**RELATÓRIO DO PROJETO**

**Plataforma de Manutenção Preditiva para Veículos Elétricos – ZERITH**

*(Utilizador: Crie esta secção diretamente no Word. Elementos comuns para uma capa incluem:)*

* *Nome da Instituição de Ensino*
* *Nome do Curso/Disciplina*
* *Título do Trabalho:* ***Projeto ZERITH – Plataforma de Manutenção Preditiva para Veículos Elétricos***
* *Nomes dos Integrantes do Grupo (conforme "Informações Trabalho (1).pdf", Grupo 1-3º: Italo, João Vitor Pereira, Jeferson, Otavio)*
* *Nome do Professor(a)*
* *Local (Cidade/Estado)*
* *Data (Mês/Ano)*

**Sumário**

*(Utilizador: Crie um sumário automático no Word após finalizar o conteúdo)*

1. Introdução
2. Desenvolvimento
   1. Situação de Negócio
      1. Descrição da Situação de Negócio
      2. Objetivo Principal do Negócio (ZERITH)
      3. Processos Envolvidos
   2. Requisitos Funcionais
   3. Diagrama BPMN
   4. Modelo do Sistema
      1. Definição do Sistema
      2. Tipo de Aplicação
      3. Justificativa da Escolha
   5. Tecnologias e Ferramentas
      1. Linguagens de Programação
      2. Banco de Dados
      3. Frameworks e Bibliotecas Principais
      4. Ferramentas de Desenvolvimento e DevOps
   6. Componentes Necessários
      1. Hardware
      2. Software
3. Conclusão
4. Referências (se houver)

**1. Introdução**

A crescente adoção de veículos elétricos (VEs) por frotas corporativas e de serviços públicos introduz uma nova dinâmica na gestão de manutenção veicular. Componentes específicos dos VEs, como baterias de alta voltagem e motores elétricos, demandam abordagens de manutenção mais sofisticadas do que as tradicionalmente aplicadas a veículos a combustão. Falhas não antecipadas nesses sistemas podem acarretar custos elevados, longos períodos de inatividade e impactar a eficiência operacional.

Neste contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento do **ZERITH**, uma plataforma de manutenção preditiva projetada especificamente para frotas de veículos elétricos. O objetivo central do ZERITH é utilizar tecnologias de coleta de dados em tempo real, Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina (ML) para monitorar a saúde dos VEs, prever falhas potenciais antes que ocorram e otimizar as estratégias de manutenção. Ao antecipar problemas, o ZERITH visa reduzir custos operacionais, maximizar a disponibilidade dos veículos e prolongar a vida útil de seus componentes críticos.

Este relatório detalha a concepção do projeto ZERITH, abordando a situação de negócio que justifica sua necessidade, os requisitos funcionais da plataforma, o modelo de processos de negócio (BPMN), a arquitetura do sistema proposto, as tecnologias e ferramentas selecionadas para seu desenvolvimento e os componentes de hardware e software necessários para sua implementação.

**2. Desenvolvimento**

**2.1. Situação de Negócio**

**2.1.1. Descrição da Situação de Negócio**

A transição para frotas de veículos elétricos (VEs) apresenta novos e complexos desafios para gestores de frotas. Diferentemente dos veículos a combustão, os VEs possuem componentes críticos como baterias de alta tensão, motores elétricos e sistemas de refrigeração específicos, cuja manutenção e ciclo de vida ainda não são amplamente dominados pelas práticas tradicionais. A manutenção corretiva (após a falha) ou mesmo a preventiva baseada em calendário/quilometragem muitas vezes se mostram ineficientes ou onerosas para VEs. Falhas inesperadas podem levar a custos elevados de reparo, longos períodos de inatividade do veículo, perda de produtividade e comprometimento da segurança. Além disso, a degradação de componentes caros, como as baterias, se não monitorada de perto, pode resultar na perda prematura de valor do ativo e em custos de substituição não planejados. Empresas que gerenciam frotas de VEs (empresas de logística, transporte público, locadoras, serviços de entrega, etc.) necessitam urgentemente de soluções mais inteligentes e proativas para garantir a operacionalidade, a confiabilidade e a otimização dos custos de manutenção de seus veículos elétricos.

**2.1.2. Objetivo Principal do Negócio (ZERITH)**

O objetivo principal do projeto ZERITH é desenvolver uma plataforma de manutenção preditiva para frotas de veículos elétricos que permita:

* Monitorar em tempo real a saúde e o desempenho dos componentes críticos dos VEs.
* Prever falhas potenciais com antecedência, utilizando inteligência artificial e aprendizado de máquina.
* Otimizar os cronogramas de manutenção, realizando intervenções apenas quando necessário.
* Reduzir significativamente os custos com manutenções corretivas e o tempo de inatividade dos veículos.
* Prolongar a vida útil dos componentes e maximizar o valor dos ativos da frota.
* Fornecer aos gestores de frota insights acionáveis para uma tomada de decisão mais eficiente e estratégica.

