

Xº CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA

Plano de Trabalho

“Sistema de Monitoramento de Pontos Cegos de Veículos Automotivos” – Apelido The Beholder

Plano de Trabalho Xº CONVENIO

Projeto: The Beholder

Cliente: ENVISION

Proponente: CETELI/CETELI/UFAM

07 de Abril de 2025

Índice

1. 3

2. 5

3. 6

3.1 6

3.2 7

4. 7

5. 10

6. 13

7. 15

8. 17

9. 17

10. 18

11. 19

12. 19

13. 21

14. 21

14.1 21

14.2 Erro! Indicador não definido.

14.1 23

14.2 23

15. 23

16. 26

16.1 30

16.2 32

16.3 33

16.4 34

16.5 35

17. 42

17.1 Erro! Indicador não definido.

17.2 Erro! Indicador não definido.

17.3 42

18. 46



1. Introdução

O desenvolvimento de sistemas automotivos voltados à prevenção de acidentes em baixas velocidades tem ganhado destaque no cenário global (YANG et al., 2022; AHANGARNEJAD; RADMEHR; AHMADIAN, 2021; VIGNESH et al., 2023), especialmente devido ao elevado número de incidentes envolvendo pedestres, ciclistas e outros usuários vulneráveis (MESIMÄKI; LUOMA, 2021; KLANJČIĆ et al., 2022; PARVEZ; MORIDPOUR, 2024). Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que aproximadamente 1,35 milhão de pessoas morrem anualmente em acidentes de trânsito, sendo 49% dessas vítimas pedestres, ciclistas e motociclistas (MARTINS, 2023).

Veículos como caminhões, ônibus e até automóveis de passeio possuem áreas de pontos cegos que podem resultar em colisões graves, ressaltando a necessidade de soluções tecnológicas que ampliem a visibilidade e o tempo de reação dos motoristas (NEUMANN, 2024; KÖNIG et al., 2024; BARAT; DAS, 2024). A adoção de câmeras e algoritmos de inteligência artificial surge como uma alternativa promissora, oferecendo sistemas mais acessíveis, adaptáveis a diferentes cenários e capazes de identificar múltiplos elementos, como veículos, pedestres, ciclistas e até animais, aumentando a segurança e reduzindo os custos de implementação em comparação aos sensores convencionais (BÚSSOLA, 2023; BARAKOTI, 2023; FU et al., 2021; BALAMMAGARY, 2024).

Entretanto, essa abordagem enfrenta desafios técnicos e científicos significativos, como lidar com condições variadas de luminosidade e clima (FU et al., 2021; ELASSY et al., 2024; KOTSERUBA; TSOTSOS, 2022), tratar situações de oclusão de objetos, garantir desempenho em tempo real em hardware embarcado e atender a normativas internacionais, como as UN ECE R151 (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2019, p. 5) e UN ECE R159 (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2021, p. 8). Apesar de relevantes, essas normas não cobrem todas as possibilidades de objetos e cenários que podem ocorrer em situações reais: por exemplo, a UN ECE R151 (*Blind Spot Information Systems – BSIS*) concentra-se na detecção de ciclistas na zona de ponto cego lateral, mas não se estende a outros usuários vulneráveis fora dessa área ou a condições de iluminação adversas; já a UN ECE R159 (*Moving Off Information Systems*) visa especificamente a detecção de pedestres e ciclistas à frente do veículo em baixas velocidades, não prevendo cenários com oclusões severas, fluxos cruzados complexos ou mesmo a presença de animais. Essa limitação evidencia lacunas que exigem avanços em algoritmos de Machine Learning para tratar eventos e riscos não previstos pelos padrões atuais, especialmente em contextos urbanos atípicos, com clima extremo, baixa visibilidade e variadas configurações de usuários vulneráveis. Na literatura de visão computacional, destacam-se métodos baseados em redes neurais convolucionais para detecção de objetos e em filtros de rastreamento, como o Filtro de Kalman, frequentemente auxiliados por transformações de visão panorâmica e outras técnicas de pré-processamento, visando aumentar a precisão e reduzir o esforço computacional (GHAHREMANNEZHAD; SHI; LIU, 2022).

Essas abordagens inspiram o projeto proposto, que prevê a fusão de dados de múltiplas câmeras e a adoção de modelos avançados de IA para detecção e rastreamento de usuários vulneráveis, incluindo a análise de silhuetas parciais em situações de oclusão e o uso de técnicas de compressão e quantização das redes neurais para viabilizar o funcionamento adequado em sistemas automotivos. Adicionalmente, busca-se estender as capacidades desses modelos para identificar e rastrear elementos ainda não contemplados pelas normas vigentes, como configurações inusitadas de objetos ou cenários que apresentem risco emergente, indo além do escopo tradicional de detecção. Espera-se, como resultado, uma redução efetiva de acidentes, com maior rapidez na identificação de riscos e a geração de alertas sonoros, visuais e, possivelmente, táteis.

Além de cumprir os requisitos das normas internacionais em termos de áreas de cobertura e tempos de reação, a proposta visa facilitar a integração com sistemas existentes, como o e-mirror legado, e demonstrar escalabilidade para novos recursos, como a inclusão de sensores adicionais quando necessário. Nesse contexto, a participação da Universidade Federal do Amazonas (CETELI/UFAM) assegura o embasamento científico para a concepção e validação dos módulos de IA e rastreamento, especialmente por meio do desenvolvimento de algoritmos de Machine Learning capazes de lidar com tais lacunas em padrões e ampliar a detecção de elementos e condições de risco, contribuindo para o avanço do estado da arte em visão computacional. Para a TPV/Envision, este trabalho representa uma oportunidade de consolidar sua posição no mercado de sistemas automotivos de segurança, agregando inovação tecnológica, conformidade normativa, segurança automotiva com nível ASIL B (ISO 26262) e a expertise de uma equipe multidisciplinar, culminando em um produto mais competitivo e benéfico não apenas para a indústria, mas também para a sociedade em geral.

2. Motivação e Justificativa

A segurança no trânsito é um desafio global que exige soluções inovadoras para reduzir o número de acidentes envolvendo pedestres, ciclistas e motoristas. Estatísticas da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que cerca de 1,35 milhão de pessoas morrem anualmente em acidentes de trânsito, sendo que quase metade dessas vítimas pertence ao grupo de usuários vulneráveis, como pedestres e ciclistas (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2018). Nesse contexto, faz-se necessário não apenas reduzir o índice de acidentes, mas também desenvolver sistemas mais avançados e abrangentes, capazes de suprir lacunas não previstas pelas normativas atuais e lidar com cenários complexos, garantindo maior eficácia na prevenção de incidentes. Esse cenário tem impulsionado a adoção de tecnologias avançadas para monitoramento e assistência à condução, especialmente em baixas velocidades, onde a percepção do motorista é frequentemente limitada por pontos cegos e distrações (MARTINS, 2023).

A motivação central para o desenvolvimento deste projeto é a necessidade de um sistema eficaz de monitoramento de pontos cegos e alerta de usuários vulneráveis, que possa atuar de forma proativa na prevenção de acidentes. Veículos como caminhões, ônibus e automóveis de passeio apresentam áreas críticas de baixa visibilidade, que frequentemente resultam em colisões graves. Apesar da existência de sensores convencionais, como radares e ultrassônicos, esses dispositivos apresentam limitações em precisão e custo, o que restringe sua adoção em larga escala (NEUMANN, 2024; KÖNIG et al., 2024; BARAT; DAS, 2024). Como alternativa, o uso de câmeras associadas a algoritmos de inteligência artificial (IA) tem se mostrado uma abordagem promissora, permitindo não apenas a detecção, mas também o rastreamento de usuários vulneráveis e a geração de alertas eficientes ao motorista (BÚSSOLA, 2023; BARAKOTI, 2023; FU et al., 2021).

O projeto busca superar desafios técnicos e científicos enfrentados por abordagens tradicionais. Entre os principais desafios estão a variação das condições de luminosidade e clima, oclusão parcial de objetos e a necessidade de processamento em tempo real em hardware embarcado (FU et al., 2021; ELASSY et al., 2024; KOTSERUBA; TSOTSOS, 2022). Adicionalmente, embora as UN ECE R151 e R159 estabeleçam requisitos mínimos para sistemas avançados de monitoramento de pontos cegos e assistência ao motorista, elas não abrangem totalmente situações mais complexas, como a presença de animais, usuários vulneráveis fora do campo de detecção especificado e cenários urbanos atípicos. Essa lacuna impulsiona a adoção de algoritmos de IA ainda mais robustos para identificar e rastrear diversos elementos de risco, indo além do que as normas atualmente preveem. Além disso, o sistema desenvolvido será compatível com normativas internacionais, como as UN ECE R151 e R159, que regulamentam a

implementação de sistemas avançados de monitoramento de pontos cegos e assistência ao motorista em baixas velocidades (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, 2019, 2021). Adicionalmente, o projeto incorpora requisitos específicos da segurança automotiva, visando a conformidade com o nível ASIL B da norma ISO 26262.

A justificativa para este projeto está na relevância social e tecnológica da solução proposta. Do ponto de vista social, a redução de acidentes de trânsito melhora a qualidade de vida da população e reduz custos com tratamentos médicos, reabilitação e perdas econômicas associadas a fatalidades e lesões permanentes. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de um sistema mais abrangente e avançado em IA tem potencial de aprimorar a detecção e o rastreamento de pessoas/condutores vulneráveis em cenários não contemplados pelas regulamentações vigentes, aumentando o patamar de segurança e confiabilidade da indústria automotiva. Do ponto de vista tecnológico, o uso de inteligência artificial embarcada para análise de vídeo em tempo real representa um avanço significativo na indústria automotiva, alinhando-se às tendências de mobilidade segura e autônoma.

Este projeto será desenvolvido em parceria com a Universidade Federal do Amazonas (CETELI/UFAM), a Fundação Desembargador Paulo Feitosa (FPF Tech) e a TPV/Envision. Cada instituição desempenha um papel importante na concepção e implementação do sistema proposto. O CETELI/UFAM atuará na criação e adaptação de modelos de redes neurais, focando na solução dos desafios encontrados nas fases iniciais do projeto, principalmente no treinamento e validação de modelos para rastreamento e estimativa de profundidade. A FPF Tech, por sua vez, será responsável pela estruturação do sistema de IA participando da criação dos diversos módulos e garantindo a integração entre eles. Além disso, terá equipes dedicadas à fusão de dados, rastreamento de objetos e harmonização entre modelos de redes neurais e técnicas tradicionais, garantindo estabilidade e confiabilidade ao sistema. Já a TPV atuará em todas as frentes mencionadas, assegurando que o sistema embarcado atenda aos requisitos estabelecidos, com foco em regras de negócio, processamento geral de sinais e testes de conformidade e funcionais.

Contudo, é importante destacar que o presente plano de trabalho se refere exclusivamente às atividades desempenhadas pelo CETELI/UFAM, com ênfase no desenvolvimento e aprimoramento de modelos de inteligência artificial para rastreamento de usuários vulneráveis e estimativa de profundidade. Dessa forma, O CETELI/UFAM contribuirá diretamente para a evolução das tecnologias automotivas, garantindo que os modelos desenvolvidos sejam eficientes, adaptáveis e compatíveis com o sistema final, promovendo inovação científica e tecnológica tanto no contexto nacional quanto internacional.

3. Objetivos do Projeto

3.1 *Objetivo geral*

- Desenvolver e aprimorar modelos de inteligência artificial para rastreamento de usuários vulneráveis e estimativa de profundidade, tomando as normas UN ECE R151 e R159 como referência inicial e, sobretudo, superando as lacunas não contempladas por esses padrões em cenários complexos (incluindo condições de oclusão parcial ou total), garantindo a adaptação dos modelos para funcionamento embarcado no sistema de monitoramento de pontos cegos e assistência ao motorista, em conformidade com o nível de segurança automotiva ASIL B da ISO 26262.

3.2 *Objetivos específicos*

- Identificar e abordar lacunas nas normas UN ECE R151 e R159, ampliando a capacidade dos modelos de IA para detectar e rastrear situações de risco não previstas pelas regulamentações vigentes.
- Desenvolver modelos neurais para rastreamento e estimação de profundidade, utilizando técnicas de aprendizado de máquina para detectar e acompanhar usuários vulneráveis mesmo em cenários com oclusões parciais.
- Ajustar os modelos de IA para funcionamento em hardware embarcado, garantindo eficiência computacional e compatibilidade com os módulos do sistema.
- Validar experimentalmente os modelos iniciais desenvolvidos, comparando métricas de precisão e desempenho (ex. tempo de processamento).
- Aprimorar os modelos de rastreamento e tratamento de oclusões, garantindo acompanhamento contínuo de usuários vulneráveis em diferentes condições ambientais.
- Otimizar o tempo de processamento das redes neurais, reduzindo a latência dos modelos e garantindo operação em tempo real.
- Adaptar os modelos de IA conforme os resultados dos testes de usabilidade, refinando o desempenho para melhorar a resposta do sistema em cenários reais.
- Gerar documentação técnica dos modelos desenvolvidos, garantindo a replicabilidade e integração com os módulos implementados pela equipe do projeto e evidenciando os aprimoramentos realizados em função das lacunas identificadas nas normativas, bem como a conformidade com as normas automotivas aplicáveis.

4. Metodologia

A metodologia para as atividades realizadas pelo CETELI/UFAM neste projeto visa garantir o desenvolvimento e a validação de modelos avançados de inteligência artificial para detecção, rastreamento e estimação de profundidade, atendendo aos requisitos de conformidade com as normas UN ECE R151 e R159 e com a norma de segurança automotiva ISO 26262 (ASIL B). Os procedimentos descritos contemplam desde a etapa inicial de planejamento, passando pela coleta e preparação de dados, até os experimentos de validação e ajustes finais, assegurando que os modelos desenvolvidos sejam adequados ao contexto automotivo. A seguir, descrevem-se as etapas principais que compõem a metodologia de trabalho do CETELI/UFAM.

1. Planejamento e definição de requisitos

- Especificação dos objetivos e critérios de desempenho:** Inicialmente, a equipe do CETELI/UFAM, em conjunto com os parceiros (FPF Tech e TPV/Envision), alinhará os objetivos técnicos e funcionais para os modelos de detecção, rastreamento e estimação de profundidade. Esses objetivos incluirão métricas de desempenho (ex.: acurácia na identificação de usuários vulneráveis, latência máxima de processamento, robustez a variações de luminosidade) e requisitos de conformidade (ex.: distâncias mínimas para alertas de colisão de acordo com UN ECE R151, R159 e ISO 26262);
- Seleção de plataformas de hardware alvo:** Com base nas definições fornecidas pelo cliente, serão analisadas as plataformas computacionais adequadas para a execução embarcada dos modelos (por exemplo, NXP i.MX 8M Plus ou Sunplus SHE6702). A

seleção considerará aspectos como memória disponível, capacidade de processamento em IA (aceleração de tensores, GPU ou DSP dedicados) e requisitos de temperatura e resistência ambiental (ex.: -40°C a +85°C fora de operação elétrica), em conformidade com as normas automotivas.

