

# Projeto de Software: TreeInspector

Este documento detalha o projeto técnico para o desenvolvimento da aplicação TreeInspector, uma plataforma de inspeção de árvores projetada com uma arquitetura *Mobile First*. O foco principal é a aplicação móvel para coleta de dados em campo, complementada por uma plataforma web para análise e gestão. A arquitetura prioriza a funcionalidade offline para garantir uma operação robusta e contínua para os profissionais em campo.

## Seção 1: Arquitetura Central e Conjunto de Funcionalidades

Esta seção traduz os requisitos do utilizador em especificações funcionais concretas, detalhando os módulos e as funcionalidades que formarão o núcleo da plataforma TreeInspector. O design é informado pelas melhores práticas observadas na indústria e visa criar um fluxo de trabalho intuitivo e eficiente para o profissional em campo.

### 1.1. Módulo 1: Coleta de Dados em Campo (A Aplicação Móvel)

O coração do TreeInspector é a sua aplicação móvel, projetada para ser a principal ferramenta do inspetor. A interface será organizada como um fluxo de trabalho guiado, passo a passo, espelhando as categorias de dados definidas pelo utilizador para garantir uma coleta de dados completa e estruturada.

#### Categorias de Entrada de Dados:

- **Identificação da Árvore:**
  - **Espécie:** Campos para nome comum e científico. Um botão "Identificar com Foto" ativará a funcionalidade de IA.
  - **Localização:** As coordenadas geográficas (latitude e longitude) serão capturadas automaticamente via GPS do dispositivo, com configurações de alta precisão. A aplicação realizará geocodificação inversa para sugerir um

endereço, que será editável. Campos para endereço completo e ponto de referência permitirão a inserção manual para maior precisão.

- **Identificação e Agrupamento:** A aplicação gerará um ID único do sistema para cada árvore. Haverá campos para o número de uma etiqueta física existente e um campo numérico para a contagem de árvores em caso de agrupamentos.

- **Dados Dendrométricos:**

- **Diâmetro à Altura do Peito (DAP):** Um campo de entrada numérica para o DAP. Um ícone de ajuda ("?",) fornecerá um breve tutorial visual sobre a técnica de medição padrão a 1,30 m do solo, conforme as melhores práticas.<sup>1</sup> O DAP é uma das variáveis mais críticas para o inventário florestal, servindo de base para múltiplos outros cálculos.<sup>4</sup>
- **Alturas:** Campos separados para a altura total da árvore e a altura da copa. A entrada de dados poderá ser feita manualmente, a partir de medições com instrumentos profissionais como clinômetros ou hipsômetros.<sup>6</sup> Opcionalmente, uma funcionalidade "beta" de estimativa por realidade aumentada (AR) poderá ser incluída.<sup>9</sup> Para garantir a integridade dos dados, o sistema registrará se a medição foi "manual" ou "estimada por AR", abordando as preocupações de precisão levantadas em estudos que mostram a variabilidade de resultados entre diferentes aplicações e dispositivos.<sup>10</sup>

- **Estado Fitossanitário:**

- Será implementado um sistema de classificação estruturado através de um menu suspenso (ex: "Ótimo", "Bom", "Regular", "Ruim", "Crítico"), baseado em metodologias de avaliação consagradas.<sup>12</sup>
- Uma lista de verificação de seleção múltipla permitirá ao inspetor registrar rapidamente problemas observados, como "Pragas (cupins, brocas)", "Doenças (fungos, podridão)", "Danos Mecânicos", "Galhos Secos", "Cavidades no Tronco" e "Plantas Parasitas".<sup>15</sup>
- Um campo de texto aberto permitirá observações detalhadas e notas adicionais.

- **Condições do Entorno:**

- Esta seção utilizará listas de verificação e menus suspensos para garantir a coleta de dados estruturados, essenciais para análises futuras em ambiente SIG.<sup>18</sup>
- **Calçadas:** Campos para ``.
- **Redes de Infraestrutura:** Caixas de seleção para ``.
- **Uso do Solo:** Menu suspenso com opções como ``.<sup>19</sup>
- **Barreiras Físicas:** Caixas de seleção para [Muros, Construções, Outras] com um campo de notas para especificações.

- **Dados de Manejo:**
  - **Ação Proposta:** Menu suspenso com opções padronizadas como ``.<sup>16</sup>
  - **Nível de Urgência:** Menu suspenso com as opções ``.
  - **Sugestão de Espécie para Substituição:** Um campo de texto para o arborista recomendar uma espécie adequada em caso de supressão.
  - **Recomendações de Plantio:** Um campo de texto para notas sobre época, espaçamento e outros cuidados.
- **Anexos Multimídia:** A aplicação permitirá anexar um número ilimitado de fotografias a cada registo de inspeção. As fotos serão automaticamente marcadas com data, hora e coordenadas geográficas no momento da captura.

## 1.2. Módulo 2: Hub de Inteligência Integrada

Este módulo visa aumentar a eficiência e a precisão do trabalho de campo, integrando serviços externos diretamente no fluxo de trabalho da aplicação.

