



UNIVERSIDADE
LUSÓFONA



DigiDoc

Trabalho Final de curso

Relatório Final 2º Semestre

Bruno Ramos, 22207718, LEI

Orientador: Daniel Silveira

Coorientador: Martijn Kuipers

Departamento de Engenharia Informática da Universidade Lusófona

Centro Universitário de Lisboa

27/04/2025

Agradecimentos

Gostaria de expressar a minha sincera gratidão aos meus orientadores, Daniel Silveira e Martijn Kuipers, pelo acompanhamento, pelas orientações valiosas e pela dedicação ao longo de todo o processo.

Agradeço também a todos os que, de alguma forma, acompanharam a minha caminhada e me apoiaram, família, amigos e colegas, pelo incentivo constante, pelas palavras de motivação e por acreditarem em mim mesmo nos momentos mais desafiantes.

E por último, e de todo não menos importante, agradeço a mim próprio, pela persistência, pelo esforço e por nunca ter desistido, mesmo quando o caminho pareceu difícil.

Direitos de cópia

DigiDoc, Copyright de Bruno Ramos, ULHT.

A Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação (ECATI) e a Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias (ULHT) têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Resumo

O **DigiDoc** é uma aplicação móvel criada para facilitar a gestão de documentos pessoais, oferecendo uma solução prática, segura e eficiente. Através de funcionalidades, como digitalização automatizada, identificação automática do tipo de documento, extração automática de data de validade de documentos para notificar o utilizador e proteção de dados, centralizando e simplificando o acesso a documentos importantes.

Com suporte a formatos de imagens populares como, **PNG** e **JPEG**, a aplicação permite o upload de ficheiros existentes ou a captura direta via câmara. A aplicação realiza o processamento das imagens, corrigindo automaticamente a inclinação e extraí dados com precisão, complementado por tecnologias de **OCR** como o **Google ML Kit**. Os alertas personalizáveis extraídos dos documentos, notificam os utilizadores sobre prazo de validade próximos.

Para garantir privacidade, a aplicação utiliza armazenamento cifrado e autenticação robusta, como PIN ou biometria por impressão digital. A aplicação é desenvolvida com **Flutter** e, oferecendo uma experiência acessível, tornando-se uma ferramenta prática para gerir documentos de forma segura e prática no dia a dia.

Palavras-chave: Gestão de documentos pessoais, Digitalização automática, Pré-processamento de imagem, Notificações de validade, Proteção de dados, OCR (Reconhecimento Ótico de Caracteres), Armazenamento cifrado, Autenticação biométrica por impressão digital, Flutter

Abstract

The **DigiDoc** is a mobile application designed to simplify the management of personal documents, offering a practical, secure, and efficient solution. Through features such as automated scanning, automatic document type identification, automatic extraction of document expiration dates to notify the user, and data protection, it centralizes and streamlines access to important documents.

With support for popular image formats like **PNG** and **JPEG**, the application allows the upload of existing files or direct capture via the camera. The application processes images, automatically correcting alignment and extracting data accurately, complemented by **OCR** technologies such as **Google ML Kit**. Customizable alerts extracted from documents notify users about upcoming expiration dates.

To ensure privacy, the application uses encrypted storage and robust authentication methods, such as PIN or fingerprint biometrics. Developed with **Flutter**, it offers an accessible experience, becoming a practical tool for securely and efficiently managing documents in daily life.

Keywords: Personal document management, Automated scanning, Image preprocessing, Intelligent categorization, Expiration notifications, Data protection, OCR (Optical Character Recognition), Encrypted storage, Fingerprint biometric authentication, Flutter

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas	xi
Lista de Siglas	xii
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação e Identificação do Problema.....	2
1.2.1 Motivação.....	2
1.2.2 Identificação do Problema	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo Geral.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Estrutura do Documento	3
2 Pertinência e Viabilidade.....	1
2.1 Pertinência.....	1
2.1.1 Impacto Esperado no Problema Identificado.....	1
2.1.2 Validação por Terceiros	1
2.1.3 Impacto Positivo Esperado	3
2.2 Viabilidade	3
2.2.1 Alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	3
2.2.2 Viabilidade Técnica.....	4
2.2.3 Viabilidade Económica	5
2.2.4 Viabilidade Social.....	6
2.3 Análise Comparativa com Soluções Existentes.....	6
2.3.1 Soluções existentes	6
2.3.2 Análise de benchmarking	7
2.4 Proposta de inovação e mais-valias.....	8