2. Coleta e preparação de dados

- a. **Bases de dados públicas e customizadas:** Para viabilizar o treinamento inicial dos modelos, serão utilizados conjuntos de dados conhecidos na literatura de visão computacional, tais como KITTI, COCO e PASCAL VOC. Paralelamente, o CETELI/UFAM conduzirá a criação de uma base de dados customizada, coletada com as mesmas câmeras destinadas ao sistema final (por exemplo, sensores automotivos como o Sony ISX016, capazes de 720p/1080p a 30/60 QPS). Essa coleta abrangerá cenários reais com pedestres, ciclistas, animais e estruturas públicas, reproduzindo o ambiente automotivo de interesse (pontos cegos traseiro, lateral e dianteiro).
- b. **Rotulagem e organização dos dados:** Será estabelecido um protocolo de rotulagem para identificar classes de interesse (ex.: pedestres, ciclistas, animais) e possíveis fontes de risco (ex.: postes, barreiras físicas). Ferramentas específicas de rotulagem (LabelImg, CVAT etc.) serão utilizadas para anotar bounding boxes, máscaras ou pontos-chave, dependendo do tipo de modelo (detecção 2D, estimação de profundidade etc.). Após a rotulagem, os dados serão organizados em repositórios versionados, facilitando a rastreabilidade e a atualização contínua dos conjuntos de treino e teste.
- c. **Pré-Processamento e aumento de dados (data augmentation):** Para aumentar a robustez dos modelos em condições adversas (chuva, neblina, baixa luminosidade), serão aplicadas técnicas de aumento de dados, como transformações de brilho/contraste, rotações, corte e escalonamento. Também serão avaliadas reduções de resolução e compressão de imagens, conforme as necessidades de processamento embarcado.

3. Desenvolvimento e treinamento de modelos

- a. **Detecção de objetos e estimação de profundidade considerando cenários com oclusão:** O CETELI/UFAM investigará arquiteturas de redes neurais consolidadas para detecção (por exemplo, YOLOv5, Detectron2 ou arquiteturas baseadas em VGG, ResNet ou Sep-Res-SE) e para estimação de profundidade (por exemplo, MonoDepth2 ou DenseDepth). Serão priorizadas arquiteturas capazes de tratar com situações de oclusão parcial dos usuários vulneráveis, mantendo velocidade de inferência e acurácia, de modo a atender aos requisitos de tempo real no hardware embarcado.
- b. **Técnicas de rastreamento capazes de tratar oclusões e fusão de dados:** Modelos de rastreamento baseados em filtros tradicionais (ex.: Filtro de Kalman) e métodos de fusão de dados (associando múltiplas câmeras) serão utilizados para acompanhar objetos de interesse em diferentes ângulos e pontos cegos. O CETELI/UFAM, em conjunto com a FPF Tech, avaliará estratégias de unificação de detecções, incluindo abordagens específicas para lidar com oclusões parciais e manter o rastreamento contínuo dos usuários vulneráveis quando estes se movimentarem entre as câmeras.
- c. **Treinamento e validação iniciais:** Os modelos serão treinados em infraestrutura de alta performance (GPU) disponível nos laboratórios do CETELI/UFAM. Será estabelecido um protocolo de validação cruzada (*k-fold* ou *hold-out*) para mensurar o desempenho dos modelos em cenários variados, incluindo testes que simulam oclusões de diferentes graus,

permitindo comparações entre arquiteturas e hiperparâmetros diferentes. Métricas como precisão (precision), recall, mAP, além de erros médios de profundidade, serão utilizadas para avaliar o progresso.

4. Cenários Experimentais e testes em ambiente controlado

- a. **Laboratório com ambiente de visão computacional:** No ambiente de laboratório, o CETELI/UFAM criará cenários controlados de teste, simulando as principais condições encontradas em ruas e garagens. Usar-se-á iluminação variável, obstáculos (como cones) e objetos de diferentes tamanhos e formas para aferir o desempenho dos algoritmos de detecção e rastreamento, bem como a capacidade de estimação de profundidade.
- b. **Prototipagem inicial no hardware embarcado:** Com um protótipo básico já funcional em ambiente de desenvolvimento, parte dos modelos será portada para o hardware-alvo escolhido (ex.: TDA2SG), utilizando frameworks de inferência otimizada (TensorFlow Lite, ONNX Runtime, ou versões específicas do fabricante). Nessa etapa, serão medidos **tempos de processamento, uso de memória e temperaturas de operação**, alinhando-se ao estudo de viabilidade embarcada.

5. Otimização e compressão de redes neurais

- a. **Técnicas de poda e quantização:** Com base nos resultados iniciais, a equipe do CETELI/UFAM investigará técnicas de **poda de filtros** (network pruning) e **quantização** (8 bits, por exemplo), visando reduzir o tamanho do modelo e o consumo computacional, sem perdas significativas de desempenho. Além disso, espera-se que a análise de diferentes níveis de quantização possa gerar novas abordagens de compactação e otimização, ampliando o escopo das técnicas tradicionais de compressão de redes neurais. Essa etapa é fundamental para garantir a execução em tempo real e dentro das restrições de memória nos **SoCs automotivos**.
- b. **Refinamento de modelos e fusão de algoritmos tradicionais:** Novos experimentos serão conduzidos para harmonizar modelos neuronais e métodos tradicionais de processamento (ex.: transformada de visão panorâmica, BEV – bird's eye view). O CETELI/UFAM irá iterar sobre os ajustes, em colaboração com a FPF Tech, para garantir que a fusão resultante seja robusta a variações ambientais (chuva, poeira, noite).

6. Validação Ampliada e Interfaceamento com Outros Módulo

- a. **Testes em conformidade com as normas UN ECE R151 e R159:** Para atender aos requisitos de certificação, O CETELI/UFAM realizará testes de distância mínima e configuração das áreas de alerta, verificando, por exemplo, se o sistema emite sinais de informação 15 m antes do ponto de colisão e respeita a separação lateral de 4,25 m. Também serão avaliadas as condições em que os sistemas MOIS (Monitoring and Obstacle Information System) e BSIS (Blind Spot Information System) devem permanecer ativos ou serem desativados. Adicionalmente, serão criados novos protocolos de teste inspirados nos normativos, porém voltados às inovações introduzidas no projeto, como detecção de animais, estruturas públicas e outros elementos não previstos originalmente pelas normas.
- b. **Integração com o sistema do projeto (Fase 1 e Fase 2):** Em alinhamento com a FPF Tech (responsável pela integração dos módulos) e a TPV (garantindo o embarque e conformidade), O CETELI/UFAM fornecerá as versões atualizadas dos modelos.

Enquanto a Fase 1 foca na aprovação regulatória e entrega de um produto-base, a Fase 2 incorpora funcionalidades avançadas (rastreamento mais sofisticado de UVs, detecção de animais, alertas otimizados etc.). O CETELI/UFAM terá papel ativo na calibragem desses modelos, conforme dados de campo e feedback de motoristas.

7. Iteração contínua e planos futuros

- a. **Avaliações contínuas e atualizações de modelos:** À medida que novos dados são coletados, especialmente em situações de uso real (diferentes cenários urbanos, regiões climáticas diversas), o CETELI/UFAM fará **retrainings** periódicos para aprimorar a acurácia e a robustez das redes. Também serão considerados algoritmos que detectem “novos elementos” ou “cenários de risco” ainda não contemplados no conjunto inicial de treinamento.
- b. **Possíveis extensões:** Caso haja viabilidade técnica e financeira, serão investigados/utilizados sensores adicionais (radares, ultrassons, infravermelho passivo) para melhorar a detecção e antecipar alertas. Sempre que compatível com o escopo, será avaliada a contribuição desses sensores à fusão de dados, mantendo foco na contenção de custos e no cumprimento dos prazos.

8. Documentação

- a. **Relatórios técnicos e artigos científicos:** Todos os métodos de desenvolvimento, resultados de testes e ajustes aplicados serão documentados em relatórios técnicos, abrangendo descrição de redes neurais, configurações de treinamento, métricas de desempenho e recomendações de uso. Além disso, a produção científica será incentivada pela elaboração de artigos e publicações em eventos internacionais de visão computacional e IA embarcada.

5. Problemas/Desafios Científicos, Tecnológicos e Humanos

No âmbito do desenvolvimento de algoritmos de inteligência artificial para monitoramento de pontos cegos e prevenção de acidentes, o CETELI/UFAM enfrenta desafios multidisciplinares que abrangem desde as exigências de pesquisas de ponta até aspectos de integração com equipes, hardware especializado e normas automotivas internacionais. Além disso, há a necessidade de suprir lacunas não cobertas pelas atuais normativas (UN ECE R151 e R159), de modo a lidar com cenários reais mais complexos, sem comprometer o tempo de reação necessário para evitar acidentes. A seguir, descrevem-se os principais problemas e desafios identificados:

1. Desafios Científicos

1.1 Garantia de desempenho em tempo real e reação em tempo adequado

- **Latência, acurácia e fatores humanos:** O equilíbrio entre precisão de detecção/rastreamento (ex.: mAP, recall) e tempo de resposta (ex.: ≤ 30 ms de inferência) exige estratégias de otimização (poda, quantização) para operar em plataformas embarcadas. Adicionalmente, é fundamental assegurar que, ao motorista, seja dado um intervalo hábil de resposta, considerando variáveis como

velocidade do veículo, percepção humana e distância de frenagem, de modo a efetivamente evitar acidentes.

- **Variação de condições ambientais:** As redes neurais devem manter desempenho estável sob mudanças de iluminação, clima (chuva/neblina) e cenários de forte contraste (entradas e saídas de túneis, por exemplo).
- **Tratamento de oclusões parciais:** Em situações de tráfego intenso e com objetos sobrepostos (ex.: postes, árvores e outros veículos), os modelos precisam identificar corretamente silhuetas incompletas para evitar falsos positivos ou negativos.

1.2. Ampliação dos cenários de risco além das normativas

- **Cobertura de casos não previstos pelas normas:** Embora as normas UN ECE R151 e R159 estabeleçam diretrizes para monitoramento de pontos cegos e assistência em baixas velocidades, persistem lacunas em relação a cenários reais mais complexos, tais como detecção de animais, usuários vulneráveis fora do campo de visão tradicional e variações extremas de luminosidade ou condições climáticas.
- **Uso de IA para lidar com monocularidade e visão limitada:** Garantir que os algoritmos mantenham boa estimativa de profundidade em cenários adversos (monoculares ou não) e forneçam informações confiáveis para alertar o motorista de possíveis riscos.
- **Integração com fatores humanos:** É preciso conciliar a qualidade de identificação do modelo de IA com as limitações do condutor, para que alertas e informações cheguem de maneira clara, sem sobrecarregar a atenção do motorista.

1.3 Fusão de dados de múltiplas câmeras

- **Sobreposição e disparidades:** A consolidação de informações provenientes de diferentes ângulos (laterais, frontal e traseira) requer técnicas de sincronização e normalização dos frames, lidando com campos de visão distintos e possíveis atrasos de captura.
- **Modelagem para estimativa de profundidade:** A complexidade aumenta ao unificar dados de múltiplas câmeras para estimar distâncias e posições de objetos, realimentando o módulo de rastreamento e reduzindo incertezas em relação à detecção de usuários vulneráveis.

1.4 Conformidade com normas automotivas

- **Requisitos das UN ECE R151 e R159:** A adequação dos modelos aos limites de distância e tempos de reação definidos nas regulamentações é fundamental para garantir a adoção do sistema pela indústria e, exige validações científicas rigorosas, incluindo detecção e alerta dentro de métricas estritas (ex.: 15 m antes da colisão, separação lateral de 4,25 m etc.).
- **Requisitos ISO 26262 (ASIL B):** A conformidade com esta norma exige documentação detalhada, validação rigorosa e a implementação de processos que garantam a segurança funcional dos sistemas automotivos. Atender a esses requisitos reforça a confiança no sistema e amplia a possibilidade de aplicação comercial.
- **Abordagem de novos cenários:** Será necessário considerar situações de aceleração ou manobras em baixa velocidade, presença de ciclistas entre 5 e 20 km/h (BSIS) e pedestres abaixo de 10 km/h (MOIS), garantindo acurácia em uma faixa variada de velocidades.

2. Desafios tecnológicos

2.1 Limitações de hardware embarcado

- **Processamento:** SoCs como SPHE6702, i.MX 8M Plus ou TDA2SG possuem recursos específicos de aceleração de IA, mas com restrição de memória, ciclos de CPU/GPU e faixas de temperatura (-40°C a +85°C). O CETELI/UFAM deverá adaptar arquiteturas de redes neurais - como as baseadas em YOLOv5 e MonoDepth2 - para que sejam executadas com eficiência dentro dos limites de memória, processamento e tempo de resposta impostos pelos SoCs automotivos (por exemplo, SPHE6702, i.MX 8M Plus ou TDA2SG). Essa adaptação pode envolver técnicas de redução de tamanho do modelo (poda, quantização), ajustes de hiperparâmetros e modificações na topologia da rede para garantir que o processamento ocorra em tempo real e sob as restrições de hardware.
- **Integração com sensores automotivos:** Câmeras de resolução entre 720p e 1080p, com ampla faixa dinâmica (> 80 dB) e resistência IP67/IP69K, geram grandes volumes de dados. Para ampliar o alcance das ferramentas existentes e ainda utilizar componentes comerciais, serão investigadas abordagens como câmeras infravermelhas (IR) e algoritmos de correção ou enriquecimento de faixa dinâmica, visando manter a qualidade da identificação do sistema em condições de baixa visibilidade ou alto contraste.

2.2 Coleta e rotulagem de dados reais

- **Disponibilidade de cenários representativos:** A criação de uma base própria com imagens capturadas pelas câmeras do sistema demanda esforço de captação em ambientes urbanos e rodoviários, incluindo diferentes horários e condições climáticas. Além disso, será necessário criar novas bases de dados ou estender as existentes para incorporar cenários de alto contraste, visibilidade reduzida e uso de sensores IR, garantindo que a solução seja validada sob condições diversas.
- **Rotulagem:** A anotação de pedestres, ciclistas e outros alvos (ex.: animais, postes) é complexa e trabalhosa, sendo essencial para evitar viés e reduzir erros de detecção.