**2.1.3. Processos Envolvidos (Simplificado)**

1. **Coleta de Dados do Veículo:** Sensores e o sistema embarcado no VE coletam dados da rede CAN e de outros componentes.
2. **Transmissão de Dados:** Os dados são transmitidos de forma segura para uma plataforma em nuvem.
3. **Processamento e Análise de Dados:** Na nuvem, os dados são processados, armazenados e analisados por algoritmos de IA para detectar anomalias e prever falhas.
4. **Geração de Alertas e Recomendações:** O sistema gera alertas sobre possíveis falhas e recomenda ações de manutenção.
5. **Visualização e Gestão:** Gestores de frota acessam as informações, alertas e relatórios através de um dashboard web e aplicativo móvel.
6. **Agendamento e Execução da Manutenção:** As atividades de manutenção são planejadas e executadas com base nas previsões do sistema.
7. **Feedback e Aprendizado Contínuo:** Os resultados das manutenções alimentam o sistema de IA, aprimorando continuamente os modelos preditivos.

**2.2. Requisitos Funcionais**

O sistema ZERITH deverá oferecer as seguintes funcionalidades essenciais:

* **RF001:** Coleta de dados em tempo real de múltiplos sensores e da rede CAN dos veículos elétricos.
* **RF002:** Transmissão segura dos dados coletados do veículo para a plataforma em nuvem.
* **RF003:** Armazenamento robusto e escalável dos dados históricos e em tempo real dos veículos.
* **RF004:** Processamento dos dados para limpeza, normalização e preparação para análise.
* **RF005:** Análise preditiva de falhas utilizando algoritmos de Machine Learning e Inteligência Artificial.
* **RF006:** Detecção de anomalias e padrões de comportamento que indiquem potencial degradação ou falha de componentes.
* **RF007:** Cálculo e monitoramento da vida útil restante estimada de componentes críticos (ex: bateria, motor).
* **RF008:** Geração de alertas e notificações priorizados por severidade e urgência para os gestores da frota.
* **RF009:** Fornecimento de recomendações específicas para ações de manutenção com base nas previsões.
* **RF010:** Visualização de dados através de um dashboard web intuitivo, com gráficos, tabelas e indicadores de saúde da frota.
* **RF011:** Exibição de informações detalhadas por veículo, incluindo dados de sensores, histórico de alertas e manutenções.
* **RF012:** Geração de relatórios customizáveis sobre o desempenho da frota, custos de manutenção e eficácia da manutenção preditiva.
* **RF013:** Acesso ao sistema e alertas críticos através de um aplicativo móvel.
* **RF014:** Autenticação e gerenciamento de usuários com diferentes níveis de acesso e permissões.
* **RF015:** Capacidade de registrar e acompanhar o ciclo de vida das ordens de serviço de manutenção geradas a partir de alertas preditivos.
* **RF016:** Interface para feedback sobre as manutenções realizadas, para retroalimentar e aprimorar os modelos de IA.
* **RF017:** Suporte à integração com sistemas de gerenciamento de frota (FMS) ou Enterprise Resource Planning (ERP) existentes (opcional, via API).
* **RF018:** Permissão para o usuário simular falhas em componentes para entender os alertas gerados.
* **RF019:** Filtros inteligentes para listagens de veículos e alertas.

**2.3. Diagrama BPMN**

Para representar as atividades, fluxos de trabalho e interações envolvidas no processo de negócio da plataforma ZERITH, foi desenvolvido um diagrama BPMN (Business Process Model and Notation). Este diagrama foi fornecido como parte da documentação do projeto (ficheiro: Imagem do WhatsApp de 2025-05-22 à(s) 23.00.49\_4ee67c55.jpg).

O diagrama ilustra de forma visual e detalhada os macroprocessos do sistema, incluindo:

* O fluxo de coleta e processamento de dados originados no veículo, contemplando a atuação da unidade de IA embarcada e a comunicação com a nuvem.
* Os processos da plataforma central em nuvem, abrangendo a recepção, armazenamento, orquestração e, crucialmente, a aplicação dos modelos de Machine Learning para análises preditivas e geração de insights.
* As interações dos usuários (gestores de frota) com o sistema por meio do Dashboard Web e do Aplicativo Móvel, desde a visualização de informações até a tomada de ações.
* O ciclo de vida de um alerta preditivo, desde sua geração até o registro da manutenção corretiva ou preventiva efetuada.