2.5	Identificação de oportunidade de negócio.....	8
2.6	Modelo de Negócio	8
3	Especificação e Modelação	11
3.1.1	Requisitos Funcionais	11
3.1.2	Requisitos Não Funcionais.....	11
3.1.3	Casos de Uso.....	11
3.2	Modelação	13
3.2.1	Modelo de Classes	14
3.2.2	Diagrama de Entidade-Relação	16
3.2.3	Diagrama de Atividades.....	16
3.3	Protótipos de Interface.....	18
3.3.1	Mockups da aplicação	18
3.3.2	Mapa Aplicacional	19
4	Solução Proposta.....	22
4.1	Arquitetura do Sistema.....	22
4.1.1	Componentes Principais.....	22
4.2	Arquiteturas, Tecnologias e Ferramentas Utilizadas.....	23
4.3	Ambientes de Teste e de Produção.....	28
4.3.1	Ambiente de Teste:	28
4.3.2	Ambiente de Produção.....	28
4.4	Abrangência	29
4.5	Componentes.....	30
4.5.1	Componente 1: Interface de Utilizador (Frontend).....	30
4.5.2	Componente 2: Processamento de Imagem e OCR	31
4.5.3	Componente 4: Sistema de Notificações	31
4.5.4	Componente 5: Segurança e Proteção de Dados.....	32
5	Testes e Validação	33
5.1	Abordagem e Justificação	33
5.2	Plano de Testes para Validação	34
5.3	Validação Operacional em Contexto Real	35
5.4	Demonstração em Vídeo	35
5.5	Participação de Utilizadores Reais.....	36
6	Método e Planeamento	37

6.1	Planeamento inicial	37
	Cronograma de Desenvolvimento	38
6.2	Análise Crítica ao Planeamento	38
7	Resultados	40
7.1	Resultados dos testes	40
7.2	Cumprimento de Requisitos	40
8	Conclusão	42
8.1	Conclusão.....	42
8.2	Trabalhos Futuros	43
	Bibliografia	44
	Glossário.....	46
	Anexos.....	47

Lista de Figuras

Figura 1-Logotipo DigiDoc	2
Figura 2 - gráfico do inquérito	2
Figura 3 - Casos de uso	13
Figura 4 – Modelo de Classes DigiDoc	14
Figura 5 - Diagrama de entidade-relação	16
Figura 6 - Atividade: Digitalizar Documento	17
Figura 9 – Diagrama de Atividades:	17
Figura 8 - Diagrama de Atividades:	17
Figura 10 - Mockups DigiDoc	18
Figura 11 - Mapa Aplicacional DigiDoc	19
Figura 12 - Logotipo Flutter	24
Figura 13 - Arquitetura Flutter	24
Figura 14 - Logotipo SQFLite (Flutter + SQLite)	25
Figura 15 - Arquitetura SQFLite	25
Figura 16 – Google ML Kit	26
Figura 17 - Arquitetura Google ML Kit	26
Figura 18 – Teachable Machine	26
Figura 19 – Teachable Machine	27
Figura 20 - Logotipo AES - 256	27
Figura 21 - Arquitetura AES-256	28
Figura 22 - Diagrama de Componentes (DigiDoc)	30
Figura 23 - Diagrama de Ishikawa (Baixa usabilidade)	33
Figura 24 - Diagrama de Gantt do projeto	37

Lista de Tabelas

Tabela 1 - benchmarking DigiDoc	7
Tabela 2 - Critérios de Aceitação	34
Tabela 3 - Cumprimento de Requisitos	41
Tabela 4 - Ficha Técnica dos dados dos Utilizadores.....	47

Lista de Siglas

LEI - Licenciatura em Engenharia Informática.

ECATI - Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação.

ULHT - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

OCR - Reconhecimento Ótico de Caracteres (Optical Character Recognition).

PNG - Portable Network Graphics (formato de imagem).

JPEG - Joint Photographic Experts Group (formato de imagem).

GDPR - General Data Protection Regulation (Regulamento Geral de Proteção de Dados da UE).

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Sustainable Development Goals).

ROI - Return on Investment (Retorno sobre Investimento).

SQL - Structured Query Language (Linguagem de Consulta Estruturada).