2.3 Integração com Outros Módulos

- **Interfaceamento com e-mirror e multiplexação de telas:** A exibição de alertas visuais em paralelo ao espelho eletrônico precisa ser fluida, sem comprometer o desempenho do sistema. Além disso, a integração entre soluções de IA e o hardware de exibição requer sincronização cuidadosa, garantindo que os alertas não conflitem com as imagens do e-mirror.
- **Fusão de algoritmos neurais e técnicas tradicionais:** A incorporação de filtros de Kalman, BEV (bird's eye view) e transformações panorâmicas exige coordenação entre equipes de IA (CETELI/UFAM) e de implementação (FPF Tech e TPV) para minimizar conflitos de dados e latência. Essa integração, ao combinar métodos de visão computacional tradicionais com redes neurais, visa fornecer maior qualidade e menor tempo de identificação ao sistema, permitindo

aproveitar o poder de generalização da IA e a eficiência de técnicas clássicas de processamento de imagem.

3. Desafios humanos e organizacionais

3.1 Coordenação multidisciplinar

- O CETELI/UFAM é responsável pela criação, adaptação, treinamento, validação e embarque dos modelos de inteligência artificial voltados ao rastreo de usuários vulneráveis e à estimação de profundidade. A FPF Tech atua na estruturação geral do sistema de IA, na integração entre módulos, na fusão de dados e na harmonização entre técnicas tradicionais e modelos neurais. Já a TPV participa na definição de requisitos de negócio, no acompanhamento dos testes de conformidade e na verificação funcional do sistema integrado. Gerenciar expectativas, prazos e entregas entre essas equipes requer uma gestão colaborativa e eficiente, garantindo sinergia entre pesquisa científica e desenvolvimento aplicado.

3.2 Alinhamento com normas e segurança

- **Responsabilidade legal e regulatória:** O cumprimento de normas de segurança (UN ECE R151, R159) é necessário para comercialização do produto e o não cumprimento acarreta riscos ao usuário final. Adicionalmente, deve-se observar a conformidade com a ISO 26262, garantindo a segurança funcional em todo o ciclo de vida do sistema, e considerar requisitos como os da UNECE R10 (electromagnetic compatibility), que podem ser fundamentais para a homologação automotiva.
- **Aceitação pelo usuário final:** Mesmo que a tecnologia seja precisa, condutores podem resistir a alertas frequentes ou questionar falhas aparentes. É essencial uma abordagem pedagógica/iterativa, incluindo testes de usabilidade e treinamentos.

3.3 Gestão de recursos e cronograma

- **Limitações de infraestrutura:** Laboratórios e equipamentos de teste podem apresentar gargalos (por ex., disponibilidade de GPUs e câmeras automotivas).
- **Dependência de prazos externos:** Os cronogramas podem ser impactados pelos ciclos de aquisição e importação de equipamentos, além de eventuais revisões de normas.

6. Solução Proposta

A solução proposta consiste em um Sistema de Monitoramento de Pontos Cegos de Veículos Automotivos (The Beholder), capaz de trabalhar em situações de oclusões, cenários de visibilidade reduzida (inclusive por meio de câmeras IR e correção de faixa dinâmica) e quantização de redes neurais, projetado para atuar em baixas velocidades e cobrir principalmente as áreas frontal (MOIS) e lateral (BSIS) de veículos pesados ou de passeio. Além de atender aos requisitos das normas UN ECE R151 (MOIS) e UN ECE R159 (BSIS), o sistema expande essas normas para incorporar cenários complexos, indo além dos padrões vigentes, assegurando a conformidade com o nível ASIL B da ISO 26262 e considerando requisitos como a UNECE R10 (compatibilidade eletromagnética).

Página 13 de 48

Para garantir que o motorista tenha tempo de reação adequado, serão utilizadas três câmeras estrategicamente posicionadas (frontal, lateral-frontal e lateral-traseira) a fim de abranger os pontos cegos mais críticos e fornecer alertas em tempo hábil, alinhados aos fatores humanos de atenção e velocidade do veículo.

1. Arquitetura Geral e Fluxo de Processamento

1. Aquisição de imagens e pré-processamento

- Cada câmera enviará um fluxo de vídeo entre 720p e 1080p a 30 quadros por segundo (QPS). Além disso, modelos de câmeras com ampla faixa dinâmica (> 80 dB) e/ou sensores IR para aumentar o contraste e lidar com intempéries serão avaliados, garantindo melhor adaptabilidade a condições de iluminação variáveis e cenários adversos.
- O módulo de pré-processamento será utilizado para reduzir a resolução ou extrair características (por exemplo, HOG – Histogram of Oriented Gradients), diminuindo o esforço computacional antes de alimentar as redes neurais. Novos ou estendidos conjuntos de dados reais serão criados, contemplando diferentes condições climáticas, horários e/ou presença de animais e estruturas públicas não cobertas pelas normas atuais.

2. Detecção, estimação de profundidade e rastreamento

- **Detecção de objetos:** redes neurais como **YOLOv5** ou **Detectron2**, serão utilizadas para identificar pedestres, ciclistas, motociclistas e potenciais animais. Filtros ou algoritmos tradicionais, como transformadas panorâmicas e BEV (bird's eye view), serão integrados à IA, trazendo melhorias de detecção ao sistema.
- **Estimação de profundidade:** algoritmos como **MonoDepth2** ou **DenseDepth** serão utilizados para inferir distância em cenários monoscópicos, aperfeiçoando o cálculo de risco de colisão. Essa abordagem busca garantir que mesmo com visão monocular ou sensoriamento limitado, o sistema seja capaz de fornecer informações confiáveis de distância.
- **Rastreamento e fusão de dados:** métodos de tracking baseados em filtros tradicionais (p. ex. **Filtro de Kalman**) e fusão das três câmeras ajudarão a manter a coerência do objeto ao longo do tempo, lidando com oclusões parciais, sobreposições e mudanças de posição. Essa fusão considera campos de visão distintos e ajustes de temporização, de modo a reduzir atrasos e garantir consistência na detecção.

3. Módulo de processamento de sinais e alertas

- Um bloco de **processamento de sinais** deverá aplicar regras de negócio alinhadas às normas **UN ECE R151 (MOIS)**, **UN ECE R159 (BSIS)** e **ISO 26262**, interpretando os resultados de detecção/rastreamento e definindo quando emitir sinais de informação ou alerta. Adicionalmente, serão criados novos protocolos de teste baseados nas normas, porém focados em inovações como detecção de animais, estruturas públicas e condições climáticas extremas.
- Esses avisos podem ser visuais, sonoros ou táteis, com destaque em tela multiplexada (quando houver e-mirror) ou com luzes/ícones dedicados no painel. A integração suave

com o e-mirror requer sincronização cuidadosa para que o desempenho do sistema não seja comprometido e para que o motorista receba feedback imediato.

4. Otimização e embarque

- Para execução em **SoCs automotivos (ex.: NXP i.MX 8M Plus, ou Sunplus SHE6702)**, serão utilizadas técnicas de **poda de filtros** (network pruning) e **quantização** (8 bits), garantindo latência reduzida e aderência às restrições de memória e energia. A análise de diferentes níveis de quantização também pode gerar novas técnicas de compactação, otimizando ainda mais o desempenho em tempo real.
- Os modelos devem operar em faixas de temperatura de -40°C a $+85^{\circ}\text{C}$ (fora de operação elétrica) e cumprir exigências de robustez e segurança automotiva, conforme ISO 16750-4 e **ISO 26262 (ASIL B)**. A adoção de UNECE R10 será considerada para garantir compatibilidade eletromagnética, sendo importante para a homologação automotiva.

Em síntese, o projeto The Beholder combina inteligência artificial embarcada, processamento de vídeo, técnicas de fusão de dados e aprimoramentos inovadores (como quantização e uso de IR), de modo a atender (e superar) as normas de segurança vigentes e oferecer alertas ao motorista, reduzindo a probabilidade de acidentes em velocidades baixas e cenários de visibilidade limitada, mesmo em condições de oclusão. O CETELI/UFAM estará a frente do desenvolvimento dos modelos neurais, em colaboração com a FPF Tech e a TPV, garantindo tempo de reação suficiente ao condutor e ampliando o escopo dos padrões existentes.

7. Aplicabilidade

O projeto se mostra altamente aplicável ao cenário atual da indústria automotiva, que busca soluções para reduzir acidentes envolvendo usuários vulneráveis (UVs) em baixas velocidades. As funcionalidades propostas - cobertura de pontos cegos laterais (BSIS) e frontais (MOIS) - beneficiam veículos pesados (como caminhões e ônibus) e também podem ser estendidas a automóveis de passeio, permitindo um amplo espectro de adoção. Em linhas gerais, destacam-se os seguintes pontos de aplicabilidade:

1. Veículos comerciais e pesados

- **Segurança em ambientes urbanos:** Caminhões e ônibus circulam em áreas repletas de pedestres e ciclistas, tornando a prevenção de colisões em conversões e arrancadas essencial para reduzir acidentes fatais.
- **Atendimento a requisitos normativos:** A conformidade com as normas internacionais (UN ECE R151 e R159) agrega valor ao produto, viabilizando a homologação e a comercialização global do sistema.

2. Frotas de entrega e logística

- **Operações em baixa velocidade:** Veículos de entrega costumam atuar em vias congestionadas, estacionando com frequência e enfrentando condições de visibilidade

reduzida. A adoção do The Beholder possibilita melhor monitoramento do entorno e gera alertas oportunos, mitigando riscos de atropelamento ou colisão contra obstáculos.

- **Eficiência operacional:** A redução de acidentes implica menor paralisação de veículos para manutenção e menor passivo legal, resultando em ganhos logísticos e financeiros para as empresas.

3. Veículos de passeio e segmento de luxo

- **Aumento de Conforto e Confiança:** Em estradas urbanas ou em manobras de estacionamento, o motorista obtém melhor percepção de pontos cegos frontais e laterais, reduzindo o estresse e contribuindo para manobras mais seguras.
- **Integração com e-mirror:** A exibição integrada dos alertas em sistemas de espelho eletrônico (já disponíveis no mercado) facilita a adoção e moderniza o painel do veículo com informações adicionais em tempo real.

4. Ambientes industriais e zonas portuárias

- **Aplicação em veículos especiais:** Guindastes, empilhadeiras ou rebocadores podem se beneficiar do sistema para evitar colisões em pátios industriais, onde a movimentação de trabalhadores e equipamentos é intensa.
- **Soluções personalizadas:** As técnicas de fusão de dados e rastreamento podem ser adaptadas para empregar mais câmeras ou até outros tipos de sensores, conforme a complexidade do ambiente.

5. Mercado internacional e adaptações futuras

- **Compatibilidade Global:** O fato de o projeto atender às normas UN ECE R151, R159 e ISO 26262 torna a solução viável para mercados internacionais, favorecendo fabricantes de veículos em regiões com legislações semelhantes ou ainda mais restritivas. No entanto, é importante salientar que cada país pode apresentar requisitos adicionais, especialmente em relação a elementos de pós-venda e revisões periódicas do sistema, exigindo adequações pontuais na implantação.
- **Escalabilidade:** A arquitetura modular, baseada em câmeras e IA, permite incrementar funcionalidades, desde a inclusão de sensores adicionais (radares, ultrassons) até a adoção de algoritmos mais complexos para tratamento de oclusões ou identificação de novos tipos de usuários vulneráveis. Essa flexibilidade facilita a adaptação do sistema a diferentes realidades regulatórias, assegurando que futuras modificações ou complementos possam ser incorporados com baixo impacto operacional.

Em síntese, a aplicabilidade do sistema de monitoramento de pontos cegos vai além do segmento de caminhões e ônibus, estendendo-se a diferentes perfis de veículos e ambientes operacionais. A redução potencial de acidentes, o cumprimento de normas internacionais de segurança e a capacidade de incorporar

novos sensores ou algoritmos tornam o projeto altamente relevante para o mercado automotivo atual, com impacto direto na segurança viária, na confiabilidade das frotas e na qualidade de vida em centros urbanos.

8. Perspectivas Mercadológicas

O mercado global de segurança veicular vem crescendo a passos largos, impulsionado pelo aumento da frota de veículos e pela crescente demanda por soluções que reduzam a incidência de acidentes, sobretudo aqueles envolvendo usuários vulneráveis (pedestres, ciclistas e motociclistas). De acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2023), há uma tendência de crescimento no segmento de veículos equipados com sistemas avançados de assistência ao motorista (ADAS), incluindo funcionalidades de detecção de pontos cegos e alerta de colisão.

Estudos recentes apontam que o uso de câmeras e módulos de IA está em rápida ascensão, considerando-se fatores como custo-benefício, flexibilidade de aplicação e possibilidade de fusão de dados (MARKETSANDMARKETS, 2023). O mercado global de ADAS, no qual se enquadra o sistema de monitoramento de pontos cegos, deve atingir patamares superiores a 80 bilhões de dólares até 2028, com taxa de crescimento anual composta (CAGR) acima de 10% (MARKETSANDMARKETS, 2023). Nesse cenário, soluções que atendem às normas UN ECE R151 e R159 tornam-se especialmente atraentes para fabricantes interessados em comercializar internacionalmente, pois tais regulações tendem a ser replicadas e adotadas de forma semelhante em outros mercados (SUFRAMA, 2023).

Em nível regional, a Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) ressalta que o Polo Industrial de Manaus (PIM) tem diversificado sua produção de eletrônicos e sistemas de inteligência embarcados, fomentando parcerias tecnológicas para agregar valor aos produtos (SUFRAMA, 2023). A Envision/TPV, ao investir em P&D de sistemas de monitoramento de pontos cegos, pode aproveitar essa sinergia para consolidar-se não apenas como fabricante de televisores e monitores, mas também como fornecedora de componentes e soluções voltados ao setor automotivo. Essa movimentação potencializa a competitividade da empresa no âmbito das cadeias globais de valor que demandam inovações em segurança veicular.

Assim, a adoção do Sistema de Monitoramento de Pontos Cegos de Veículos Automotivos (The Beholder) desenvolvido neste projeto oferece vantagens estratégicas, tanto pela conformidade com normas internacionais quanto pela escala produtiva viabilizada no PIM. Com isso, a Envision/TPV posiciona-se de forma destacada no mercado de ADAS, atendendo à crescente busca por veículos mais seguros e avançados do ponto de vista tecnológico.