O diagrama BPMN serve como uma referência fundamental para o entendimento da arquitetura funcional e para o desenvolvimento dos diferentes módulos do ZERITH, garantindo que todas as etapas do processo de negócio sejam cobertas de forma coesa.

*(Utilizador: Recomenda-se inserir a imagem do diagrama BPMN aqui no seu documento Word ou como um anexo, referenciando-o no texto.)*

**2.4. Modelo do Sistema**

**2.4.1. Definição do Sistema**

O ZERITH é um sistema de manutenção preditiva projetado especificamente para frotas de veículos elétricos. Seu objetivo principal é automatizar e facilitar o monitoramento contínuo da saúde dos veículos, prever falhas potenciais antes que ocorram, otimizar os planos de manutenção e, consequentemente, reduzir custos operacionais, minimizar o tempo de inatividade dos veículos e aumentar a vida útil dos componentes críticos. A plataforma visa transformar a gestão de frotas elétricas através da análise inteligente de dados coletados em tempo real.

**2.4.2. Tipo de Aplicação**

O ZERITH é concebido como uma plataforma **SaaS (Software as a Service)**. Este modelo é composto por várias partes integradas que funcionam em conjunto:

* **Aplicação Web (Painel de Controle/Dashboard):** Esta é a interface principal para os gestores de frota e analistas. Através dela, os usuários podem visualizar a saúde da frota, receber alertas, analisar dados históricos e preditivos, gerar relatórios e gerenciar as atividades de manutenção. O "Release Técnico" fornecido como parte da documentação do projeto detalha a implementação desta aplicação web usando tecnologias como React, TypeScript e Tailwind CSS.
* **Aplicativo Móvel:** Destinado a fornecer notificações instantâneas sobre eventos críticos e permitir ações rápidas, como a aprovação de ordens de manutenção, diretamente de um dispositivo móvel. O diagrama BPMN do projeto também indica um "App Mobile" para visualização de alertas críticos e recebimento de notificações push.
* **Sistema Embarcado no Veículo (Hardware/Edge Computing):** O componente de Sistema Embarcado no Veículo é um elemento crucial da arquitetura ZERITH, atuando como a linha de frente para aquisição inteligente de dados e processamento de borda (edge computing) diretamente em cada veículo elétrico. Este dispositivo avançado, conhecido como **Zerith Edge Unit** dentro do ecossistema do projeto, vai muito além de um simples coletor de dados. Ele é projetado para:
  + **Coleta Abrangente e em Tempo Real:** Capturar dados diretamente da rede CAN (Controller Area Network) do veículo, assegurando que cada sinal relevante seja monitorado em tempo real, e não apenas um subconjunto básico de parâmetros. O diagrama BPMN ilustra essa etapa com o elemento "Sensores/CAN", indicando o uso de tecnologias como C++, Python e SocketCAN para esta interface.
  + **Sensores de Alta Precisão:** Utilizar sensores avançados capazes de detectar variações e anomalias sutis que seriam imperceptíveis para sistemas de telemetria convencionais.
  + **Inteligência Artificial Embarcada e Processamento Local:** Realizar um significativo pré-processamento e análise preliminar dos dados diretamente no veículo. Isso é possível através de uma "IA Embarcada", conforme destacado no BPMN, que pode utilizar tecnologias como Python e ONNX Runtime. Esta capacidade de processamento local permite a identificação de anomalias imediatas e é projetada para identificar uma porcentagem considerável de falhas potenciais (por exemplo, até 37% em cenários operacionais típicos) antes mesmo que os dados sejam transmitidos à nuvem. O BPMN também indica que o "Processamento local (IA embarcada)" ocorre se o veículo estiver desconectado.
  + **Otimização e Priorização de Dados:** Implementar filtragem inteligente para priorizar dados críticos e eliminar ruídos. O sistema também pode empregar compressão avançada para reduzir os custos e a latência da transmissão de dados.
  + **Resiliência e Integridade dos Dados:** Garantir a continuidade da coleta mesmo em condições adversas, através do armazenamento temporário de informações em caso de perda de conectividade com a nuvem. O BPMN também aponta para um processo de verificação onde, "Se corrompido: Registrar erro e solicita reenvio", assegurando a integridade dos dados recebidos pela plataforma.
  + **Comunicação Segura:** Assegurar a transmissão segura dos dados (brutos e/ou pré-processados) para a plataforma em nuvem ZERITH, utilizando canais criptografados.
  + **Hardware Robusto:** Ser construído com hardware de alta durabilidade, incluindo um processador dedicado de múltiplos núcleos otimizado para análise em tempo real e conectores reforçados para suportar as condições severas do ambiente veicular. Sua instalação é projetada para não interferir nas garantias do veículo. Este sistema embarcado, portanto, não apenas coleta dados, mas adiciona uma camada de inteligência na borda, otimizando o fluxo de informações, permitindo respostas rápidas a eventos críticos e aumentando a eficiência geral da plataforma ZERITH.
* **Plataforma em Nuvem (Cloud Backend):** É o núcleo do sistema ZERITH, responsável por receber os dados dos veículos, armazená-los de forma segura e escalável, processá-los utilizando algoritmos de Inteligência Artificial (IA) e Machine Learning (ML) para realizar as análises preditivas, e disponibilizar os resultados para as aplicações web e móvel. O diagrama BPMN do projeto detalha etapas como "Recepção e Armazenamento de dados", "Orquestração do fluxo de dados", "Banco de Dados (PostgreSQL + SQLite)" e a "Aplicação de modelos Machine Learning" nas raias denominadas "VehiCore Platform" e "VehiBrain IA".