AES-256 - Advanced Encryption Standard com chave de 256 bits (padrão de criptografia).

SaaS - Software as a Service (Software como Serviço).

TFC - Trabalho Final de Curso.

LIG - Licenciatura em Informática de Gestão.

FTA - Fault Tree Analysis (Análise de Árvore de Falhas).

API - Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicações).

1 Introdução

A gestão de documentos é uma tarefa essencial, mas frequentemente marcada por desorganização, esquecimento de prazos de validade e preocupações com segurança. Apesar de soluções como Google Drive e Microsoft OneDrive oferecerem armazenamento na nuvem, elas muitas vezes carecem de funcionalidades específicas para utilizadores individuais, como notificações de expiração ou identificação automática de documentos pessoais [GraVie25]. O projeto DigiDoc propõe uma aplicação móvel de código aberto que aborda esses desafios, oferecendo uma solução integrada para digitalização, organização, notificações locais e armazenamento seguro de documentos, com foco em privacidade e acessibilidade.

1.1 Enquadramento

A transformação digital tem impulsionado a adoção de ferramentas para gestão documental, com o mercado global de digitalização previsto para atingir 12,7 mil milhões de dólares até 2028 [GraVie25]. Tecnologias como Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) permitem converter imagens de documentos em texto pesquisável, facilitando a organização e busca [TesOCR]. Além disso, regulamentações como o GDPR reforçam a necessidade de proteger dados sensíveis com criptografia e autenticação segura [GDPR18]. O DigiDoc alinha-se a essas tendências, utilizando tecnologias open source, como Flutter e Tesseract OCR, para oferecer uma solução acessível que prioriza o armazenamento local, garantindo maior controle e privacidade ao utilizador.

1.2 Motivação e Identificação do Problema

1.2.1 Motivação



Figura 1-Logotipo DigiDoc

O DigiDoc nasceu da necessidade crescente por uma ferramenta prática, intuitiva e segura para a gestão de documentos pessoais. A aplicação foi pensada para resolver um problema comum e muitas vezes negligenciado: o esquecimento de prazos críticos para renovação de documentos.

Estudos demonstram que a falha em cumprir essas tarefas futuras, conhecida como memória prospectiva, é particularmente frequente em adultos jovens, e muitas vezes está ligada a fatores como procrastinação, ansiedade ou défice de atenção (TDAH)

[Zuber21][Altgassen19][Bowman19][Niedźwieńska20]. Por exemplo, indivíduos com maior tendência a procrastinar [Zuber21] ou com sintomas ansiosos [Bowman19] têm significativamente mais falhas em lembrar-se de tarefas como renovar documentos, o que pode resultar em multas, impedimentos legais ou constrangimentos práticos [Niedźwieńska20].

Além disso, o DigiDoc responde a um apelo crescente por **eficiência e organização digital**, como apontado pela AIIM [AIIM21]. Esta combinação de usabilidade, segurança e personalização faz do DigiDoc uma ferramenta essencial para evitar esquecimentos que, embora comuns, podem ter consequências sérias na vida pessoal e profissional do utilizador.

1.2.2 Identificação do Problema

O DigiDoc aborda três problemas principais enfrentados por utilizadores individuais:

Desorganização: 47% dos indivíduos relatam dificuldades em localizar documentos específicos rapidamente, devido à falta de ferramentas integradas [AIIM21].

Esquecimento de prazos: Prazos de validade de documentos, como passaportes, frequentemente passam despercebidos, gerando transtornos e custos adicionais.

Segurança insuficiente: Mais de 70% dos vazamentos de dados envolvem documentos mal protegidos, destacando a necessidade de criptografia robusta [DataStorage25].

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma aplicação móvel open source que simplifique a gestão de documentos pessoais, com funcionalidades de digitalização, organização, notificações de expiração e armazenamento seguro.

1.3.2 Objetivos Específicos

Implementar digitalização com reconhecimento automático de tipos de documentos usando Teachable Machine.

Extrair texto de documentos via Tesseract OCR para pesquisa e organização.

Configurar notificações locais de expiração com Flutter Local Notifications.

Garantir segurança com armazenamento local em sqflite e criptografia AES-256.

Permitir organização de documentos em dossiers personalizados por pessoa ou entidade.

1.4 Estrutura do Documento

Secção 1: Introdução - Apresenta o enquadramento do projeto, a motivação e identificação do problema relacionado à gestão de documentos pessoais, os objetivos gerais e específicos, e a estrutura do relatório.