9. Características Inovadoras

O projeto The Beholder – Sistema de Monitoramento de Pontos Cegos de Veículos Automotivos apresenta características inovadoras que destacam seu diferencial competitivo e potencial tecnológico no mercado automotivo. Entre essas inovações, destacam-se:

1. **Integração multicâmera com fusão de dados:** O sistema combina dados provenientes de múltiplas câmeras estrategicamente posicionadas (frontal, lateral-frontal e lateral-traseira),

oferecendo uma visão abrangente e contínua dos pontos cegos do veículo. Essa abordagem melhora significativamente a capacidade de detecção e rastreamento de usuários vulneráveis e obstáculos em tempo real, proporcionando maior segurança e precisão. A adoção de câmeras com ampla faixa dinâmica (ou IR) e algoritmos de correção/enriquecimento também estende o alcance de aplicação em condições climáticas e de iluminação adversas.

2. **Estimativa de profundidade monoscópica:** A utilização de algoritmos avançados de inteligência artificial, como MonoDepth2 e DenseDepth, permite a estimativa precisa de profundidade com apenas uma câmera. Essa característica reduz custos operacionais e complexidade técnica, eliminando a necessidade de sensores adicionais caros e facilitando a implementação em larga escala. Quando combinada com câmeras IR ou dados multiespectrais, a solução se torna mais adequada em cenários de visibilidade reduzida.
3. **Robustez sob condições adversas:** O projeto prevê técnicas avançadas de pré-processamento e aumento de dados para garantir desempenho robusto mesmo em condições adversas de iluminação, clima e ambiente. A ampla faixa dinâmica das câmeras utilizadas (> 80 dB) e as estratégias de data augmentation fortalecem a capacidade do sistema em operar eficientemente sob chuva intensa, neblina, baixa luminosidade e situações de oclusões frequentes, assegurando a identificação adequada de usuários vulneráveis.
4. **Otimização para embarque em sistemas automotivos:** A aplicação inovadora de técnicas de poda (network pruning) e quantização (8 bits) em redes neurais permite a execução eficiente e rápida dos algoritmos em plataformas de hardware restrito, como SoCs automotivos (NXP i.MX 8M Plus, ou Sunplus SHE6702). Essa otimização garante latência reduzida, alta eficiência energética e menor custo operacional. A análise de diferentes níveis de quantização pode ainda gerar estratégias inéditas de compactação, expandindo o estado da arte em redes neurais embarcadas.
5. **Compatibilidade e conformidade com normativas internacionais:** O projeto assegura conformidade com normas internacionais rigorosas (UN ECE R151, UN ECE R159 e ISO 26262 nível ASIL B), tornando-o competitivo e apto à homologação global. Essa conformidade facilita sua aceitação e adoção por fabricantes internacionais e mercados exigentes, ao mesmo tempo em que aborda lacunas regulatórias por meio da detecção de novos cenários (animais, estruturas públicas, etc.) e testes adicionais para reforçar a segurança em condições não previstas originalmente.
6. **Escalabilidade e modularidade:** A arquitetura modular do sistema possibilita fácil integração com novos sensores e tecnologias emergentes, permitindo atualizações contínuas e expansão funcional sem necessidade de grandes alterações estruturais. Isso assegura que a solução esteja preparada para evoluções tecnológicas futuras e para atender a requisitos específicos de diferentes regiões ou fabricantes, inclusive pós-venda.

Essas características inovadoras reforçam o potencial do projeto The Beholder como uma solução tecnológica avançada, eficiente e segura, capaz de ampliar o escopo das normas atuais e garantir tempo de reação suficiente para o motorista, alinhada às necessidades atuais e futuras da indústria automotiva global.

10. Duração

A duração total do projeto é de 21 meses, a contar da data de sua assinatura.

Página 18 de 48

11. Premissas

Observação: O presente Plano de Trabalho diz respeito exclusivamente às atividades a serem realizadas pelo CETELI/UFAM, em alinhamento com as fases e objetivos estabelecidos para o desenvolvimento do sistema de monitoramento de pontos cegos. As menções à FPF Tech e à TPV/Envision se fazem necessárias porque a viabilização completa do produto/protótipo depende do cumprimento das premissas executadas por cada parceiro em suas respectivas frentes de atuação.

É de responsabilidade do CETELI/UFAM

- Propor, adaptar e validar soluções tecnológicas de Inteligência Artificial (IA) e Visão Computacional, em particular para o rastreamento de usuários vulneráveis (UVs) e estimação de profundidade, conforme os objetivos do projeto.
- Desenvolver e compartilhar conhecimento científico com a FPF Tech e a TPV/Envision, apresentando relatórios técnicos, testes de desempenho e publicações científicas.
- Coordenar atividades de treinamento, incluindo coleta de dados e rotulagem de imagens, bem como otimizações de redes neurais (poda, quantização), em alinhamento com as necessidades e prazos do projeto.

É de responsabilidade da FPF Tech

- Estruturar o sistema de IA, definindo os módulos de fusão de dados e rastreamento, além de promover a integração harmônica com técnicas tradicionais (por exemplo, filtros de Kalman).
- Conduzir testes de estabilidade e desempenho dos módulos desenvolvidos, articulando-se com o CETELI/UFAM para implantar melhorias necessárias.
- Garantir que as interfaces e módulos desenvolvidos estejam prontos para uso pelas equipes de testes e manutenção, assegurando a confiabilidade do sistema.

É de responsabilidade da TPV/Envision

- Acompanhar gerencialmente o desenvolvimento do projeto, atendendo ao cronograma de entregáveis e validando os resultados à luz dos requisitos de negócio e conformidade automotiva.
- Fornecer feedback técnico e de negócio o CETELI/UFAM e à FPF Tech, de modo a adequar as soluções de IA às necessidades específicas de mercado, incluindo testes de conformidade com as normas UN ECE R151, R159 e ISO 26262.
- Integrar a solução final em seus processos, hardware e sistemas, viabilizando o embarque dos modelos de IA e a realização de testes funcionais e de certificação, sempre em diálogo com os parceiros.

12. Escopo

1. Planejamento e definição de requisitos técnicos

- Identificar, em conjunto com a TPV/Envision e a FPF Tech, os critérios de desempenho (por exemplo, taxa de detecção, erro na estimação de profundidade, latência máxima de processamento) e as metas regulatórias a serem atendidas.
- Planejar experimentos e estabelecer cronogramas de atividades de pesquisa, coleta de dados, treinamento e validação dos modelos.

2. Coleta e rotulagem de dados

- Definir protocolos de coleta de dados reais - cenários urbanos e rodoviários, condições diurnas e noturnas, situações climáticas diversas - visando contemplar variações significativas de iluminação e clima.
- Organizar o processo de rotulagem para diferenciar pedestres, ciclistas, motociclistas e outros elementos pertinentes (ex.: animais, postes) que influenciam o funcionamento do sistema de monitoramento.

3. Desenvolvimento de modelos neurais e técnicas tradicionais

- Implementar arquiteturas de rede para detecção de objetos (e.g., YOLOv5, Detectron2) e estimação de profundidade (e.g., MonoDepth2, DenseDepth), aliando-as a técnicas tradicionais de visão computacional (por exemplo, BEV – Bird's Eye View e transformações panorâmicas) para lidar com cenários de oclusão e variações extremas de iluminação.
- Investigar técnicas de aprendizado profundo, incluindo transfer learning e data augmentation, visando melhorar a acurácia em cenários específicos de pontos cegos veiculares.

4. Treinamento, validação e otimização

- Conduzir treinamentos com infraestrutura de GPU, avaliando métricas como precisão (precision, recall), mAP (mean Average Precision), erros médios de profundidade, taxa de falsos positivos e tempo de inferência.
- Aplicar técnicas de compressão (poda e quantização), ajustando hiperparâmetros para garantir o funcionamento em SoCs automotivos (por exemplo, SPHE6702, i.MX 8M Plus e TDA2SG), conforme restrições de memória e poder de processamento.

5. Portabilidade e testes em hardware embarcado

- Migrar os modelos treinados para frameworks de inferência otimizada (ex.: TensorFlow Lite, ONNX Runtime) compatíveis com as plataformas alvo definidas pela TPV/Envision.

- Avaliar o desempenho (tempo de processamento, consumo de memória) em condições simuladas de laboratório e ambientes reais, observando critérios de temperatura e vibração típicos do setor automotivo.

6. Integração e suporte à FPF Tech e TPV/Envision

- Fornecer à FPF Tech as versões atualizadas dos modelos de IA para fusão de dados, rastreamento avançado e harmonização com técnicas tradicionais (e.g., Filtro de Kalman), conforme necessidades do projeto.
- Apoiar a TPV/Envision no processo de validação final, conduzindo ajustes nos modelos conforme feedback de testes de conformidade (ex.: UN ECE R151, R159 e ISO 26262) e testes funcionais de campo.

7. Documentação e transferência de conhecimento

- Elaborar relatórios técnicos detalhando a configuração dos modelos, metodologias de treinamento, métricas de avaliação e resultados de testes.
- Redigir artigos científicos e promover apresentações internas que divulguem as contribuições científicas e tecnológicas alcançadas pelo projeto, fomentando a formação de pesquisadores e a disseminação de conhecimento.

Em síntese, o escopo do CETELI/UFAM concentra-se na pesquisa e inovação científica em aprendizado de máquina e visão computacional, incluindo a combinação de redes neurais e técnicas tradicionais, fornecendo à FPF Tech e à TPV/Envision os modelos de IA necessários para compor o Sistema de Monitoramento de Pontos Cegos. Todas as atividades serão conduzidas em estreita colaboração com as demais instituições, mas esta parcela do plano de trabalho se restringe aos objetivos e entregas que competem diretamente ao CETELI/UFAM.

13. Restrições

O período total do projeto será de 21 meses a contar da data de sua assinatura. Qualquer aumento no período de realização do projeto poderá ser feito mediante aditivo e em comum acordo entre as partes.

14. Classe e Tipo do Projeto

14.1 Classe do Projeto

Enquadrar o projeto/programa a ser descrito na classe que mais adequadamente o identifique entre as relacionadas a seguir:

Enquadramento

X	A) Projeto/ Programa Conveniado (executado sob responsabilidade da instituição de ensino e pesquisa com a qual a empresa celebrou convênio específico).
	B) Projeto/ Programa Cooperativo envolvendo vários participantes executado sob coordenação da instituição de ensino e pesquisa com adesão da empresa.
	C) Projeto/ Programa próprio executado sob responsabilidade da própria empresa com contratação de serviços da instituição de ensino e pesquisa.
	D) (1.2...) outros projetos/programas com envolvimento de instituição de ensino e pesquisa (especificar).

○

14.2 Tipo do Projeto

	Enquadramento	Justificativa
X	A – Pesquisa;	O projeto envolve investigação científica aprofundada em Inteligência Artificial (IA), com foco em novas arquiteturas de redes neurais e métodos de processamento de imagens que contribuam para o avanço do estado da arte em visão computacional automotiva. O CETELI/UFAM, como instituição de ensino e pesquisa, desenvolverá estudos que fundamentam a robustez e precisão dos modelos de detecção e rastreamento de usuários vulneráveis, caracterizando uma atividade de pesquisa aplicada.
	B – Desenvolvimento:	
	B1. hardware (máquinas, dispositivos)	
X	B2. Software	O CETELI/UFAM é responsável pela criação e adaptação de algoritmos de IA voltados à detecção e estimação de profundidade, bem como pelo desenvolvimento de protótipos de software de rastreamento, teste e validação. Esses modelos serão posteriormente embarcados em plataformas de hardware automotivo, assegurando operação em tempo real e atendimento às restrições de memória e processamento, o que configura efetivo desenvolvimento de software.
	B3. componentes microeletrônicos	
	B4. sistema (hardware e software)	
	B5. processo produtivo	
	B6. outro (especificar)	
X	C – formação e capacitação profissional	A execução do projeto no CETELI/UFAM envolve pesquisadores, docentes e discentes de pós-graduação e graduação, promovendo a formação de recursos humanos especializados em visão computacional e IA embarcada. Por meio de atividades de treinamento, coleta e anotação de dados, otimização de redes neurais e elaboração de relatórios científicos, forma-se um ecossistema de capacitação contínua e transferência de conhecimento.
	D - serviço científico e tecnológico	
	E - implantação, modernização ou ampliação de laboratório de P&D	
	F - implantação e operação de incubadora de base tecnológica	

14.3 Contribuição ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do País

Item	Justificativa
Descrever a avaliação do grau de contribuição dos resultados a serem alcançados com os trabalhos ao desenvolvimento científico e tecnológico do País	O projeto fomenta a pesquisa aplicada em Inteligência Artificial e Visão Computacional, agregando valor científico através da produção de artigos, dissertações e teses em parceria com o CETELI/UFAM. Além disso, o avanço em algoritmos de rastreamento e estimação de profundidade fortalece a competência nacional em soluções automotivas seguras, potencializando a inovação no setor e ampliando a competitividade tecnológica do Brasil em mercados globais.

14.4 Efeitos sobre as Atividades da Instituição

Item	Justificativa
Descrever a avaliação dos efeitos esperados sobre as atividades da unidade/entidade executora do projeto devido à realização desses trabalhos	A realização do projeto impulsionará a formação de recursos humanos especializados, promoverá publicações científicas de impacto e estimulará a integração entre ensino, pesquisa e extensão. Também contribuirá para a captação de novos investimentos e parcerias, consolidando o CETELI/UFAM como referência em tecnologias de IA embarcada e viabilizando a transferência de conhecimento para outros setores industriais.

15. Equipe, Perfil e Responsabilidades

No CETELI/UFAM, a coordenação do projeto de pesquisa e desenvolvimento proposto será realizada pelos professores/pesquisadores Waldir Sabino da Silva Júnior (coordenador/pesquisador) e Celso Barbosa Carvalho (pesquisador líder/vice-coordenador). O restante da equipe será formado por:

A equipe será escolhida em processo seletivo e receberão os valores de acordo com a Tabela 8. A seleção da equipe levará em consideração o perfil do candidato e a responsabilidade no projeto. Na Tabela 2, apresentamos o perfil da equipe e as responsabilidades.

Tabela 2 – Perfil da equipe e responsabilidades.

Função	Perfil/Responsabilidade
Coordenador/ Pesquisador	Nome: Waldir Sabino da Silva Júnior (Coordenador/Pesquisador Sênior em IA). Formação: Engenharia Elétrica. Titulação: Doutorado. Instituição/Empresa Pertencente: Universidade Federal do Amazonas e Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Eletrônica e da Informação (CETELI/UFAM). Mini Currículo: Pesquisador na área de engenharia elétrica, com doutorado há no mínimo 12 anos, com experiência na execução de projetos científicos ou de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Atividades a Realizar: planejar a execução do projeto e atividades de P&D; acompanhar escopo e requisitos; acompanhar o progresso das atividades em função das metas, prazos e custos; identificar riscos, mitigar impactos. Definir/acompanhar prioridades de entrega, cronograma geral do projeto, interface entre ENVISION/CETELI-UFAM/FAEPI; elaboração de documentos científicos, relatório de P&D e material didático; submissão de artigos científicos; acompanhamento do projeto de P&D. Carga horária: 05 horas semanais
Vice-coordenador/pesquisador	Nome: Celso Barbosa Carvalho (Vice-coordenador/Pesquisador Sênior em Sistemas Embarcados). Formação: Engenharia Elétrica. Titulação: Doutorado.

