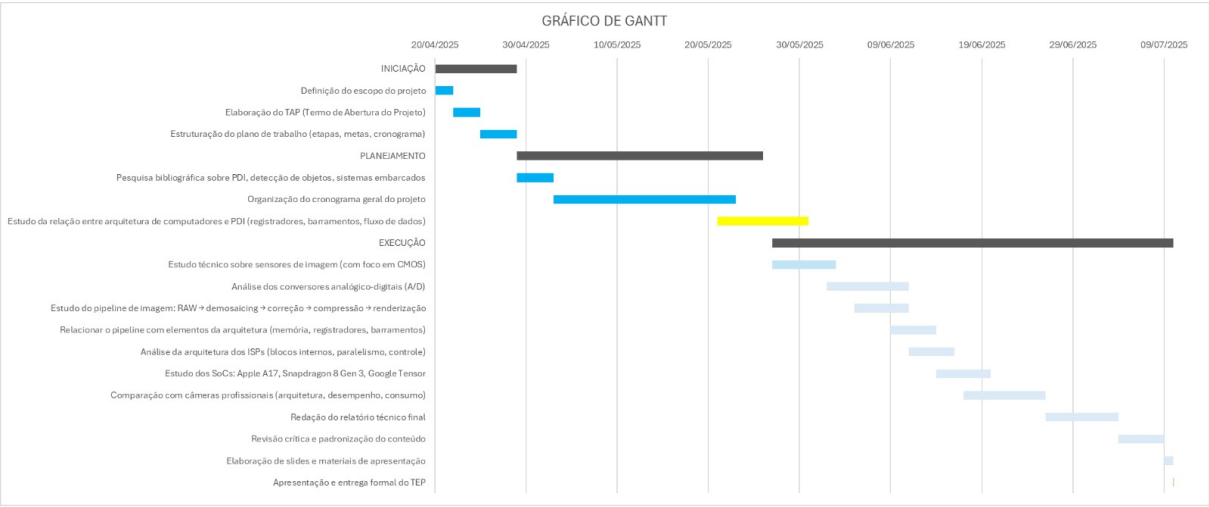
- **Abril/2025: Revisão de literatura e definição do escopo do projeto.**
  - Realizada a pesquisa bibliográfica inicial e aprofundada, com foco nos temas de PDI, detecção/rastreamento de objetos, dispositivos móveis e, mais especificamente, arquiteturas para PDI em sistemas embarcados.
  - O escopo do projeto foi claramente definido e documentado no TAP, estabelecendo os limites e objetivos da investigação.
- **Maiio/2025: Estudo de sensores e pipeline de imagem.**
  - Conduzido o estudo aprofundado sobre sensores CMOS, compreendendo seu funcionamento, arquitetura de pixels e a importância dos conversores A/D na qualidade da imagem.
  - Analisado o pipeline fundamental de processamento de imagem, identificando as etapas de dados brutos (RAW), mosaicing, correção de cor, redução de ruído, compressão e renderização. A relação dessas etapas com os conceitos de arquitetura de computadores (barramentos, registradores, fluxo de dados) foi estabelecida.

As atividades realizadas estão em conformidade com o cronograma planejado, fornecendo uma base sólida para as próximas fases do projeto.

---

<sup>1</sup> Disponível em <https://github.com/wesleygatinho/Projeto-Arquitetura-Cameras.git>

Figura 1 – Cronograma - Diagrama de Gantt



Fonte: Autores.



## Referências

JORGE, G. H. R.; RODA, V. O. Arquitetura para extração de características invariantes em imagens binárias utilizando dispositivos de lógica programável de alta densidade. *ResearchGate*, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/268002560\\_Arquitetura\\_para\\_extracao\\_de\\_caracteristicas\\_invariantes\\_em\\_imagens\\_binarias\\_utilizando\\_dispositivos\\_de\\_logica\\_programavel\\_de\\_alta\\_densidade](https://www.researchgate.net/publication/268002560_Arquitetura_para_extracao_de_caracteristicas_invariantes_em_imagens_binarias_utilizando_dispositivos_de_logica_programavel_de_alta_densidade)>. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 12.

JÚNIOR, A. C. C. *UMA ARQUITETURA PARA O DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES DE VISÃO COMPUTACIONAL E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS EM SISTEMAS EMBUTIDOS*. Dissertação (Mestre em Ciência da Computação) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Orientador: Prof. Antônio Otávio Fernandes. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/SLSS-7WJMWQ>>. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 10.

PEIXOTO, H. M.; GOMES, S. de F.; MARTINS, A. de M.; COSTA, J. A. F. Classificação da direção do olhar para interatividade humana utilizando processamento de imagens digitais. In: *Anais do VIII Simpósio Sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2008)*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2008. p. 318–319. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/220737356\\_Classificacao\\_da\\_direcao\\_do\\_olhar\\_para\\_interatividade\\_humana\\_utilizando\\_processamento\\_de\\_imagens\\_digitais](https://www.researchgate.net/publication/220737356_Classificacao_da_direcao_do_olhar_para_interatividade_humana_utilizando_processamento_de_imagens_digitais)>. Citado na página 10.

SILVA, B. R. de Almeida e. *Sistema de contagem automática de objetos utilizando processamento digital de imagens em dispositivos móveis*. Dissertação (Mestre em Ciência da Computação) — Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014. Orientador: Prof. Dr. Dannel Cavalcante Lopes. Disponível em: <<https://ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/42/2014/09/bruno-ramon-de-almeida-silva.pdf>>. Citado 4 vezes nas páginas 4, 5, 10 e 11.