Secção 2: Pertinência e Viabilidade - Analisa a relevância da solução, incluindo o impacto esperado, validação por terceiros, e viabilidade técnica, econômica e social, além de uma análise comparativa com soluções existentes e proposta de inovação.

Secção 3: Especificação e Modelação - Detalha os requisitos funcionais e não funcionais, casos de uso, e apresenta os modelos (diagrama de classes, entidade-relação, e atividades) que estruturam a aplicação.

Secção 4: Solução Proposta - Descreve a arquitetura do sistema, as tecnologias e ferramentas utilizadas, ambientes de teste e produção, abrangência, e os componentes principais da aplicação.

Secção 5: Testes e Validação - Explica o plano de testes, a abordagem de validação operacional em contexto real, a demonstração em vídeo, e a participação de utilizadores reais para avaliar a usabilidade.

Secção 6: Método e Planeamento - Apresenta o planeamento inicial com a metodologia Kanban Agile, o cronograma de desenvolvimento, e uma análise crítica ao progresso realizado.

Secção 7: Resultados - Detalha os resultados dos testes, incluindo outputs e outcomes, e avalia o cumprimento dos requisitos com base nas validações realizadas.

Secção 8: Conclusão - Oferece uma análise crítica da realização do TFC, destacando grau de concretização, diferenças entre proposta e solução, evolução de conhecimentos, dificuldades enfrentadas, e sugestões para refazer, além de propor trabalhos futuros para aprimoramento e inovação.

2 Pertinência e Viabilidade

O projeto é pertinente ao abordar desafios reais na gestão de documentos pessoais, como desorganização, esquecimento de prazos de validade e riscos à segurança de dados. Esta secção analisa a relevância da solução, sua viabilidade técnica, econômica e social, e compara o DigiDoc com soluções existentes, destacando sua proposta de inovação.

2.1 Pertinência

O DigiDoc responde a uma demanda crescente por ferramentas digitais que simplifiquem a gestão documental individual, um mercado projetado para crescer a uma taxa anual de 17,5% até 2028 [GraVie25]. A solução combina tecnologias open source e armazenamento local para oferecer praticidade e privacidade, atendendo às necessidades de utilizadores que buscam maior controle sobre seus dados.

2.1.1 Impacto Esperado no Problema Identificado

O DigiDoc visa resolver três problemas principais:

Desorganização: A digitalização com identificação automática via Teachable Machine e organização em dossiers facilita o acesso rápido a documentos.

Esquecimento de prazos: Notificações locais, configuradas com Flutter Local Notifications, alertam sobre validades de documentos, como passaportes, reduzindo transtornos.

Segurança: O armazenamento local com criptografia AES-256 protege dados sensíveis contra acessos não autorizados [AES256].

2.1.2 Validação por Terceiros

OBS: Para avaliar a viabilidade social e o interesse pelo projeto, foi realizada um inquérito informal junto ao público jovem, utilizando a funcionalidade de stories do Instagram. Apesar de não seguir uma metodologia científica, esta abordagem permitiu obter insights preliminares diretamente do público-alvo, que serviram para validar algumas das funcionalidades propostas na aplicação.