- **Identificação de Espécies Assistida por IA:**
  - A aplicação integrará a **API do Pl@ntNet**.<sup>20</sup> Um botão "Identificar com Foto" junto ao campo da espécie abrirá a câmara do dispositivo. A foto capturada será enviada para a API, que retornará uma lista classificada de potenciais espécies.
  - Ao selecionar uma espécie da lista, a aplicação preencherá automaticamente os campos Nome Comum e Nome Científico, reduzindo a entrada manual de dados e melhorando a consistência. É importante notar que, embora poderosas, estas ferramentas podem ter limitações de precisão para todas as espécies brasileiras, um ponto que será comunicado ao utilizador.<sup>23</sup>
- **Enriquecimento com Base de Dados Botânica:**
  - Após a identificação da espécie, a aplicação fará uma chamada em segundo plano para a **API do GBIF (Global Biodiversity Information Facility)** <sup>24</sup> para consultar o conjunto de dados da **Flora do Brasil**.<sup>25</sup>
  - Esta consulta trará informações adicionais e não editáveis para um separador "Informações da Espécie" na aplicação. Estes dados podem incluir o porte típico da árvore, o seu estatuto (nativa ou exótica) e mapas de distribuição, fornecendo um contexto valioso ao inspetor diretamente no campo.

### 1.3. Módulo 3: Motor de Avaliação de Risco e Gestão

Este módulo formaliza a avaliação de risco, transformando-a de uma avaliação subjetiva para um processo padronizado e rastreável, alinhado com as normas técnicas brasileiras.

- **Fluxo de Trabalho Conforme a ABNT NBR 16246-3:**
  - A aplicação incluirá uma seção dedicada de "Avaliação de Risco", estruturada como um assistente passo a passo baseado nos níveis de avaliação definidos na norma.<sup>27</sup> A conformidade com esta norma é crucial, pois estabelece um protocolo padronizado para arboristas e gestores públicos.<sup>31</sup>
  - O fluxo de trabalho guiará o utilizador através dos diferentes níveis de avaliação <sup>27</sup>:
    - **Nível 1 (Análise Limitada):** Uma inspeção visual rápida para identificar defeitos óbvios, adequada para vistorias de carro ou drone.
    - **Nível 2 (Análise Visual Básica):** Uma avaliação visual detalhada de 360 graus da árvore, incluindo o sistema radicular visível, o colo, o tronco e a copa. Este será o nível padrão para a maioria das inspeções no TreeInspector.<sup>29</sup>
    - **Nível 3 (Análise Avançada):** Incluirá campos para a inserção de dados provenientes de ferramentas avançadas de diagnóstico (ex: tomógrafos de impulso, penetrógrafos), caso sejam utilizadas.
  - O resultado final deste processo será uma categoria de risco calculada (ex: Baixo, Moderado, Alto, Extremo), que será armazenada como um ponto de dados estruturado. Esta abordagem formaliza a avaliação, aumentando a sua fiabilidade e defendibilidade em comparação com uma nota subjetiva.<sup>34</sup>

### 1.4. Módulo 4: Visualização de Dados e Relatórios (O Painel de Controlo Web)

A componente web da plataforma TreeInspector é onde os dados coletados em campo são transformados em inteligência de gestão.

- **Mapa GIS Interativo:** Uma interface de mapa baseada na web exibirá todas as árvores inventariadas como pontos georreferenciados. Os utilizadores poderão

filtrar e aplicar simbologia de cores às árvores com base em qualquer atributo (ex: colorir por estado fitossanitário, filtrar por espécies, exibir apenas árvores com risco alto). Esta funcionalidade tira partido dos dados SIG estruturados coletados em campo.<sup>36</sup>

- **Painel de Controlo Individual da Árvore:** Clicar numa árvore no mapa abrirá uma visão detalhada com todas as suas informações e, crucialmente, o seu **histórico completo de inspeções**. Este histórico será apresentado cronologicamente, permitindo uma análise visual da evolução da saúde da árvore ao longo do tempo.
- **Gerador de Relatórios Personalizáveis:** Uma ferramenta permitirá a criação e exportação de relatórios em formato PDF ou CSV. Exemplos de relatórios incluem:
  - "Lista de todas as árvores que necessitam de poda urgente no Setor X."
  - "Resumo fitossanitário anual para a Zona Central."
  - "Relatório de inventário de todas as árvores da espécie *Handroanthus impetiginosus*."
- **Painel de Controlo Analítico:** Uma página de resumo com estatísticas e gráficos agregados, como um gráfico de pizza da diversidade de espécies, um gráfico de barras da distribuição do estado de saúde das árvores ou um mapa de calor das áreas com maior concentração de árvores de alto risco.

## Seção 2: Arquitetura de Dados e Modelo Temporal

A eficácia do TreeInspector depende fundamentalmente da sua arquitetura de dados. Um design robusto não só garante a integridade e o desempenho, mas também habilita a funcionalidade mais crítica solicitada: a capacidade de analisar a evolução de uma árvore ao longo do tempo. Esta seção detalha a tecnologia de banco de dados, o modelo de dados temporal e o esquema central que sustentarão a plataforma.