	Instituição/Empresa Pertencente: Universidade Federal do Amazonas e Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Eletrônica e da Informação (CETELI/UFAM). Mini Currículo: Pesquisador na área de engenharia elétrica, com doutorado há no mínimo 12 anos, com experiência na execução de projetos científicos ou de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Atividade a Realizar: Definir como as atividades de cada sprint devem ser desenvolvidas a fim de que as entregas sejam realizadas; Acompanhamento técnico da equipe, atribuição de atividades para integrantes da equipe a cada sprint, interface entre equipe técnica do projeto/ENVISION/CETELI-UFAM; elaboração de documentos científicos, relatórios técnicos e de pesquisas realizadas nas sprints do projeto e material didático; submissão de artigos científicos; acompanhamento do projeto de P&D. Carga horária: 05 horas semanais
Pesquisador(a) A (Machine Learning / Visão Computacional / OpenCV)	Nome: Pesquisador(a) A (Machine Learning / Visão Computacional / OpenCV) Formação: Engenharia Elétrica, Engenharia da Computação ou afins. Titulação mínima: Graduação completa. Mini Currículo: Pesquisador/engenheiro da área de engenharia elétrica, engenharia da computação ou afins com experiência acima de 1 ano. Atividades a Realizar: Execução de atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico relacionadas à aprendizagem de máquina e visão computacional utilizando OpenCV a fim de desenvolver e testar modelos de detecção, classificação e rastreamento; Ajustar hiperparâmetros para maximizar precisão e reduzir tempo de inferência; Avaliar métricas como mAP, recall, precisão e erro médio de profundidade com aprendizado de máquina; elaboração de documentos científicos e material didático; Redação de artigos científicos. Carga horária: 30 horas semanais.
Pesquisador/Desenvolvedor B (Sistemas Embarcados / Firmware)	Nome: Pesquisador/Desenvolvedor B (Sistemas Embarcados / Firmware) (quantidade 1). Formação: Engenharia Elétrica, Engenharia da Computação ou afins. Titulação mínima: Graduação completa. Mini Currículo: Pesquisador/desenvolvedor da área de engenharia elétrica, engenharia da computação ou afins com experiência acima de 1 ano. Atividades a Realizar: Execução de atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico relacionadas com sistemas embarcados e desenvolvimento de firmware; Desenvolver drivers de hardware e firmwares para sensores e atuadores; Portar algoritmos de IA para sistemas embarcados, incluindo otimizações e compressão; Garantir o desempenho em tempo real e a conformidade com requisitos automotivos; Elaboração de documentos científicos e material didático; Redação de artigos científicos. Carga horária: 30 horas semanais.
Pesquisador C (Engenheiro(a) de Testes (QA))	Nome: Pesquisador C (Engenheiro(a) de Testes (QA)). Formação: Engenharia Elétrica, engenharia da computação ou afins. Titulação mínima: Graduação completa. Mini Currículo: Pesquisador/engenheiro da área de engenharia elétrica, engenharia da computação ou afins com experiência acima de 1 ano. Atividade a Realizar: Execução de atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico relacionados a engenharia de qualidade, Planejar e executar testes funcionais e de desempenho de software de ML/embarcados/firmwares, incluindo envolvendo softwares de captura de imagem em cenários de chuva, baixa luminosidade; Reportar bugs e acompanhar correções junto às equipes de desenvolvimento; Realizar testes de conformidade com normas UN ECE R151 e R159; Redação de artigos científicos. Carga horária: 30 horas semanais.
Pesquisador D (PO/Scrum Master)	Nome: Pesquisador D (PO/Scrum Master). Formação: Engenharia Elétrica, engenharia da computação ou afins. Titulação mínima: Graduação completa. Mini Currículo: Pesquisador/engenheiro da área de engenharia elétrica, engenharia da computação ou afins com experiência acima de 1 ano. Atividade a Realizar: Execução de atividades relacionadas à pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico, Gerenciar backlog e priorizar demandas das equipes de IA e embarcados; Conduzir planning, reviews, retrospectivas e dailies; Acompanhar prazos, riscos e indicadores, garantindo comunicação contínua com parceiros; Realizar testes de conformidade com normas UN ECE R151 e R159, participação em eventos científicos. Carga horária: 30 horas semanais.
Bolsista de Pós-Graduação em ML (mestrado/doutorado)	Nome: Bolsista de Pós-Graduação em ML (quantidade 1). Formação: Engenharia Elétrica, Engenharia da Computação ou afins. Titulação mínima: cursando mestrado ou doutorado. Mini Currículo: cursando pós-graduação em engenharia elétrica ou afins com experiência em desenvolvimento de algoritmos de ML. Atividade a Realizar: Elaboração de documentos científicos e material didático; publicação de artigos científicos; execução de atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico relacionados a aprendizado de máquina, processamento de imagens, conduzir provas de conceito (POCs) de novos modelos e arquiteturas; Implementar e avaliar algoritmos de detecção e classificação para cenários embarcados; Investigar técnicas de ML (transfer learning, meta-learning); Implementar protótipos de IA para validação de hipóteses; Contribuir na análise de performance e comparações entre modelos; Redigir artigos e relatórios científicos sobre resultados parciais e finais

	Carga horária: 20 horas semanais.
Bolsista de Pós-Graduação em ML (pós-doutorado)	Nome: Bolsista de Pós-Graduação em ML (quantidade 1). Formação: Engenharia Elétrica, Engenharia da Computação ou afins. Titulação mínima: doutorado. Mini Currículo: cursando pós-doutorado em engenharia elétrica ou afins com experiência em desenvolvimento de algoritmos de ML. Atividade a Realizar: Elaboração de documentos científicos e material didático; publicação de artigos científicos; execução de atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico relacionados a aprendizado de máquina, processamento de imagens, conduzir provas de conceito (POCs) de novos modelos e arquiteturas; Implementar e avaliar algoritmos de detecção e classificação para cenários embarcados; Investigar técnicas de ML (transfer learning, meta-learning); Implementar protótipos de IA para validação de hipóteses; Contribuir na análise de performance e comparações entre modelos; Redigir artigos e relatórios científicos sobre resultados parciais e finais Carga horária: 20 horas semanais.
Bolsista de Graduação	Nome: Bolsista de Graduação em ML (quantidade 2). Formação: Engenharia Elétrica, Engenharia da Computação ou afins. Titulação mínima: cursando mestrado. Mini Currículo: cursando pós-graduação em engenharia elétrica ou afins com experiência em desenvolvimento de algoritmos de ML. Atividade a Realizar: Elaboração de documentos científicos e material didático; publicação de artigos científicos; execução de atividades de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico relacionados a aprendizado de máquina, processamento de imagens, conduzir provas de conceito (POCs) de novos modelos e arquiteturas; Implementar e avaliar algoritmos de detecção e classificação para cenários embarcados; Investigar técnicas de ML (transfer learning, meta-learning); Implementar protótipos de IA para validação de hipóteses; Contribuir na análise de performance e comparações entre modelos; Redigir artigos e relatórios científicos sobre resultados parciais e finais Carga horária: 20 horas semanais.
Analista Administrativo A	Nome: Analista Administrativo A (quantidade 1) Formação: Administração, contabilidade ou afins ou engenharia elétrica com experiência acima de 1 ano. Titulação: Ensino superior completo ou técnico da área de administração, contabilidade ou afins ou engenharia elétrica. Mini Currículo: Ensino superior completo ou técnico da área de administração, contabilidade, engenharia elétrica ou afins com experiência acima de 1 ano. Atividade a Realizar: elaboração de documentos administrativos;; compra de material; Organizar documentos, relatórios e atas de reuniões; Auxiliar na compra e controle de materiais e equipamentos; Gerir agendas e reservas de sala/laboratórios, além de dar suporte a aprovações administrativas; Auxiliar na elaboração de relatórios financeiros e prestação de contas; Organizar contratações e pagamentos, controlando cronograma e fluxo orçamentário; Apoiar no monitoramento de despesas e elaboração de planilhas de custo Carga horária: 15 horas semanais.
Analista Administrativo B	Nome: Analista Administrativo B (quantidade 01) Formação: Administração ou contabilidade ou engenharia elétrica/ ciência da computação com experiência acima de 1 ano. Titulação: Mestrado concluído, cursando doutorado, área de administração ou contabilidade ou engenharia elétrica ou ciência da computação. Mini Currículo: Mestrado completo área de administração, contabilidade, engenharia elétrica ou ciência da computação com experiência acima de 1 ano. Atividade a Realizar: gestão de documentos técnicos e de controle do projeto; elaboração de documentos de P&D de acompanhamento e de prestação de contas; Organizar documentos técnicos e relatórios técnicos; Auxiliar na compra e controle de materiais e equipamentos; Elaboração de relatórios financeiros e prestação de contas; Organizar atividades técnicas mensais. Carga horária: 15 horas semanais.

A relação entre o CETELI/UFAM e empresa ENVISION/TPV será realizada através de reuniões e relatórios mensais feitos pela coordenação, juntamente com outras reuniões extraordinárias, sempre que necessário. Os profissionais da ENVISION/TPV que acompanharão o desenvolvimento do projeto são listados a seguir:

- [Rômulo de Souza, Eddie Batista / ENVISION/TPV](#)
 - Função: Gerente Técnico, Coordenador e Representante técnico da empresa.
- [Marluce Abrantes de Oliveira e Neyla Kelly da Silva Souza da empresa ENVISION.](#)

- Função: gestão administrativa-financeira do projeto e gestão do investimento de recursos da Lei de Informática.

16. Cronograma de Execução

Este projeto terá duração de 21 meses a contar da data de sua assinatura. As atividades por área necessárias para a execução do projeto estão especificadas na Tabela 3.



Tabela 3: Cronograma macro de atividades

ID	Descrição	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21
1	Definições Iniciais Apoio técnico à FPF na definição da arquitetura de sensores e do sistema de captura de dados. A UFAM colabora na escolha de posicionamento de câmeras e requisitos para aquisição de imagens, alinhando com os objetivos dos algoritmos de IA.)	X	X																			
2	Módulo BSIS (Algoritmos) (UFAM lidera o desenvolvimento dos modelos de detecção, rastreamento e estimação de profundidade aplicados ao módulo BSIS, com validações parciais, testes de precisão e ajuste fino para ambientes simulados.)	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
3	Marco 01 – BSIS (UFAM entrega a versão funcional dos modelos BSIS com documentação técnica e relatórios de testes em cenários de simulação e bases públicas.)									X												
4	Módulo MOIS (UFAM realiza ajustes e validações dos algoritmos aplicados ao módulo MOIS, incluindo testes com vídeos reais, tratamento de oclusões e refinamento da estimação de profundidade, com foco em pedestres em baixa velocidade.)				X	X	X	X	X	X	X	X	X									
5	Marco 02 – MOIS (UFAM entrega versão consolidada dos modelos MOIS com resultados de desempenho computacional e aderência aos requisitos dos padrões UN ECE R151.)												X									
6	Módulos Gerais (Apoio técnico à FPF na integração dos modelos desenvolvidos pela UFAM com algoritmos tradicionais (como Kalman, BEV e transformações panorâmicas), promovendo a interoperabilidade dos módulos.)	X	X	X	X	X	X															
7	Testes e Validação Interna (Fases 1 e 2) (UFAM participa do planejamento dos testes internos, conduz simulações com IA, mede desempenho embarcado (FPS, consumo, latência), e propõe ajustes aos modelos com base nos resultados observados pela FPF.)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	
8	Testes Internos de Pré-Certificação (Fases 1 e 2) (UFAM: Apoio a FPF técnico na validação das versões finais dos algoritmos, com foco em robustez dos modelos sob condições adversas (neblina, chuva, entardecer). Fornece documentação e parâmetros de execução.)												X	X								X

A UFAM, conforme delimitado pelo cliente Envision/TPV, não realiza testes de conformidade normativa, mas tem papel essencial em:

- Orientar tecnicamente a montagem do quadro (considerando os requisitos de visibilidade, enquadramento e cobertura de câmeras);
- Realizar estudos de câmeras, posicionamento e orientação óptica;
- Ajustar os algoritmos com base nas imagens captadas, garantindo que os dados estejam de acordo com os modelos desenvolvidos.

Como a coleta de dados reais depende diretamente da finalização da base metálica e do ambiente de testes físicos, é necessário garantir que os modelos de IA desenvolvidos na Fase 1 recebam dados representativos e consistentes para sua calibração e ajustes.

Este plano de trabalho contempla exclusivamente as atividades sob responsabilidade do CETELI/UFAM, conforme sua competência técnico-científica no projeto.

Embora a execução das atividades aqui previstas não configure um projeto conjunto com outras instituições, algumas etapas do CETELI/UFAM dependem de entregas complementares realizadas por parceiros, como a montagem de infraestrutura física e a disponibilização de dados captados em campo. Essas dependências são consideradas para garantir o alinhamento técnico necessário ao bom andamento do projeto.

16.1 Plano de Ação

Nesta seção, descreve-se o plano de ação adotado com as respectivas descrições das atividades, justificativas e datas de início e fim. Este plano de ação reflete um detalhamento do cronograma de execução do projeto. A execução do projeto será realizada conforme descrito a seguir:

Nome da atividade 1:	Gestão do projeto e orientação técnica		
Data de início:	M1	Data de fim:	M21
Descrição da atividade: • Coordenação das entregas técnicas da UFAM; • Planejamento detalhado das fases do projeto, com alinhamento contínuo com FPF e TPV; • Acompanhamento do cronograma técnico e realização de reuniões semanais de alinhamento; • Apoio técnico à definição da arquitetura inicial dos sensores e câmeras; • Suporte à integração das soluções IA com os módulos desenvolvidos pela FPF. Justificativa: Esta atividade garante o alinhamento entre todas as instituições envolvidas e permite que as entregas técnicas ocorram conforme os marcos planejados. A presença contínua da equipe da UFAM na gestão assegura que os desenvolvimentos estejam aderentes aos objetivos científicos do projeto.			
Nome da atividade 2:	Investigação do Problema, Levantamento de Soluções e Provas de Conceito (Fase 1)		
Data de início:	M1	Data de fim:	M2
Descrição da atividade: • Apoio técnico à FPF na definição da arquitetura de sensores e sistema de aquisição de dados; • Planejamento de infraestrutura de testes e apoio à montagem da base metálica; • Identificação de cenários e requisitos de aquisição de dados reais e sintéticos; • Provas de conceito com modelos iniciais de rastreamento e estimação de profundidade utilizando bases como KITTI, BDD100K e Cityscapes. Justificativa: Essa etapa é essencial para alinhar a base técnica do projeto com as normas automotivas e estabelecer as condições iniciais para o desenvolvimento dos algoritmos de IA. A definição precisa da arquitetura e das ferramentas de captura influencia diretamente a qualidade dos modelos treinados.			