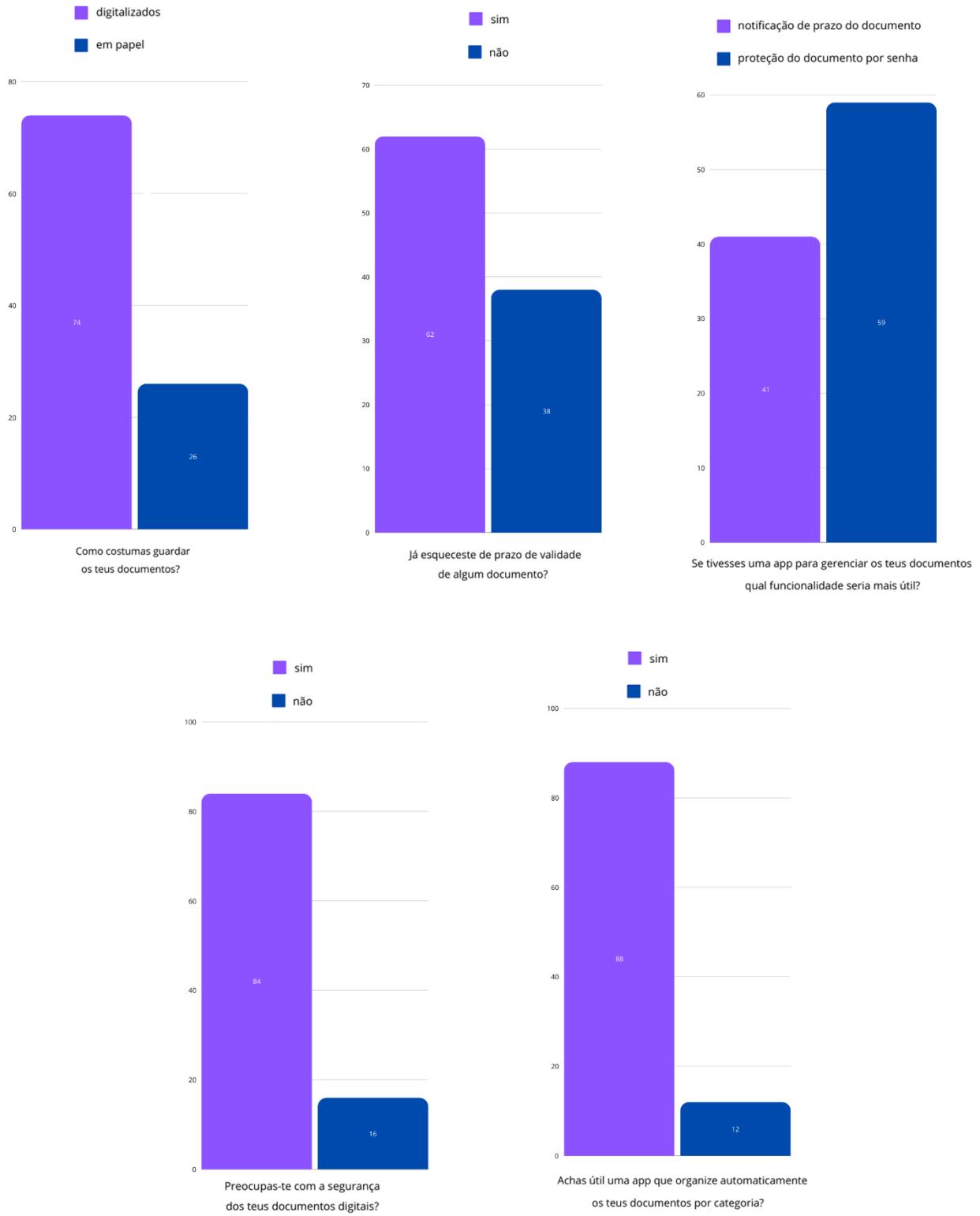


Figura 2 - gráfico do inquérito

(Em anexo encontra-se uma tabela com a ficha técnica de utilizadores)

Os resultados do inquérito revelam informações valiosas sobre as preferências e necessidades do público, destacando a relevância e aceitação da aplicação DigiDoc. Observou-se que a maioria dos participantes já utiliza métodos digitais para guardar documentos, o que demonstra uma tendência crescente para a digitalização e organização digital. Ainda assim, muitos relataram desafios relacionados ao acompanhamento de prazos de validade, o que reforça a importância de funcionalidades como notificações automáticas.

Verificou-se também que, a proteção de documentos por senha foi identificada como a funcionalidade mais desejada, evidenciando a preocupação com a segurança de dados pessoais. Essa preocupação foi corroborada pela elevada percentagem de participantes que expressaram receio em relação à proteção dos seus documentos digitais. Por outro lado, a identificação automática dos documentos foi amplamente vista como útil, indicando que os utilizadores valorizam soluções que facilitem a organização e o acesso rápido a documentos.

2.1.3 Impacto Positivo Esperado

Utilizadores individuais: Simplificação da gestão documental, com redução de esforço manual e maior eficiência.

Famílias: Organização de documentos de dependentes em dossiers personalizados.

Sociedade: Promoção de práticas digitais seguras e sustentáveis, alinhadas à redução do uso de papel [UNSDG].

2.2 Viabilidade

A viabilidade do DigiDoc foi analisada sob as dimensões técnica, econômica e social, considerando o alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

2.2.1 Alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

O DigiDoc contribui para:

ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura): Promove inovação acessível por meio de tecnologias open source [UNSDG].