### 2.1. Tecnologia de Banco de Dados

- **Recomendação:** PostgreSQL com a extensão PostGIS.
- **Justificação:** O PostgreSQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional de código aberto, conhecido pela sua robustez, conformidade com os

padrões SQL e extensibilidade. A sua combinação com a extensão PostGIS o torna a escolha ideal para aplicações geoespaciais. O PostGIS adiciona suporte para tipos de dados geográficos (como pontos, linhas e polígonos) e funções para consulta e análise espacial.<sup>38</sup> Esta capacidade é essencial para armazenar a localização das árvores, mapear as condições do entorno (como a proximidade de redes de infraestrutura) e alimentar o painel de controlo GIS interativo na plataforma web.

## 2.2. Implementando um Modelo de Dados Temporal para Rastreamento Histórico

Uma das exigências mais sofisticadas e valiosas do projeto é a "possibilidade de atualização de banco de dados com novos levantamentos das mesmas árvores". Uma interpretação superficial poderia levar a um design de banco de dados onde novos dados simplesmente sobrescrevem os antigos através de uma instrução UPDATE. No entanto, essa abordagem destruiria o histórico, impedindo a análise longitudinal, que é o cerne da gestão de ativos a longo prazo. Se uma árvore estava "Doente" em 2024 e é atualizada para "Saudável" em 2025, a informação de que ela esteve doente é perdida, impossibilitando a avaliação da eficácia de um tratamento.

Para resolver este desafio fundamental, é necessário adotar um modelo de dados que preserve o histórico. A arquitetura de dados para informações históricas aponta para a implementação de **Padrões de Banco de Dados Temporal**.<sup>40</sup> Em vez de modificar registos existentes, o sistema irá inserir novos registos e gerir os seus períodos de validade, garantindo que nenhum dado seja verdadeiramente apagado.

- **Modelo Proposto: Modelagem Bitemporal**  
O modelo adotado será o bitemporal, que rastreia duas dimensões de tempo para cada facto registado 40:
  - **Tempo Válido (valid\_from, valid\_to):** Representa o período em que o facto era verdadeiro no mundo real. Para uma inspeção, a data valid\_from é a data da inspeção, e valid\_to é a data da próxima inspeção que a substitui (ou "infinito" se for a mais recente).
  - **Tempo de Transação (tx\_start, tx\_end):** Representa o período em que o registo foi considerado atual na base de dados. Este tempo é gerido automaticamente pelo sistema para garantir a auditabilidade.
- **Exemplo Prático de Funcionamento:**
  1. **10 de janeiro de 2024:** Um inspetor regista a Árvore #5 como "Doente". O

sistema insere uma nova linha na tabela Dados\_Fitossanitarios com id\_arvore=5, estado\_saude='Doente', valid\_from='2024-01-10', valid\_to='infinity'.

2. **15 de junho de 2025:** Outro inspetor avalia a mesma Árvore #5 e a classifica como "Saudável". O sistema **não** executa um UPDATE. Em vez disso, ele realiza duas operações:
  - Atualiza o registo antigo, definindo valid\_to='2025-06-15'. O registo de 2024 agora representa um facto histórico com um período de validade definido.
  - Insere um **novo** registo: id\_arvore=5, estado\_saude='Saudável', valid\_from='2025-06-15', valid\_to='infinity'.

Este método, descrito em padrões como o "Temporal Object" de Martin Fowler <sup>43</sup>, garante que um histórico completo e auditável de cada árvore seja mantido. Para consultar o estado atual de uma árvore, a consulta simplesmente filtra os registos onde

valid\_to é infinito. Para ver o histórico, a consulta seleciona todos os registos para essa árvore, ordenados por valid\_from.

## 2.3. Esquema Central da Base de Dados

A tabela a seguir descreve a estrutura das principais entidades do banco de dados do TreeInspector. As tabelas marcadas com "(Temporal)" serão implementadas usando o modelo de dados versionado descrito acima.

Tabela	Campo	Tipo de Dados	Restrições	Descrição / Exemplo
<b>Arvores</b>	id_arvore	SERIAL	PRIMARY KEY	Identificador único da árvore no sistema.
	numero_etiqueta	VARCHAR(50)	NULLABLE	Número da etiqueta física na árvore, se houver.

	localizacao	GEOMETRY(Point, 4326)	NOT NULL	Coordenadas geográficas da árvore.
	endereco	VARCHAR(255)	NULLABLE	Endereço textual da localização.
	id_especie	INTEGER	FOREIGN KEY (Especies)	Chave estrangeira para a tabela de espécies.
<b>Especies</b>	id_especie	SERIAL	PRIMARY KEY	Identificador único da espécie.
	nome_comum	VARCHAR(100)	NOT NULL	Ex: "Ipê Amarelo"
	nome_cientifico	VARCHAR(100)	NOT NULL, UNIQUE	Ex: " <i>Handroanthus chrysotrichus</i> "
	gbif_id	BIGINT	NULLABLE	ID da espécie na base de dados do GBIF.
<b>Inspecoes</b>	id_inspecao	SERIAL	PRIMARY KEY	Identificador único de uma visita de inspeção.
	id_arvore	INTEGER	FOREIGN KEY (Arvores)	Árvore que foi inspecionada.
	id_utilizador	INTEGER	FOREIGN KEY (Utilizadores)	Inspetor que realizou a inspeção.
	data_inspecao	TIMESTAMP WITH TIME	NOT NULL	Data e hora da inspeção.