Nome da atividade 3:	3) Desenvolvimento da Solução e Testes Unitários e Sistêmicos (Fase 1)		
Data de início:	M1	Data de fim:	M12
Descrição da atividade: • Implementação e ajustes dos algoritmos dos módulos BSIS (M1–M9) e MOIS (M4–M12); • Apoio à FPF na integração dos módulos gerais com filtros tradicionais (Kalman, BEV); • Participação em testes internos com IA, com coleta de métricas (FPS, latência, consumo); • Desenvolvimento incremental com validação contínua nos módulos de detecção e rastreamento. Justificativa: A fase de desenvolvimento e testes é crucial para validar a funcionalidade dos modelos em ambiente computacional controlado e simulado. Permite também avaliar a compatibilidade com os requisitos das normas automotivas e preparar as versões para posterior otimização e embarque.			
Nome da atividade 4:	4) Validação Técnica dos Algoritmos (Fase 1)		
Data de início:	M12	Data de fim:	M14
Descrição da atividade: • Avaliação das versões finais dos módulos BSIS e MOIS com base em testes em ambiente simulado e vídeos reais; • Apoio técnico à FPF na realização de testes internos de pré-certificação; • Entrega dos marcos BSIS (M9), MOIS (M12) e Validação Fase 1 (M14), com documentação técnica dos modelos IA. Justificativa: A entrega dos algoritmos finalizados da Fase 1 é necessária para dar continuidade à integração e validação embarcada. A UFAM garante que os modelos estão prontos para a transição à próxima fase com testes de robustez, desempenho e documentação completa.			
Nome da atividade 5:	5) Desenvolvimento da Solução e Testes de Algoritmos Otimizados (Fase 2)		
Data de início:	M12	Data de fim:	M20
Descrição da Atividade: 1. Aprimoramentos Fase 2 ○ Liderança da UFAM na refatoração dos modelos de IA com foco em cenários mais complexos. ○ Implementação de melhorias envolvendo rastreamento robusto, fusão de sensores e compressão/quantização. ○ Inclusão de novas classes de elementos detectáveis, como animais e estruturas públicas, com foco em ambientes urbanos diversos. 2. Testes e Validação Interna (Fase 2) ○ Condução de testes embarcados com os modelos otimizados.			

- Avaliação de desempenho (FPS, uso de memória, latência) com foco em ambientes reais.
- Proposição de ajustes para melhoria contínua a partir dos dados coletados durante os testes internos.

Justificativa:

A atividade é essencial para a maturação dos algoritmos, focando na robustez e aplicabilidade prática dos modelos em condições mais adversas e variadas. Garante que os sistemas MOIS e BSIS consigam lidar com novos desafios operacionais e se adequem aos requisitos de ambientes reais antes dos testes finais de certificação.

Nome da atividade 6: Validação Técnica Final dos Algoritmos (Fase 2)

Data de início: M21

Data de fim: M21

Descrição da Atividade:

1. Testes Internos de Pré-Certificação (Fase 2) (ID 8)

- Suporte técnico da UFAM à FPF nos testes de robustez dos algoritmos finais.
- Condução de simulações em cenários adversos (chuva, neblina, entardecer).
- Documentação das respostas dos modelos e parâmetros operacionais.

2. Marco 04 - Testes de Pré-Certificação (Fase 2) (ID 11)

- Entrega das versões finais dos modelos otimizados.
- Apoio técnico na preparação da documentação de homologação e suporte à certificação embarcada.

Justificativa:

Esta etapa consolida os esforços de desenvolvimento, validando tecnicamente os modelos em condições similares às de uso final. É um pré-requisito para garantir a conformidade técnica e a confiabilidade dos sistemas em aplicações embarcadas críticas no setor automotivo.

16.2 Equipe x Atividades

Nesta seção, apresenta-se a relação entre as atividades do projeto e a equipe envolvida. Ao todo, o projeto possui 4 atividades e uma equipe formada segundo descrição na Seção 15, ou seja, nesta seção informa-se em quais atividades, de 1 a 4, cada integrante do projeto atuará (veja a Tabela 4).

Tabela 4: Estratégia do projeto.

Função / Integrante	Atividades	Justificativa
Coordenador (Prof. Doutor – Pesquisador Sênior em IA)	1–11	Liderança técnica e científica na área de IA; definição da estratégia metodológica e supervisão do desenvolvimento dos algoritmos de detecção, rastreamento e profundidade.
Vice-Coordenador (Prof. Doutor – Pesquisador Sênior em Sistemas Embarcados)	1-3; 6-8; 10-11	Liderança técnica em arquitetura embarcada e definição de requisitos computacionais; responsável pela integração dos algoritmos em dispositivos com restrições de hardware.
Pesquisador(a) de Pós-Graduação A e bolsista de graduação A (Especialista em ML)	2-6; 8-10	Desenvolvimento, experimentação e avaliação técnica de algoritmos de IA; realização de testes de performance computacional e contribuição científica.

Pesquisador(a) de Pós-Graduação B e bolsista de graduação B (Especialista em ML)	2-6; 8-10	Implementação e otimização de modelos de redes neurais; execução de inferência em ambiente simulado e embarcado, com foco em eficiência e robustez computacional.
Pesquisador(a) em ML / Visão Computacional / OpenCV	3-6; 8-10	Apoio no processamento de imagens e vídeos; implementação de algoritmos de rastreamento e detecção visual; realização de testes com dados públicos e reais fornecidos.
Pesquisador(a) de Sistemas Embarcados / Firmware	2-4; 7; 9-10	Desenvolvimento de firmware, integração de sensores, compactação e otimização de modelos; suporte à execução eficiente dos algoritmos embarcados.
Engenheiro(a) de Testes (QA)	5-6; 9-11	Planejamento e execução de testes técnicos de desempenho, responsividade e robustez dos algoritmos em diferentes cenários computacionais e embarcados.
PO / Scrum Master	1-11	Organização e acompanhamento das tarefas via metodologias ágeis; controle do progresso técnico e alinhamento com os parceiros do projeto.
Assistente Administrativo (1)	1-2	Apoio logístico ao projeto, organização de reuniões, atas e documentos operacionais.
Assistente Administrativo (2)	1-2	Controle orçamentário, suporte à prestação de contas e gestão financeira do projeto.

16.3 Estratégia de Pesquisa e Desenvolvimento

O projeto possui vários desafios tecnológicos e grande quantidade de atividades para execução. Devido a isto, apresenta-se a seguinte estratégia em relação aos recursos disponíveis para o projeto, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Estratégia de pesquisa e desenvolvimento.

Tipo	Descrição
RH	- 01 professor doutor coordenador/pesquisador sênior (Waldir Sabino da Silva Júnior), com mais de 12 anos de experiência em IA e sistemas automotivos (Participação Parcial - 5h/semana); - 01 professor doutor vice-coordenador/pesquisador sênior (Celso Barbosa Carvalho), com mais de 12 anos de experiência em sistemas embarcados e IA (Participação Parcial - 5h/semana); - 01 Pesquisador(a) A com formação em Eng. Elétrica, Computação ou afins, com experiência mínima de 1 ano, para atuar em Visão Computacional e ML com OpenCV (30h/semana); - 01 Pesquisador/Desenvolvedor B com formação em Eng. Elétrica, Computação ou afins, com experiência mínima de 1 ano, para atuar em sistemas embarcados e firmware (30h/semana); - 01 Pesquisador C com formação em Eng. Elétrica, Computação ou afins, com experiência mínima de 1 ano, para atuar em engenharia de testes e QA de sistemas embarcados e IA (30h/semana); - 01 Pesquisador D com formação em Eng. Elétrica, Computação ou afins, com experiência mínima de 1 ano, com atuação como PO/Scrum Master (30h/semana); - 02 bolsistas de pós-graduação (mestrandos em áreas correlatas), com experiência em ML, para apoio nas atividades de desenvolvimento, avaliação de modelos, e publicação de artigos (20h/semana cada); - 02 profissionais da área administrativa, com formação em administração, contabilidade ou engenharia, para suporte técnico, controle orçamentário, gestão de compras e apoio logístico (15h/semana cada).

Sistemas	- Serão utilizadas ferramentas de software livre e de acesso aberto (ex.: Python, TensorFlow, PyTorch, OpenCV, CVAT, Labelling, Git) para o desenvolvimento e gerenciamento do projeto. O versionamento será feito com Git, e o controle de sprints será apoiado por ferramentas como Taiga e Discord.
Máquinas	• Infraestrutura computacional com acesso a GPUs de alta performance para treinamento de redes neurais. • Hardware embarcado alvo, como NXP i.MX 8M Plus ou ou Sunplus SHE6702. • Notebooks de desenvolvimento para pesquisadores e bolsistas. • Kits com câmeras automotivas e sensores embarcados (ex.: Sony ISX016). • Equipamentos para teste em ambiente controlado, incluindo iluminação artificial, barreiras físicas e objetos simuladores de UVs.
Processos de desenvolvimento	A equipe do CETELI/UFAM adota um processo baseado na metodologia ágil com Scrum e práticas adaptadas ao contexto de pesquisa, conforme descrito: - Planejamento de Sprints: reuniões semanais ou quinzenais para definição de tarefas e metas; - Daily Scrums: encontros diários para atualização do progresso e discussão de impedimentos; - Sprint Reviews e Retrospectives: reuniões de fechamento para avaliação de entregas e melhorias no processo; - Gerenciamento de backlog: realizado por PO (Pesquisador D), com definição e priorização de atividades em conjunto com coordenadores e empresa parceira; - Relatórios técnicos e científicos ao final de cada sprint, registrando progresso, métricas de desempenho e eventuais ajustes; - O processo será compatibilizado com as exigências da empresa e os marcos regulatórios automotivos (UN ECE R151/R159, ISO 26262 – ASIL B).

16.4 Resultados Esperados e Entregáveis

Nesta seção, de forma objetiva, descreve-se os resultados esperados do projeto e os entregáveis, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Entregáveis do projeto.

Milestone	Entregáveis	Data	Responsável
1	Relatório de Planejamento e Estrutura Inicial Definição da arquitetura de software/hardware para rastreamento, profundidade e detecção; Organização da base inicial de dados (incluindo vídeos públicos e estudo de cenários); Orientações à FPF sobre montagem da estrutura de testes.	M2	CETELI/UFAM
2A	1ª versão dos módulos MOIS e BSIS Funcionalidades básicas de detecção, rastreamento e estimação de profundidade; testes em ambiente computacional controlado com dados sintéticos.	M9	CETELI/UFAM
2B	2ª versão dos módulos MOIS e BSIS Modelos ajustados com base em dados públicos e amostras reais dos parceiros; integração inicial com estrutura física do sistema.	M12	CETELI/UFAM
3	Relatório técnico de avaliação e refinamento dos modelos básicos Análise de tempo de execução, consumo de memória e responsividade; ajustes com dados reais e benchmarks públicos.	M12	CETELI/UFAM
4	Relatório de preparação técnica para testes externos Documentação de algoritmos otimizados; orientações para testes com dados reais coletados pelos parceiros.	M14	CETELI/UFAM

5	Relatório de desenvolvimento dos módulos IA avançados Modelos com fusão sensorial, rastreamento refinado e tratamento de oclusões; testes em ambiente simulado.	M17	CETELI/UFAM
6	Relatório de testes em cenários realistas Avaliação com dados reais de tráfego; métricas de FPS, uso de CPU/GPU, estabilidade e consumo de memória.	M20	CETELI/UFAM
7	Relatório de testes finais embarcados Validação de robustez em condições adversas; resposta a entradas fora do padrão e ajustes finais para estabilidade.	M21	CETELI/UFAM
8	Relatório de validação final e encerramento técnico Entrega final dos algoritmos, documentação técnica e apoio à integração com sistemas da FPF/TPV; suporte aos testes de campo.	M21	CETELI/UFAM

● Resultados esperados

A seguir, os principais resultados esperados após a execução do projeto:

- Modelos de redes neurais desenvolvidos, treinados e ajustados para rastreamento de objetos, estimação de profundidade e fusão sensorial, aplicados aos sistemas de assistência veicular MOIS e BSIS, com base em dados públicos e dados reais fornecidos por parceiros;
- Desempenho dos modelos avaliado por meio de testes computacionais, com foco em tempo de execução, uso de memória, robustez e responsividade dos algoritmos, incluindo ajustes iterativos com dados provenientes de bases públicas e de cenários captados em ambientes controlados;
- Documentação técnica completa dos algoritmos desenvolvidos, contendo os resultados dos testes de desempenho, orientações para integração e apoio técnico às fases subsequentes de validação conduzidas pelos parceiros do projeto;
- Publicação de artigo(s) científico(s) com os resultados obtidos no desenvolvimento e avaliação dos modelos de inteligência artificial para aplicações automotivas;
- Capacitação técnica de profissionais e estudantes nas áreas de redes neurais aplicadas, visão computacional e avaliação de desempenho de algoritmos embarcados em sistemas inteligentes.

16.5 Indicadores de Resultado

Nesta seção, apresenta-se os indicadores de resultado do projeto e os tipos específicos onde os mesmos podem ser enquadrados.

Tabela 7 – Resultados e entregáveis do projeto.