**2.4.3. Justificativa da Escolha**

A escolha por um modelo de sistema distribuído para o ZERITH, baseado em SaaS, com componentes web, móvel, embarcado e em nuvem, é justificada pelas seguintes características e requisitos do negócio:

* **Acessibilidade e Conveniência:**
  + A **aplicação web** permite que gestores de frota acessem a plataforma ZERITH de qualquer lugar com conexão à internet, utilizando diversos dispositivos, sem a necessidade de instalação de software complexo localmente. Isso é crucial para a gestão dinâmica de frotas.
  + O **aplicativo móvel** oferece portabilidade e imediatismo, permitindo que os usuários recebam alertas críticos e tomem decisões rápidas, mesmo quando não estão em seus postos de trabalho.
* **Escalabilidade e Desempenho:**
  + A **arquitetura em nuvem** é fundamental para lidar com o grande volume de dados gerado por uma frota de veículos em tempo real. Ela permite escalar os recursos de processamento e armazenamento conforme a necessidade, suportando desde pequenas frotas até operações com milhares de veículos (por exemplo, é projetada para escalar de 10 a 10.000 veículos e além).
* **Processamento de Dados em Tempo Real e IA:**
  + A natureza da manutenção preditiva exige a coleta e análise contínua de dados. Um sistema distribuído, com coleta no veículo e processamento robusto na nuvem, é ideal para implementar os algoritmos de IA e ML necessários para as previsões, conforme detalhado no BPMN ("Aplicação de modelos Machine Learning").
* **Manutenção e Atualizações Centralizadas:**
  + No modelo SaaS, as atualizações de software e a manutenção da plataforma ZERITH são gerenciadas centralmente pelo provedor do serviço. Isso garante que todos os usuários sempre tenham acesso à versão mais recente e segura do sistema, sem a necessidade de intervenções manuais em cada cliente.
* **Integração e Colaboração:**
  + Uma plataforma centralizada como o ZERITH facilita a integração com outros sistemas que a empresa possa utilizar (ERPs, sistemas de gestão de manutenção existentes, etc.). Permite também que múltiplos usuários (gestores, analistas, técnicos) colaborem e acessem informações consistentes.
* **Modelo de Negócios (SaaS):**
  + O modelo de assinatura mensal do SaaS pode ser mais vantajoso financeiramente para as empresas, eliminando a necessidade de grandes investimentos iniciais em infraestrutura de TI e licenças de software para a plataforma ZERITH.
* **Riqueza de Funcionalidades e Experiência do Usuário:**
  + As tecnologias web modernas, como as descritas no "Release Técnico", permitem a criação de interfaces ricas, interativas e com visualizações de dados complexas (gráficos, dashboards), essenciais para a análise e tomada de decisão eficaz por parte dos gestores de frota utilizando o ZERITH.
* **Segurança:**
  + Plataformas em nuvem robustas oferecem recursos de segurança avançados para proteção de dados, autenticação e conformidade, aspectos críticos ao lidar com informações sensíveis de veículos e operações no sistema ZERITH. O BPMN também menciona "Segurança (TLS, JWT, Argon2)" para o Dashboard Web.

Em resumo, o modelo de sistema proposto para o ZERITH é o mais adequado para atender aos objetivos de fornecer uma solução de manutenção preditiva avançada, escalável, acessível e em tempo real para frotas de veículos elétricos, alinhando-se com as melhores práticas e tendências tecnológicas para este tipo de aplicação.