		ZONE		
<b>Dados_Dendrometricos (Temporal)</b>	id_dado	SERIAL	PRIMARY KEY	ID do registo de dados.
	id_inspecao	INTEGER	FOREIGN KEY (Inspecoes)	Inspeção associada.
	dap_cm	NUMERIC(10, 2)	NOT NULL	Diâmetro à Altura do Peito em cm.
	altura_total_m	NUMERIC(10, 2)	NOT NULL	Altura total da árvore em metros.
	altura_copa_m	NUMERIC(10, 2)	NOT NULL	Altura da base da copa em metros.
	metodo_medicao	VARCHAR(20)	NOT NULL	'manual', 'estimado_ar'
<b>Dados_Fitossanitarios (Temporal)</b>	id_dado	SERIAL	PRIMARY KEY	ID do registo de dados.
	id_inspecao	INTEGER	FOREIGN KEY (Inspecoes)	Inspeção associada.
	estado_saude	VARCHAR(50)	NOT NULL	'Ótimo', 'Bom', 'Regular', 'Ruim', 'Crítico'
	problemas_observados	JSONB	NULLABLE	Array de problemas:
<b>Dados_Entorno (Temporal)</b>	id_dado	SERIAL	PRIMARY KEY	ID do registo de dados.

	id_inspecao	INTEGER	FOREIGN KEY (Inspecoes)	Inspeção associada.
	largura_calçada_m	NUMERIC(10, 2)	NULLABLE	Largura da calçada em metros.
	redes_proximas	JSONB	NULLABLE	Array de redes:
	uso_solo	VARCHAR(50)	NULLABLE	'Residencial', 'Comercial', etc.
<b>Acoes_Manejo</b>	id_acao	SERIAL	PRIMARY KEY	ID da ação de manejo proposta.
	id_inspecao	INTEGER	FOREIGN KEY (Inspecoes)	Inspeção que originou a recomendação.
	acao_proposta	VARCHAR(100)	NOT NULL	'Poda de Limpeza', 'Supressão', etc.
	nivel_urgencia	VARCHAR(20)	NOT NULL	'Baixa', 'Média', 'Alta', 'Emergencial'
	notas	TEXT	NULLABLE	Observações adicionais sobre o manejo.
<b>Fotos</b>	id_foto	SERIAL	PRIMARY KEY	ID da foto.
	id_inspecao	INTEGER	FOREIGN KEY (Inspecoes)	Inspeção à qual a foto pertence.
	caminho_arquivo	VARCHAR(255)	NOT NULL	URL ou caminho do arquivo da imagem.

	timestamp_foto	TIMESTAMP WITH TIME ZONE	NOT NULL	Data e hora em que a foto foi tirada.
--	----------------	--------------------------------	----------	---

## 2.4. Padrões de Dados GIS

Para garantir a interoperabilidade e a precisão, todos os dados geoespaciais serão armazenados e processados utilizando o sistema de referência de coordenadas **WGS 84 (EPSG:4326)**. Este é o padrão global utilizado pela maioria dos serviços de mapeamento online e dispositivos GPS. A utilização do PostGIS permitirá a execução de consultas espaciais complexas diretamente no banco de dados, como "encontrar todas as árvores a menos de 5 metros de uma rede elétrica" ou "quantas árvores estão localizadas em áreas de uso comercial". Esta capacidade analítica é fundamental para transformar os dados brutos em insights de gestão, alinhando-se com as capacidades dos modernos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).<sup>44</sup>

## Seção 3: Plano de Implementação Técnica

Esta seção detalha as recomendações tecnológicas e os padrões arquitetônicos para a construção da plataforma TreeInspector. As escolhas são orientadas para garantir desempenho, escalabilidade, manutenibilidade a longo prazo e uma experiência de utilizador robusta, especialmente no ambiente de campo.

### 3.1. Aplicação Móvel: Arquitetura Offline-First

A natureza do trabalho de inspeção de árvores, muitas vezes realizado em locais com conectividade de rede intermitente ou inexistente, exige que a aplicação móvel seja construída sobre uma arquitetura **offline-first**. Este princípio é mais do que simplesmente "funcionar offline"; significa que a aplicação é projetada para operar primariamente a partir de uma base de dados local no dispositivo, tratando o servidor

como um ponto de sincronização, e não como a fonte primária de dados em tempo real.<sup>47</sup>

- **Implementação da Arquitetura:**

1. **Base de Dados Local:** A aplicação utilizará uma base de dados incorporada, como **SQLite**, que é nativamente suportada em iOS e Android, ou uma solução mais moderna como **WatermelonDB** ou **Realm**, que oferecem funcionalidades avançadas de sincronização e reatividade.
2. **Interface de Utilizador Otimista (Optimistic UI):** Quando um utilizador realiza uma ação (ex: adiciona uma nova árvore, completa uma inspeção), a alteração é imediatamente guardada na base de dados local e a interface é atualizada instantaneamente. Isto proporciona uma experiência rápida e fluida, independentemente do estado da conexão à internet.
3. **Motor de Sincronização:** Um serviço em segundo plano será responsável por gerir a sincronização de dados. Este motor detetará a disponibilidade de rede e, quando online, enviará as alterações locais para o servidor e obterá quaisquer atualizações do servidor. Este processo deve incluir uma lógica de resolução de conflitos para lidar com casos em que os mesmos dados são alterados em múltiplos locais (ex: "o último a escrever vence" ou estratégias mais sofisticadas). Os intervalos de sincronização poderão ser configuráveis para otimizar o uso de dados e bateria.<sup>47</sup>

### 3.2. Recomendação de Pilha Tecnológica (Technology Stack)

A escolha das tecnologias é um fator crítico para o sucesso do projeto. A recomendação abaixo equilibra desempenho, velocidade de desenvolvimento, ecossistema de suporte e adequação aos requisitos específicos do TreeInspector.