#	Indicador de Resultado
1	01 relatório técnico contendo o planejamento inicial, com definição da arquitetura de software e hardware e estudo da infraestrutura necessária para testes computacionais e apoio técnico à FPF
2	01 conjunto de modelos e códigos (1ª versão) dos módulos MOIS e BSIS, com funcionalidades básicas e validações técnicas preliminares realizadas com dados públicos em ambiente simulado
3	01 conjunto de modelos e códigos (2ª versão) dos módulos MOIS e BSIS, ajustados com base em testes computacionais e amostras de dados reais, prontos para integração com dados de parceiros

4	01 relatório técnico com análise de desempenho dos modelos básicos, contendo dados de rastreamento e profundidade, ajustes iterativos e análise de métricas computacionais
5	01 relatório técnico de preparação para testes externos, com documentação das versões otimizadas dos algoritmos desenvolvidos e orientações para uso com dados reais captados pela FPF
6	01 relatório técnico com aprimoramentos de rastreamento e fusão sensorial dos módulos IA avançados, com foco em cenários adicionais e oclusões
7	01 relatório técnico com avaliação final dos algoritmos em ambiente computacional e embarcado, com testes em cenários realistas, desempenho (FPS, CPU/GPU)
8	01 relatório técnico, com documentação dos modelos finais, suporte à integração e validação técnica dos algoritmos no contexto automotivo
9	Pelo menos 02 publicações científicas submetidas com base nos modelos desenvolvidos, desempenho e aderência normativa dos sistemas MOIS e BSIS
11	01 conjunto de códigos-fonte finais dos modelos IA (MOIS, BSIS e módulos avançados), com documentação e estrutura para integração embarcada e pipelines externos

Indicadores de Resultados		Patente depositadas
	x	Protótipo com inovação científica ou tecnológica
	X	Produto com inovação científica ou tecnológica
	X	Publicação científica e tecnológica
		Conservação dos ecossistemas
		Concessão de Co-titularidade ou de participação
	X	Processo com inovação Científica ou Tecnológica
	X	Programa de computador com a inovação científica ou tecnológica
	X	Profissionais formados ou capacitados
	X	Outros indicadores (ex: algoritmo validado conforme normas automotivas)

17. Recursos Necessários ao Desenvolvimento do Projeto

O valor total previsto para a execução do projeto, é de **R\$ 3.187.000,00 (três milhões cento e oitenta e sete mil reais)**, conforme orçamento descrito a seguir. O pagamento será realizado conforme o cronograma de desembolso financeiro.

DESPESAS DO PROJETO	VALOR (R\$)	%
I - programas de computador, máquinas, equipamentos, aparelhos e instrumentos, seus acessórios, sobressalentes e ferramentas, e serviços de instalação dessas máquinas e equipamentos utilizados na execução do projeto;	R\$ 476.750,00	14,96%
II - aquisição, implantação, ampliação ou modernização de infraestrutura física e de laboratórios de pesquisa, desenvolvimento e inovação e de ICTs;	R\$ 25.400,00	0,80%
III - RH diretos envolvidos na execução do projeto	R\$ 1.558.200,00	48,89%
III - RH indiretos envolvidos na execução do projeto	R\$ 239.400,00	7,51%
IV - Serviços Técnicos de Terceiros;	R\$ 25.000,00	0,78%
V - Mat. Consumo	R\$ 0,00	0,00%
Total Dispendios (I a V)	R\$ 2.324.750,00	72,94%
VI - Outros dispendios correlatos às atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação.	R\$ 224.850,00	7,06%
<i>Livros e Periodicos</i>	R\$ 0,00	0,00%
<i>Treinamentos</i>	R\$ 0,00	0,00%
<i>Viagens</i>	R\$ 65.500,00	2,06%
<i>ISS</i>	R\$ 159.350,00	5,00%
<i>Outros(Aluguel, Internet, Telefonia, Impostos Etc.)</i>	R\$ 0,00	0,00%
Total Dispendios (I a VI)	R\$ 2.549.600,00	80,00%
DOA (Despesas operacionais e Administrativas)	R\$ 637.400,00	20,00%
Constituição de Reserva	R\$ 0,00	0,00%
Total	R\$ 3.187.000,00	100%

I - Programas de computador, máquinas, equipamentos, aparelhos e instrumentos, seus acessórios, sobressalentes e ferramentas, e serviços de instalação dessas máquinas e equipamentos utilizados na execução do projeto

Nome do Produto/Serviço	Em que atividade será utilizado?	Descrição do produto/serviço (O que é o produto/serviço? Para que serve?)	Justificativa (Porque o projeto precisa do produto/serviço? Qual o uso do produto/serviço no projeto?)	Se houver mais de um, explicar porque precisa mais de um.	Tipo	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Notebook	Conforme plano de trabalho, nas atividades 2, 3, 4 do projeto.	Equipamento com a seguinte configuração: (i9, placa de vídeo NVIDIA RTX4060 ou superior, monitor full HD ou superior, HD-SSD 1TB, memória 32GB). Utilizado para no desenvolvimento apropriado para pesquisa e desenvolvimentos dos algoritmos.	Utilizados em desenvolvimento de software do projeto, tanto software para treinamento e execução de modelos de aprendizado de máquina quando para algoritmos de pré-processamento de sinais e, eventualmente, os notebooks serão utilizados para coleta de dados.	A aquisição dos 7 equipamentos é necessária para equipar 7 novos RHs que irão participar do projeto.	Unid.	7	R\$ 13.900,00	R\$ 97.300,00
Monitor	Conforme plano de trabalho, nas atividades 2, 3, 4 do projeto.	Monitor de alta qualidade QHD ou UHD, 27", Taxa de atualização maior que 120Hz., a ser utilizado como segunda tela para tornar mais eficiente o processo de codificação. Oferece uma tela ampla com excelente resolução, garantindo imagens nítidas e detalhadas, ideal para multitarefas e visualização de conteúdos técnicos. Possui design ergonômico, com ajustes de altura, inclinação e rotação, proporcionando conforto durante o uso prolongado.	Utilizados em desenvolvimento de software do projeto, tanto software para treinamento e execução de modelos de aprendizado de máquina quando para algoritmos de pré-processamento de sinais e, eventualmente, os notebooks serão utilizados para coleta de dados.	A aquisição dos 7 equipamentos é necessária para equipar 7 novos RHs que irão participar do projeto.	Unid.	7	R\$ 1.350,00	R\$ 9.450,00
NVIDIA H100 80GB PCIe com instalação	Conforme plano de trabalho, nas atividades 2, 3, 4 do projeto.	Consiste em um hardware para servidor adequado para pesquisa e desenvolvimento. O produto servirá especificamente para o projeto e execução dos modelos e algoritmos utilizados no projeto.	Neste projeto, diversos algoritmos, com certa complexidade para treino e/ou execução, serão pesquisados e desenvolvidos. Desde alguns modelos de aprendizado de máquina até técnicas de pré-processamento dos sinais utilizados. A grande maioria destes algoritmos fazem parte da área de inteligência artificial e processamento de sinais. Dessa forma, é crítico utilizarmos recurso de hardware adequado para tal. Assim, torna-se necessário a aquisição deste produto, que no caso trata-se de um hardware para servidor de médio desempenho.	-	Unid.	1	R\$ 280.000,00	R\$ 280.000,00
kit microcontroladores e plataformas de hardware	Conforme plano de trabalho, nas atividades 2, 3, 4 do projeto.	Consiste em um kit de pesquisa e desenvolvimento, formado por diversas partes (p.ex. microcontroladores, cabos, bateria) que serve principalmente para testes nas plataformas embarcadas e aquisição dos sinais utilizados no projeto.	Kit de desenvolvimento composto de sensores, dispositivos eletrônicos e microcontroladores a serem utilizados para coletar dados e para realizar testes nos algoritmos desenvolvidos nas plataformas embarcadas.	-	Unid.	1	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00

kit processamento de imagens	Conforme plano de trabalho, nas atividades 2, 3, 4 do projeto.	Consiste em um kit de pesquisa e desenvolvimento, formado por diversas partes (p.ex. câmeras, painel) que serve principalmente para testes envolvendo captura e processamento de imagens e vídeos utilizados no projeto.	Kit de desenvolvimento composto de câmeras, placas controladoras, painel LCD e dispositivos eletrônicos a serem utilizados para coletar dados e para realizar testes nos algoritmos desenvolvidos nas plataformas embarcadas.	-	Unid.	1	R\$ 45.000,00	R\$ 45.000,00
TOTAL								R\$ 476.750,00

II – Aquisição, implantação, ampliação ou modernização de infraestrutura física e de laboratórios de pesquisa, desenvolvimento e inovação e de ICTs

Nome do Produto/Serviço	Em que atividade será utilizado?	Descrição do produto/serviço (O que é o produto/serviço? Para que serve?)	Justificativa (Porque o projeto precisa do produto/serviço? Qual o uso do produto/serviço no projeto?)	Se houver mais de um, explicar porque precisa mais de um.	Tipo	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Modernização de infraestrutura	Conforme plano de trabalho, nas atividades 2, 3, 4 do projeto.	Pintura, climatização de ambiente, adequação das bancadas, reparo no sistema de acesso biométrico.	A sala do projeto necessitará de algumas modificações para melhor comportar os integrantes e equipamentos do projeto. Será necessária uma pintura na sala, adequação de bancadas, adequação no sistema biométrico e reformas no sistema de climatização da sala. São modernizações relativamente simples e com baixo custo.	-	Unid.	1	R\$ 25.400,00	R\$ 25.400,00
TOTAL								R\$ 25.400,00

III - RH Diretos e Indiretos envolvidos na execução do projeto

Profissional	Salário Base/Mês	Encargos e Benefícios / Mês	Total Custo no Mês	Custo p/ Hora	Total hs no Projeto	Custo Total
Coordenador Pesquisador Doutor Sênior	R\$ 7.500,00	R\$ 0,00	R\$ 7.500,00	R\$ 375,00	420	R\$ 157.500,00
Vice coordenador Pesquisador Doutor Sênior	R\$ 7.500,00	R\$ 0,00	R\$ 7.500,00	R\$ 375,00	420	R\$ 157.500,00
Pesquisador A - Machile Learning / Visão Computacional / OpenCV	R\$ 11.500,00	R\$ 0,00	R\$ 11.500,00	R\$ 95,83	2.520	R\$ 241.500,00
Pesquisador/Desenvolvedor B - Sistemas Embarcados / Firmware	R\$ 11.500,00	R\$ 0,00	R\$ 11.500,00	R\$ 95,83	2.520	R\$ 241.500,00
Pesquisador C - Engenheiro(a) de Testes (QA)	R\$ 8.500,00	R\$ 0,00	R\$ 8.500,00	R\$ 70,83	2.520	R\$ 178.500,00
Pesquisador D - (PO/Scrum Master)	R\$ 11.500,00	R\$ 0,00	R\$ 11.500,00	R\$ 95,83	2.520	R\$ 241.500,00

Bolsista pós-graduação pós-doutorado	R\$ 6.800,00	R\$ 0,00	R\$ 6.800,00	R\$ 85,00	1.680	R\$ 142.800,00
Bolsista pós-graduação mestrado/doutorado	R\$ 4.600,00	R\$ 0,00	R\$ 4.600,00	R\$ 57,50	1.680	R\$ 96.600,00
Bolsista de graduação	R\$ 2.400,00	R\$ 0,00	R\$ 2.400,00	R\$ 30,00	1.680	R\$ 50.400,00
Bolsista de graduação	R\$ 2.400,00	R\$ 0,00	R\$ 2.400,00	R\$ 30,00	1.680	R\$ 50.400,00
TOTAL RH DIRETO						R\$ 1.558.200,00

Profissional	Salário Base/Mês	Encargos e Benefícios / Mês	Total Custo no Mês	Custo p/ Hora	Total hs no Projeto	Custo Total
Analista administrativo A	R\$ 4.500,00	R\$ 0,00	R\$ 4.500,00	R\$ 75,00	1.260	R\$ 94.500,00
Analista administrativo B	R\$ 6.900,00	R\$ 0,00	R\$ 6.900,00	R\$ 115,00	1.260	R\$ 144.900,00
TOTAL RH INDIRETO						R\$ 239.400,00

IV – Serviços Técnicos de Terceiros

Nome do serviço	Em que atividade será utilizado?	Descrição do serviço (O que é o serviço? Para que serve?)	Justificativa (Porque o projeto precisa do serviço? Qual o uso do serviço no projeto?)	Se houver mais de um, explicar porque precisa mais de um.	Tipo	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Serviço de transporte para aquisição de imagens - caminhão e ônibus - Empresa de transporte ou mudança.	Conforme plano de trabalho, nas atividades 2, 3, 4 do projeto.	Serão realizadas manobras em caminhões e ônibus para que sejam coletados os vídeos em cenários reais de aquisição.	Será utilizado no projeto para aquisição de imagens para um correto treinamento dos modelos de aprendizado de máquina.	-	Unid.	1	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
Serviço de mecânica para instalação das câmeras.	Conforme plano de trabalho, nas atividades 2, 3, 4 do projeto.	Construção de suporte removível para os caminhões e ônibus para aquisição de imagens.	Será utilizado no projeto para aquisição de imagens para um correto treinamento dos modelos de aprendizado de máquina.	-	Unid.	1	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
TOTAL								R\$ 25.000,00

VI – Viagens

Descrição	Justificativa	Tipo	Qtde	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
-----------	---------------	------	------	----------------------	-------------------

Página 40 de 48

Esta página é parte integrante do Plano de Trabalho anexo ao Xº Convênio de Cooperação Científica e Tecnológica celebrado entre Envision, FUA/CETELI/UFAM, e Fundação de Apoio Institucional, - Projeto “Sistema de Monitoramento de Pontos Cegos de Veículos Automotivos – The Beholder”. Proponente: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Eletrônica e da Informação (CETELI) do CETELI/UFAM.

Passagens internacional A	Passagem aérea internacional Ida-Volta, ICCE Taiwan, para professores e bolsistas do projeto apresentarem artigos em conferência. Justificativa: apresentação de artigos em conferência.	Und	1	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
Passagens internacional B	Passagem aérea internacional Ida-Volta, ICCE Las Vegas, para professores e bolsistas do projeto apresentarem artigos em conferência. Justificativa: apresentação de artigos em conferência.	Und	2	R\$ 10.000,00	R\$ 20.000,00
diárias	Diárias para pagamento, hospedagem, alimentação e transporte de professores e bolsistas do projeto. Justificativa: apresentação de artigos em conferência.	Und	15	R\$ 1.700,00	R\$ 25.500,00
TOTAL					R\$ 65.500,00

VI - Outros Dispendios

Descrição	Justificativa	Tipo	Qtde	Custo Unitário R\$	Custo Total R\$
Imposto sobre serviço 5%	Imposto obrigatório de acordo com a Lei Municipal nº.2251 de 02/10/2017	Und	1	R\$ 159.350,00	R\$ 159.350,00
TOTAL RH INDIRETO					R\$ 159.350,00

17.1 DOA e Constituição de Reserva

O presente Plano de Trabalho é celebrado nos termos do inciso VI do §4º do Art. 2º da Lei nº 8.387/1991 fazendo jus a apropriação de até 20% (vinte por cento) do total financeiro do projeto para fins de cobertura de despesas operacionais e administrativas incorridas na execução do convênio e para a constituição de reserva a ser utilizada em pesquisa, desenvolvimento e inovação no CETELI/UFAM.

Neste montante, o CETELI/UFAM informará a sua composição nos relatórios, identificando o percentual destinado a formação de reserva para atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação e o percentual destinado para despesas operacionais e administrativas incorridas na execução do convênio.