**2.5. Tecnologias e Ferramentas**

**2.5.1. Linguagens de Programação**

* **Frontend (Aplicação Web):**
  + TypeScript
  + JavaScript
* **Backend (Serviços em Nuvem/API):**
  + Python
* **Sistema Embarcado (Zerith Edge Unit):**
  + C++
  + Python
* **Aplicativo Móvel:**
  + JavaScript/TypeScript (via React Native)

**2.5.2. Banco de Dados**

* **Principal (Nuvem):** PostgreSQL
* **Auxiliar/Embarcado (conforme necessidade):** SQLite

**2.5.3. Frameworks e Bibliotecas Principais**

* **Frontend:** React (com Vite), Tailwind CSS, Shadcn/UI, Lucide React, Recharts, React Router Dom, React Hook Form, Zod, Context API.
* **Backend:** FastAPI (Python).
* **IA Embarcada:** ONNX Runtime (Python).
* **Comunicação Embarcada:** SocketCAN.
* **Aplicativo Móvel:** React Native, Expo.

**2.5.4. Ferramentas de Desenvolvimento e DevOps**

* Docker
* GitHub Actions

**2.6. Componentes Necessários**

**2.6.1. Hardware**

* **Zerith Edge Unit (Dispositivo Embarcado):** Um por veículo, com microcontrolador/computador de placa única, processador multicore, memória, armazenamento local, interfaces de comunicação (CAN, WiFi, 4G/5G), e sensores.
* **Servidores em Nuvem:** Para backend, banco de dados, modelos de IA, e serviços de processamento; escaláveis.
* **Dispositivos de Rede em Nuvem:** Load balancers, firewalls, gateways VPN.
* **Computadores para Usuários Finais:** Desktops, laptops, tablets, smartphones.
* **Infraestrutura de Rede:** Conexão à internet para dispositivos embarcados e usuários.

**2.6.2. Software**

* **Sistema Operacional para Servidores em Nuvem:** Linux (ex: Ubuntu, CentOS).
* **Sistema Operacional para Dispositivos Embarcados:** Linux embarcado (ex: Yocto) ou RTOS.
* **SGBD:** PostgreSQL.
* **Software da Aplicação ZERITH:** Firmware para Zerith Edge Unit (C++/Python); APIs e microsserviços backend (Python/FastAPI); Modelos de ML/IA; Aplicação Frontend Web (React/TypeScript); Aplicativo Móvel (React Native).
* **Ferramentas de Monitoramento e Orquestração em Nuvem:** Específicas da plataforma de nuvem (ex: AWS CloudWatch, Kubernetes).
* **Software de Segurança:** Certificados TLS/SSL, ferramentas de IAM (JWT, Argon2), WAF.
* **Navegadores Web Modernos:** Chrome, Firefox, Safari, Edge.
* **Sistemas Operacionais Móveis:** iOS, Android.

**3. Conclusão**

O projeto ZERITH visa responder a uma necessidade crescente e crítica no mercado de frotas de veículos elétricos: a otimização da manutenção por meio de abordagens preditivas e inteligentes. A plataforma proposta, com sua arquitetura distribuída SaaS, combinando hardware embarcado, processamento em nuvem com IA, e interfaces de usuário web e móvel, oferece uma solução robusta e escalável para os desafios identificados.

Ao longo deste relatório, foram detalhados a situação de negócio que motiva o projeto, os requisitos funcionais essenciais para atender às demandas dos gestores de frota, o modelo de processos que orienta a operação do sistema, a arquitetura e o modelo de sistema escolhidos, bem como as tecnologias e componentes necessários para sua viabilização.

A implementação bem-sucedida do ZERITH tem o potencial de trazer benefícios significativos, como a redução de custos operacionais, o aumento da disponibilidade e confiabilidade da frota, e a extensão da vida útil dos veículos elétricos. Além disso, ao fornecer dados e análises precisas, capacita os gestores de frota para uma tomada de decisão mais informada e estratégica, contribuindo para operações mais eficientes e sustentáveis.

Considera-se que o ZERITH representa um avanço importante na gestão de frotas de VEs, alinhando-se com as tendências de transformação digital e o uso de inteligência artificial para resolver problemas complexos do mundo real.

**4. Referências**

*(Utilizador: Se você utilizou fontes externas de pesquisa, artigos, livros, etc., liste-os aqui no formato ABNT ou outro formato exigido pela sua instituição.)*

* [1] [Nome do Professor/Instituição]. (2025). *Informações sobre o Trabalho* [Material da disciplina]. [Nome da Instituição].