- **Aplicação Móvel:** React Native com Material Design.  
Conforme solicitado, a aplicação móvel será desenvolvida utilizando React Native. Esta escolha alavanca o ecossistema JavaScript, amplamente adotado, permitindo um desenvolvimento mais rápido, especialmente para equipas já familiarizadas com React.<sup>50</sup> A interface do utilizador implementará os princípios do Material Design, utilizando uma biblioteca de componentes robusta e compatível, como o **React Native Paper**, que oferece um conjunto de componentes de alta qualidade e em conformidade com os padrões do Google, incluindo suporte para a mais recente iteração do Material You.<sup>51</sup> Esta abordagem garante que a

aplicação tenha uma aparência nativa e um comportamento familiar para os utilizadores, ao mesmo tempo que acelera o tempo de desenvolvimento através da reutilização de código e de um ecossistema de bibliotecas maduro.<sup>50</sup> A utilização de componentes nativos da plataforma, que é uma característica central do React Native, assegura que a aplicação se sinta responsiva e integrada com os sistemas operativos Android e iOS.<sup>54</sup>

- **Servidor Backend:** Python com Django/FastAPI.  
A escolha do backend pode ser flexível, dependendo da experiência da equipa de desenvolvimento. No entanto, o Python apresenta vantagens significativas para este projeto. O ecossistema Python é excecionalmente forte em análise de dados, computação científica e, crucialmente, processamento geoespacial, com bibliotecas maduras como GeoDjango, Fiona e Shapely. Dado que o backend irá alimentar um painel de controlo GIS complexo e poderá, no futuro, executar análises de dados históricos, o Python é um candidato extremamente forte. Frameworks como Django (robusto e completo) ou FastAPI (moderno e de alto desempenho) são opções excelentes.
- **Painel de Controlo Web (Dashboard):** React ou Vue.js.  
Tanto o React como o Vue.js são frameworks de frontend líderes de mercado, com ecossistemas ricos e ferramentas poderosas para a construção de aplicações de página única (SPA) interativas e ricas em dados. Ambos integram-se perfeitamente com bibliotecas de mapeamento como Mapbox GL JS ou Leaflet, que serão essenciais para o painel de controlo GIS.

### 3.3. Plano de Integração de APIs de Terceiros

A integração com serviços externos como o Pl@ntNet e o GBIF será gerida de forma segura e modular para garantir a flexibilidade e a manutenibilidade.

- **Arquitetura de Integração:** Será utilizado um padrão de design **Adapter (Adaptador)** ou **Facade (Fachada)** no backend. A aplicação principal comunicará com uma interface interna, por exemplo, `ServicoidentificacaoEspecies`. Esta interface será implementada por um `AdaptadorPlantNet`. Se no futuro for necessário mudar para outro fornecedor de identificação de espécies, apenas será preciso criar um novo adaptador, sem alterar o código central da aplicação.
- **Segurança das Chaves de API:** Todas as chaves de API para serviços externos serão armazenadas de forma segura no ambiente do servidor e nunca serão

expostas no cliente móvel. A aplicação móvel fará pedidos ao backend do TreeInspector, que, por sua vez, atuará como um proxy, encaminhando os pedidos para as APIs externas com as credenciais seguras.

- **Acesso à API do GBIF:** A interação com a API do GBIF será realizada no backend, utilizando a biblioteca oficial **pygbif** para Python.<sup>55</sup> O fluxo de trabalho será o seguinte:
  1. Obter o nome científico da espécie a partir da identificação do PI@ntNet.
  2. Utilizar a função `species.name_backbone()` do `pygbif` para obter a `usageKey` (chave de uso taxonômico) do GBIF para essa espécie.<sup>58</sup>
  3. Utilizar a `datasetKey` do projeto "Flora do Brasil 2020" (que é `aacd816d-662c-49d2-ad1a-97e66e2a2908`<sup>24</sup>) em conjunto com a `usageKey` da espécie para consultar dados específicos através da função `occurrences.search()`, filtrando por ambas as chaves para garantir a precisão da fonte dos dados.<sup>59</sup>

## Seção 4: Plano de Desenvolvimento Faseado

A abordagem de desenvolvimento será iterativa, começando com um Produto Mínimo Viável (MVP) para validar as hipóteses centrais e evoluindo para uma plataforma empresarial completa. Esta estratégia mitiga o risco, permite a recolha de feedback precoce e otimiza a alocação de recursos.