O valor das despesas operacionais e constituição de reserva previstas é de até **R\$ 637.400,00 (seiscentos e trinta e sete mil e quatrocentos reais)**, que representa o montante de até 20% do projeto.

Deste montante o valor de **R\$ 318.700,00 (trezentos e dezoito mil e setecentos reais)** será destinado a Fundação de Apoio que atuará como interveniente no projeto, sendo responsável gestão financeira, além das obrigações serão explicitadas em convenio a ser celebrado entre FUA, EMPRESA e a Fundação de Apoio. Em sua proposta a fundação deve especificar os valores gastos por hora por cada setor

implicado no projeto, bem como os custos unitários dos insumos gastos, tais como energia, telefone e outros.

Descrição	Justificativa	Custo Unitário R\$	Custo Total R\$
Despesas Operacionais e Administrativas	Recurso para gestão financeira e Administrativa do Projeto	R\$ 318.700,00	R\$ 318.700,00
Constituição de Reserva	constituição de reserva a ser utilizada na aplicação na pesquisa, desenvolvimento e inovação	R\$ 318.700,00	R\$ 318.700,00
TOTAL			R\$ 637.400,00

17.2 Retorno de investimento (ROI)

Alguns aspectos evidenciam o potencial retorno de investimento para a TPV/Envision com a execução deste projeto. A proposta está centrada no desenvolvimento de tecnologias embarcadas de assistência à condução, como os módulos MOIS (Monitoramento de Pontos Cegos) e BSIS (Sistema de Informação de Lateral de Bicicletas), utilizando algoritmos de inteligência artificial embarcados.

O avanço dessas soluções possibilita à empresa acessar mercados exigentes, como o setor automotivo e o de displays embarcados, além de aumentar o valor agregado de produtos como monitores, painéis e sistemas de infotainment desenvolvidos pela TPV. Com a incorporação de sistemas inteligentes validados tecnicamente conforme normas internacionais (UN ECE R151/R159 e ISO 26262), a TPV poderá licenciar as tecnologias, diferenciar seus produtos em feiras globais e entrar em parcerias com montadoras ou integradoras de sistemas automotivos.

Adicionalmente, o domínio dos modelos de IA desenvolvidos neste projeto poderá reduzir custos de aquisição de soluções externas e aumentar a autonomia da empresa em P&D de sistemas embarcados inteligentes, posicionando a TPV como player inovador no ecossistema de segurança veicular e eletrônicos avançados.

17.3 Fluxo de Caixa e Cronograma de Desembolso Financeiro

O plano de desembolso de pagamento está detalhado na tabela abaixo, e será realizado através de depósito em conta, agência e Banco. A conta, agência e Banco serão informadas posteriormente. O plano de desembolso está associado as entregas.

DESPESAS DO PROJETO	VALOR (R\$)	%	Mês-1	Mês-2	Mês-3	Mês-4	Mês-5	Mês-6	Mês-7	Mês-8	Mês-9	Mês-10	Mês-11	Mês-12
I - programas de computador, máquinas, equipamentos, aparelhos e instrumentos, seus acessórios, sobressalentes e ferramentas, e serviços de instalação dessas máquinas e equipamentos utilizados na execução do projeto;	R\$ 476.750,00	14,96%	R\$ 476.750,00											
II - aquisição, implantação, ampliação ou modernização de infraestrutura física e de laboratórios de pesquisa, desenvolvimento e inovação e de ICTs;	R\$ 25.400,00	0,80%	R\$ 25.400,00											
III - RH diretos envolvidos na execução do projeto	R\$ 1.558.200,00	48,89%	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00
III - RH indiretos envolvidos na execução do projeto	R\$ 239.400,00	7,51%	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00
IV - Serviços Técnicos de Terceiros;	R\$ 25.000,00	0,78%	R\$ 25.000,00											
V - Mat. Consumo	R\$ 0,00	0,00%												
Total Dispendios (I a V)	R\$ 2.324.750,00	72,94%	R\$ 612.750,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00
VI - Outros dispêndios correlatos às atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação.	R\$ 224.850,00	7,06%	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 65.500,00
<i>Livros e Periódicos</i>	R\$ 0,00	0,00%												
<i>Treinamentos</i>	R\$ 0,00	0,00%												
<i>Viagens</i>	R\$ 65.500,00	2,06%												R\$ 65.500,00
<i>ISS</i>	R\$ 159.350,00	5,00%	R\$ 40.850,00	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 10.073,33
<i>Outros (Aluguel, Internet, Telefonia, Impostos Etc)</i>	R\$ 0,00	0,00%												
Total Dispendios (I a VI)	R\$ 2.549.600,00	80,00%	R\$ 612.750,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 151.100,00
DOA (Despesas operacionais e Administrativas)*	R\$ 637.400,00	20,00%	R\$ 163.400,00	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 40.293,33
Constituição de Reserva*	R\$ 0,00	0,00%	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Total	R\$ 3.187.000,00	100%	R\$ 817.000,00	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 201.466,67

Mês-13	Mês-14	Mês-15	Mês-16	Mês-17	Mês-18	Mês-19	Mês-20	Mês-21	Mês-()	Total Distribuição Mensal	Check Mensal x Total
										R\$ 476.750,00	R\$ 0,00
										R\$ 25.400,00	R\$ 0,00
R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00	R\$ 74.200,00		R\$ 1.558.200,00	R\$ 0,00
R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00	R\$ 11.400,00		R\$ 239.400,00	R\$ 0,00
										R\$ 25.000,00	R\$ 0,00
										R\$ 0,00	R\$ 0,00
R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 0,00	R\$ 2.324.750,00	R\$ 0,00
R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 65.500,00	-R\$ 159.350,00
										R\$ 0,00	R\$ 0,00
										R\$ 0,00	R\$ 0,00
										R\$ 65.500,00	R\$ 0,00
R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 5.706,67	R\$ 0,00	R\$ 159.350,00	R\$ 0,00
										R\$ 0,00	R\$ 0,00
R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 85.600,00	R\$ 0,00	R\$ 2.390.250,00	-R\$ 159.350,00
R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 22.826,67	R\$ 0,00	R\$ 637.400,00	R\$ 0,00
R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 114.133,33	R\$ 0,00	R\$ 3.187.000,00	R\$ 0,00

Tabela 10: Cronograma de Desembolso

DESPESAS DO PROJETO	Mês-1	Mês-2	Mês-3	Mês-4	Mês-5	Mês-6	Mês-7	Mês-8	Mês-9	Mês-10	Mês-11	Mês-12
Despesa Mensal	776.666,67	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	201.466,67
Aporte	1.434.150,0					669.270,00				334.635,00		509.920,00
Saldo	617.150,00	503.016,67	388.883,33	274.750,00	160.616,67	715.753,33	601.620,00	487.486,67	373.353,33	593.855,00	479.721,67	788.175,00

DESPESAS DO PROJETO	Mês-13	Mês-14	Mês-15	Mês-16	Mês-17	Mês-18	Mês-19	Mês-20	Mês-21
Despesa Mensal	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33	114.133,33
Aporte									239.025,00
Saldo	674.041,67	559.908,33	445.775,00	331.641,67	217.508,33	103.375,00	-10.758,33	-124.891,67	0,00

Parcela	%	Entregas	Data Prev. da Entrega	Data Prev. de Pagamento	Valor (R\$)
1	45%	Início do projeto	M01	M01	1.434.150,00
2	21%	- Relatório contendo levantamento bibliográfico M5 - Relatório/Documento contendo metodologia de expansão sensorial M5	M05	M06	669.270,00
3	10,5%	- Relatório/documento contendo arquitetura de expansão sensorial M7 - Relatório/documento contendo arquitetura/metodologia de execução de testes automáticos M9	M09	M10	334.635,00
4	16%	- Modelos e códigos da máquina de expansão sensorial (1a versão) M11 - Relatório/documento contendo cenário e arquitetura de suite de testes M11	M11	M12	509.920,00
5	7,5%	- Relatório/documento contendo informações da infraestrutura de testes automáticos do sistema de expansão sensorial M18 - Relatório(s) e códigos de casos de teste M17 - Relatório(s) contendo resultados dos testes de funcionalidade, integração e sistêmicos M18 - Relatório(s) contendo resultados da integração do sistema (máquina de expansão sensorial, módulo em receptor de TV, aplicativo e sistema de testes) M18 - Relatório/documento contendo validação da máquina de expansão no sistema final M18 - Relatório/documento contendo técnicas/algoritmos de processamento conforme perfil dos usuários da comunidade surda M18 - Modelos e códigos da máquina de expansão sensorial (2a versão) M17	M18	M18	239.025,00
				Total	R\$ 3.187.000,00

Manaus, de de 2025.

Pela UFAM/FUA

Prof. Dr. Sylvio Mário Puga Ferreira

Presidente do seu Conselho Diretor o Reitor da Universidade Federal do Amazonas

Pela FUNDAÇÃO DE APOIO

Diretor(a)

Pela ENVISION INDÚSTRIA DE PRODUTOS ELETRÔNICOS LTDA.

Márcio Nadalin FerezEgydio
Diretor Geral Manaus

Ni Jen Chung
Diretor Financeiro

TESTEMUNHAS:

Nome: Aguinaldo da Silva
CPF: [REDACTED]

Nome: Rômulo de Souza Fabrício Junior
CPF: [REDACTED]

Nome: Marluce Abrantes Oliveira
CPF: [REDACTED]

Nome:
CPF:

1. Referências

BÚSSOLA. Câmeras inteligentes podem reduzir acidentes de trânsito e custos com gestão de frotas. *Exame*, 2023. Disponível em: <https://exame.com/bussola/cameras-inteligentes-podem-reduzir-acidentes-de-transito-e-custos-com-gestao-de-frotas/>. Acesso em: 19 mar. 2025.

Página 46 de 48

Esta página é parte integrante do Plano de Trabalho anexo ao Xº Convênio de Cooperação Científica e Tecnológica celebrado entre Envision, FUA/CETELI/UFAM, e Fundação de Apoio Institucional, - Projeto “Sistema de Monitoramento de Pontos Cegos de Veículos Automotivos – The Beholder”. Proponente: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Eletrônica e da Informação (CETELI) do CETELI/UFAM.

GHAHREMANNEZHAD, H.; SHI, H.; LIU, C. Real-Time Accident Detection in Traffic Surveillance Using Deep Learning. *arXiv preprint*, arXiv:2208.06461, 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2208.06461>. Acesso em: 19 mar. 2025.

MARTINS, R. Mortes no trânsito crescem 13,5% na última década. *Revista Pesquisa FAPESP*, 2023. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/mortes-no-transito-crescem-135-na-ultima-decada/>. Acesso em: 19 mar. 2025.

YANG, Lan et al. A systematic review of autonomous emergency braking system: impact factor, technology, and performance evaluation. **Journal of advanced transportation**, v. 2022, n. 1, p. 1188089, 2022.

AHANGARNEJAD, Arash Hosseinian; RADMEHR, Ahmad; AHMADIAN, Mehdi. A review of vehicle active safety control methods: From antilock brakes to semiautonomy. **Journal of Vibration and Control**, v. 27, n. 15-16, p. [REDACTED], 2021.

VIGNESH, R. Sathya et al. Iot assisted drunk and drive people identification to avoid accidents and ensure road safety measures. In: **2023 International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics (ACCAI)**. IEEE, 2023. p. 1-7.

MESIMÄKI, Johannes; LUOMA, Juha. Near accidents and collisions between pedestrians and cyclists. **European transport research review**, v. 13, n. 1, p. 38, 2021.

KLANJČIĆ, Marina et al. Identifying urban features for vulnerable road user safety in Europe. **EPJ data science**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2022.

PARVEZ, Md Shohel; MORIDPOUR, Sara. Application of smart technologies in safety of vulnerable road users: A review. **International Journal of Transportation Science and Technology**, 2024.

NEUMANN, Tomasz. Analysis of Advanced Driver-Assistance Systems for Safe and Comfortable Driving of Motor Vehicles. **Sensors**, v. 24, n. 19, p. 6223, 2024.

KÖNIG, Thomas et al. Influence of blind spot assistance systems in heavy commercial vehicles on accident reconstruction. **Sensors**, v. 24, n. 5, p. 1517, 2024.

BARAT, Anik; DAS, Sanhita. A systematic literature review of driver behaviour in blind spot: Assessing risk and influencing factors for enhanced ergonomics in vehicle design. **Ergonomics**, v. 67, n. 12, p. [REDACTED], 2024.

BARAKOTI, Sulochan. Enhancing driving safety using artificial intelligence technology. 2023.

FU, Yuchuan et al. A survey of driving safety with sensing, vehicular communications, and artificial intelligence-based collision avoidance. **IEEE transactions on intelligent transportation systems**, v. 23, n. 7, p. [REDACTED], 2021.

BALAMMAGARY, Sruthi. **Addressing It Failures in Autonomous Cars: Strategies for Complex Driving Situations**. 2024. Tese de Doutorado. University of the Cumberlands.

FU, Yuchuan et al. A survey of driving safety with sensing, vehicular communications, and artificial intelligence-based collision avoidance. **IEEE transactions on intelligent transportation systems**, v. 23, n. 7, p. [REDACTED], 2021.

ELASSY, Mohamed et al. Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. **Transportation Engineering**, p. 100252, 2024.

KOTSERUBA, Iuliia; TSOTSOS, John K. Attention for vision-based assistive and automated driving: A review of algorithms and datasets. **IEEE transactions on intelligent transportation systems**, v. 23, n. 11, p. 19907-19928, 2022.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. *Regulation No. 151 – Blind Spot Information Systems (BSIS)*. Genebra: UNECE, 2019. Disponível em: <https://unece.org/transport/vehicle-regulations-wp29/standards/addenda-1958-agreement-regulations-141-160>. Acesso em: 19 mar. 2025.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. *Regulation No. 159 – Moving Off Information Systems (MOIS)*. Genebra: UNECE, 2021. Disponível em: <https://unece.org/transport/vehicle-regulations-wp29/standards/addenda-1958-agreement-regulations-141-160>. Acesso em: 19 mar. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Relatório sobre a Situação Global da Segurança no Trânsito 2018*. Genebra: OMS, 2018. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>. Acesso em: 19 mar. 2025.

ANFAVEA. Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2023. São Paulo: ANFAVEA, 2023.

MARKETSANDMARKETS. Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Market – Global Forecast to 2028. 2023. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/driver-assistance-systems-market-1201.html>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SUFRAMA. Indicadores de desempenho do Polo Industrial de Manaus. Manaus: SUFRAMA, 2023. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/estatisticas/>. Acesso em: 20 mar. 2025.