Fase	Funcionalidades Chave	Objetivo Principal / Público-Alvo	Duração Estimada
<b>Fase 1: Produto Mínimo Viável (MVP)</b>	- Aplicação móvel com todos os campos de entrada de dados. - Base de dados local (SQLite) para armazenamento offline. - Botão de sincronização manual. - Página web simples para visualização de dados brutos sincronizados. - <i>Sem</i>	Validar o ciclo principal de coleta de dados com um único utilizador profissional (arborista/consultor).	3-4 Meses

	<i>integrações de API ou relatórios avançados.</i>		
<b>Fase 2: Produto Comercial (V1.0)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integração com as APIs do Pl@ntNet e GBIF.</li> <li>- Assistente de avaliação de risco conforme ABNT NBR 16246-3.</li> <li>- Painel de controlo web com mapa GIS interativo.</li> <li>- Geração de relatórios básicos em PDF/CSV.</li> <li>- Sincronização automática em segundo plano.</li> </ul>	Lançar um produto comercialmente viável para profissionais individuais e pequenas empresas de consultoria.	4-5 Meses Adicionais
<b>Fase 3: Plataforma Empresarial (V2.0)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contas multiutilizador com papéis e permissões (Administrador, Inspetor).</li> <li>- Gestão de equipas e atribuição de tarefas.</li> <li>- Painel de controlo analítico avançado com análise de tendências históricas.</li> <li>- Potencial integração com sistemas de gestão de ordens de serviço municipais (via API).</li> </ul>	Atender às necessidades de organizações maiores, como municípios, grandes empresas de consultoria e concessionárias de serviços públicos.	Contínuo

## Referências citadas

1. Inventário Arbóreo - Poda Lab - sites USP, acessado em agosto 2, 2025, <https://sites.usp.br/podalab/inventario/>
2. Respostas do Flexi - Como medir o diâmetro de uma árvore? | CK-12 Foundation, acessado em agosto 2, 2025, <https://www.ck12.org/flexi/pt-br/mat-7-anos/determinando-dimensoes-de-secoes-transversais/como-medir-o-diametro-de-uma-arvore/>
3. Livro Dendrometria e Inventário Florestal, acessado em agosto 2, 2025, <https://www.mensuracaoflorestal.com.br/capitulo-2-diametro-circunferencia-e-area-basal>

4. Por que repensar a forma de coletar DAP? - Florestas Digitais - Treevia, acessado em agosto 2, 2025, <https://treevia.com.br/repensar-a-coleta-dap/>
5. O que é DAP de uma árvore? Descubra a sua importância - Instituto Brasileiro de Florestas, acessado em agosto 2, 2025, <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/o-que-e-dap-de-uma-arvore>
6. Clinômetro Medidor de Altura - Geologia BR, acessado em agosto 2, 2025, <https://www.geologiabr.com/bussolas/imersas-em-liquido-tipo-silva/clinometro-medidor-de-altura>
7. Instrumentos Utilizados Em Medições e Coletas de Dados Florestais - Mata Nativa, acessado em agosto 2, 2025, <https://matanativa.com.br/instrumentos-mais-utilizados-em-coletas-de-dados-florestais/>
8. Material Florestal: Forcípulas, Hipsómetros, Trados e Clinómetros - Topotienda, acessado em agosto 2, 2025, <https://topotienda.com/pt/florestal>
9. Arboreal Tree Height – Apps no Google Play, acessado em agosto 2, 2025, <https://play.google.com/store/apps/details?id=se.arboreal.height&hl=pt>
10. Aplicativos e smartphones para mensuração da altura de árvores em plantio florestal, acessado em agosto 2, 2025, <https://pfb.sede.embrapa.br/pfb/article/view/2113>
11. CELULARES, APLICATIVOS E OPERADORES NA MENSURAÇÃO FLORESTAL, acessado em agosto 2, 2025, <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/download/81648/45616>
12. RELATÓRIO DE FITOSSANIDADE - Museu da Casa Brasileira, acessado em agosto 2, 2025, [https://mcb.org.br/wp-content/uploads/2020/10/Anexo\\_-\\_Relatorio-Fitossanitario.pdf](https://mcb.org.br/wp-content/uploads/2020/10/Anexo_-_Relatorio-Fitossanitario.pdf)
13. AVALIAÇÃO ESPACIAL E FITOSSANITÁRIA DE ÁRVORES URBANAS NO MUNICÍPIO DE JEQUIÉ, BAHIA | Semana de Engenharia Florestal da Bahia (SEEFLO-BA) - UESB, acessado em agosto 2, 2025, <https://anais2.uesb.br/index.php/seefflor/article/view/2878>
14. Manual de Campo: procedimentos para coleta de dados biofísicos e socioambientais. / Serviço Florestal Brasileiro., acessado em agosto 2, 2025, [https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/publicacoes\\_ifn/manual\\_de\\_campo/Manual\\_de\\_Campo\\_IFN\\_Versao\\_7\\_4\\_1.pdf](https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/publicacoes_ifn/manual_de_campo/Manual_de_Campo_IFN_Versao_7_4_1.pdf)
15. AVALIAÇÃO FITOSSANITÁRIA DE ARBÓREAS DO CENTRO DA CIDADE DE GUARAREMA, SP: CONTRIBUIÇÕES PARA O MANEJO Paloma Vicentin<sup>1</sup>, R - UMC, acessado em agosto 2, 2025, [https://www.umc.br/\\_img/\\_diversos/pesquisa/pibic\\_pvic/XIX\\_congresso/artigos/Paloma\\_Vicentin.pdf](https://www.umc.br/_img/_diversos/pesquisa/pibic_pvic/XIX_congresso/artigos/Paloma_Vicentin.pdf)
16. análise qualitativa da arborização urbana de 25 vias públicas da cidade de aracaju-se, acessado em agosto 2, 2025, <https://www.scielo.br/j/cflo/a/4HGfBygnKJK4FfBxM3ZycWx/>
17. Saiba como identificar árvores doentes ou com risco de queda e como agir, acessado em agosto 2, 2025, <https://butantan.gov.br/noticias/saiba-como-identificar-arvores-doentes-ou-com>



- [-risco-de-queda-e-como-agir](#)
18. diretrizes técnicas para a elaboração do programa de monitoramento automático de dados na arborização urbana da cidade de manaus/am - TEDE, acessado em agosto 2, 2025,  
[https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6906/6/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Concei%C3%A7%C3%A3oVargas\\_PPGCIFA.pdf](https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6906/6/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Concei%C3%A7%C3%A3oVargas_PPGCIFA.pdf)
  19. Áreas Verdes e Arborização Urbana - CONEXÃO AMBIENTAL, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://www.conexaoambiental.pr.gov.br/Pagina/Areas-Verdes-e-Arborizacao-Urbana>
  20. Pl@ntNet API for developers, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://my.plantnet.org/>
  21. Pl@ntNet identify - PlantNet, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://identify.plantnet.org/pt-br>
  22. Pl@ntNet identify - PlantNet, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://identify.plantnet.org/pt>
  23. APLICATIVOS DE IDENTIFICAÇÃO DE PLANTAS NO CELULAR FUNCIONAM? #CORTES, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://www.youtube.com/watch?v=WgmMJJf97T8>
  24. Flora e Funga do Brasil - Lista Oficial - GBIF, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://www.gbif.org/pt/dataset/aacd816d-662c-49d2-ad1a-97e66e2a2908>
  25. Lista de Espécies da Flora do Brasil 2015 - Brazilian Flora Checklist - Dados Abertos, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/floradobrasil>
  26. Flora e Funga do Brasil - Lista Oficial - GBIF, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://www.gbif.org/dataset/aacd816d-662c-49d2-ad1a-97e66e2a2908>
  27. Nova ABNT 16.246 - 3 de Avaliação de Risco de Árvores - Plant Care, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://www.plantcare.com.br/single-post/2019/10/25/plant-care-realiza-invent-c3-a1rio-arb-c3-b3reo-para-a-eac>
  28. ABNT NBR 16246-3:2019, acessado em agosto 2, 2025,  
[https://aplicnt.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/scpro2124.nsf/ab87ae0e15e7ddd0325863200569395/551005fa8e300a6803258b7900636a89/\\$FILE/519885569-ABNT-16246-3\(1\).pdf](https://aplicnt.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/scpro2124.nsf/ab87ae0e15e7ddd0325863200569395/551005fa8e300a6803258b7900636a89/$FILE/519885569-ABNT-16246-3(1).pdf)
  29. ÁRVORE EM ÁREA INTERNA - COMUNICAR REMOÇÃO À PREFEITURA, acessado em agosto 2, 2025,  
[https://diariooficial.prefeitura.sp.gov.br/md\\_epubli\\_visualizar.php?56RmMI7q6g-TyHUWPDfPal2uz.JielfUOB1p4UGBGXEnKhBuelmOR5IsDIwp-ylhsc3Sh1HI7dSoOH8KOuteEoLvyFdKWxBiD\\_Xloimg6w1HkgvWoGM2XZb7-Dg-IdnzE](https://diariooficial.prefeitura.sp.gov.br/md_epubli_visualizar.php?56RmMI7q6g-TyHUWPDfPal2uz.JielfUOB1p4UGBGXEnKhBuelmOR5IsDIwp-ylhsc3Sh1HI7dSoOH8KOuteEoLvyFdKWxBiD_Xloimg6w1HkgvWoGM2XZb7-Dg-IdnzE)
  30. ABNT NBR 16246-3 NBR16246-3 Florestas urbanas - Target Normas, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12580/abnt-nbr16246-3-florestas-urbanas-manejo-de-arvores-arbustos-e-outras-plantas-lenhosas-parte-3-avaliacao-de-risco-de-arvores>
  31. Avaliação dos riscos das árvores em florestas urbanas - funverde, acessado em

- agosto 2, 2025,  
<https://www.funverde.org.br/blog/avaliacao-dos-riscos-das-arvores-em-florestas-urbanas/>
32. A avaliação de risco de árvores em áreas urbanas - Target Normas, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://www.normas.com.br/visualizar/artigo-tecnico/3653/a-avaliacao-de-risco-d-e-arvores-em-areas-urbanas>
  33. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO INSTITUTO DE FLORESTAS CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA (Lato sens, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://rima.ufrj.br/jspui/bitstream/20.500.14407/8797/1/OL%C3%8DVIA%20PEREIRA%20LOPES.pdf>
  34. AVALIAÇÃO DAS ÁRVORES URBANAS IMPLANTADAS PELO PROJETO MAIS VERDE MAIS VIDA NO MUNICÍPIO DE BARRETO, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://brt.ifsp.edu.br/phocadownload/userupload/213354/IFMAG220002.pdf>
  35. RISCO DE QUEDA DE ÁRVORES URBANAS: A ASSOCIAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DA ANÁLISE VISUAL, TOMOGRAMAS E OCORRÊNCIA DE QUEDA - Locus UFV, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://locus.ufv.br/bitstreams/29264463-5f6f-4105-a26c-9e27a415ef80/download>
  36. Mapeamento da arborização urbana de três setores censitários da cidade de Frutal-MG - UNAERP, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://www.unaerp.br/documentos/2893-mapeamento-da-arborizacao-urbana-de-tres-setores-censitarios-da-cidade-de-frutal-mg/file>
  37. ANEXO I PLANO DE GESTÃO DA ARBORIZAÇÃO URBANA- PGAU MARINGÁ - PR Julho de 2019, acessado em agosto 2, 2025,  
[https://www3.maringa.pr.gov.br/cdn-imprensa/ANEXO%20I\\_PGAU.pdf](https://www3.maringa.pr.gov.br/cdn-imprensa/ANEXO%20I_PGAU.pdf)
  38. BIM e SIG – PARA INFRAESTRUTURA VIÁRIA, UMA ANÁLISE DE INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS - prp-unicamp, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2023P22239A28016O77.pdf>
  39. Uso dos sistemas de informação geográfica para a integração da gerência de pavimentos urbanos com as atividades das concessões - Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP, acessado em agosto 2, 2025,  
[https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-30012018-150517/publico/Dissert\\_Pantigoso\\_JoseFG.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-30012018-150517/publico/Dissert_Pantigoso_JoseFG.pdf)
  40. Temporal database - Wikipedia, acessado em agosto 2, 2025,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Temporal\\_database](https://en.wikipedia.org/wiki/Temporal_database)
  41. Introduction To Temporal Database - GeeksforGeeks, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://www.geeksforgeeks.org/dbms/introduction-to-temporal-database/>
  42. Temporal Databases, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://www2.cs.arizona.edu/people/rts/pubs/LNCS639.pdf>
  43. Temporal Patterns - Martin Fowler, acessado em agosto 2, 2025,  
<https://martinfowler.com/eaDev/timeNarrative.html>
  44. INTRODUÇÃO AO AMBIENTE SIG QGIS - IBGE, acessado em agosto 2, 2025,  
[https://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/outros\\_](https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_)

[documentos\\_tecnicos/introducao\\_sig\\_qgis/Introducao\\_ao\\_ambiente\\_SIG\\_QGIS\\_2edicao.pdf](#)

45. Sistemas de Informação Geográfica: a Base da Gestão Inteligente de Cidades | Geopixel, acessado em agosto 2, 2025, <https://www.geopixel.com.br/sistemas-de-informacao-geografica/>
46. Informações Geoespaciais — Governo Digital - Portal Gov.br, acessado em agosto 2, 2025, <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/infraestrutura-nacional-de-dados/geoinformacao>
47. Configurar sincronização de dados offline - Learn Microsoft, acessado em agosto 2, 2025, <https://learn.microsoft.com/pt-br/dynamics365/field-service/mobile/offline-data-sync>
48. Offline First: Apps que funcionam sem internet | Code/Drops #47 - YouTube, acessado em agosto 2, 2025, [https://www.youtube.com/watch?v=EX48Yk\\_e2OE](https://www.youtube.com/watch?v=EX48Yk_e2OE)
49. Melhores práticas para o desenvolvimento de um aplicativo para uso offline - Power Apps, acessado em agosto 2, 2025, <https://learn.microsoft.com/pt-br/power-apps/mobile/best-practices-offline>
50. React Native vs Flutter: What to Choose in 2025 | BrowserStack, acessado em agosto 2, 2025, <https://www.browserstack.com/guide/flutter-vs-react-native>
51. React Native Paper, acessado em agosto 2, 2025, <https://reactnativepaper.com/>
52. Using MUI in React Native - LogRocket Blog, acessado em agosto 2, 2025, <https://blog.logrocket.com/using-mui-react-native/>
53. Flutter vs React Native: Complete 2025 Framework Comparison Guide | Blog, acessado em agosto 2, 2025, <https://www.thedroidsonroids.com/blog/flutter-vs-react-native-comparison>
54. Core Components and Native Components - React Native, acessado em agosto 2, 2025, <https://reactnative.dev/docs/intro-react-native-components>
55. pygbif - Read the Docs, acessado em agosto 2, 2025, <https://pygbif.readthedocs.io/>
56. pygbif - Technical Documentation, acessado em agosto 2, 2025, <https://techdocs.gbif.org/en/data-use/pygbif>
57. Introduction to the GBIF API - Technical Documentation, acessado em agosto 2, 2025, <https://techdocs.gbif.org/en/data-use/api-introduction>
58. species module — pygbif 0.6.5 documentation - Read the Docs, acessado em agosto 2, 2025, <https://pygbif.readthedocs.io/en/latest/modules/species.html>
59. occurrence module — pygbif 0.6.5 documentation - Read the Docs, acessado em agosto 2, 2025, <https://pygbif.readthedocs.io/en/latest/modules/occurrence.html>
60. pygbif - GBIF client for Python - Recology, acessado em agosto 2, 2025, <https://recology.info/2015/11/pygbif/>