ODS 12 (Consumo e Produção Sustentáveis): Reduz a dependência de papel, incentivando práticas digitais sustentáveis [UNSDG].

2.2.2 Viabilidade Técnica

O DigiDoc utiliza tecnologias maduras e bem documentadas, garantindo viabilidade técnica:

Flutter: Framework multiplataforma para desenvolvimento nativo em Android e iOS, com ampla comunidade de suporte [Flut23].

sqflite: Banco de dados relacional leve, adequado para armazenamento local de documentos e metadados em dispositivos móveis [SQL23].

Tesseract OCR: Biblioteca open source para extração de texto, executada localmente para proteger dados [TesOCR].

Teachable Machine: Ferramenta de machine learning para identificação automática de documentos por tipo, simplificando o desenvolvimento [TeaMac].

Flutter Local Notifications: Permite notificações locais sem dependência de servidores externos, garantindo confiabilidade [FLN23].

A escolha pelo armazenamento local, em vez de soluções na nuvem, foi motivada pela privacidade: dados sensíveis permanecem no dispositivo, evitando riscos associados a servidores de terceiros [DataStorage25]. Embora isso limite o acesso a um único dispositivo, a abordagem é intencional para atender utilizadores preocupados com segurança.

Além disso, o armazenamento local oferece várias **vantagens adicionais em termos de segurança:**

- **Maior controlo sobre os dados**

O armazenamento local garante que todos os dados ficam sob responsabilidade direta do utilizador ou da organização, sem envolvimento de terceiros. Isto reduz o risco de exposição acidental através de configurações erradas em servidores na nuvem, que são uma causa comum de vazamentos de dados [IBM20].

- **Redução significativa da superfície de ataque**

Como os dados não transitam pela internet nem estão acessíveis remotamente, ataques como interceção de dados, hijacking de sessões ou intrusões por APIs mal configuradas são eliminados ou drasticamente reduzidos [OWASP22].

- **Segurança offline**

Mesmo em caso de falha de rede, queda de internet ou ataque de ransomware a servidores externos, os dados continuam acessíveis no dispositivo e isolados de ameaças externas enquanto estiverem offline [ENISA21].

- **Conformidade legal simplificada**

Com os dados sempre armazenados localmente, torna-se mais fácil garantir

conformidade com leis como o RGPD, que impõem restrições sobre a transferência de dados fora da UE ou a obrigatoriedade de consentimento informado [CNPDpt].

- **Velocidade de recuperação superior**

Estudos mostram que a restauração de backups locais pode ser 4 vezes mais rápida do que em ambientes cloud, o que é crucial em cenários de falha crítica ou perda de dados [Veeam20].

- **Integração com segurança física**

É possível reforçar a proteção dos dados com controlos físicos (ex: autenticação biométrica, cofres de hardware, encriptação por chip local), o que cria uma camada de segurança que nem sempre é viável em ambientes cloud [NIST19].

2.2.3 Viabilidade Económica

A viabilidade económica foi avaliada considerando custos de desenvolvimento e potenciais receitas:

Custos:

Desenvolvimento: Estimado em 200 horas a 20€/hora, totalizando 4.000€ para implementação inicial (incluindo Flutter, sqflite, Tesseract e Teachable Machine).

Manutenção: Aproximadamente 500€/ano para atualizações e correções, considerando a natureza open source das tecnologias.

Infraestrutura: Nenhum custo com servidores, já que o armazenamento é local.

Receitas:

O DigiDoc seguirá um modelo **freemium**, com funcionalidades básicas gratuitas e recursos premium (ex.: armazenamento adicional, exportação em massa) a 2€/mês. Com uma meta inicial de 1.000 utilizadores pagantes, a receita anual seria de 24.000€.

Parcerias com instituições (ex.: universidades) podem gerar licenças corporativas, estimadas em 5.000€/ano por instituição.

Retorno sobre Investimento (ROI): A redução de custos com papel e gestão manual pode economizar até 30% em despesas administrativas para utilizadores individuais e pequenas empresas [AIIM21]. O modelo freemium, comprovado por apps como Dropbox, suporta a sustentabilidade a longo prazo [Sta23].

2.2.4 Viabilidade Social

O DigiDoc atende a necessidades identificadas nas entrevistas:

Organização: Utilizadores relatam dificuldades em gerenciar documentos digitais, especialmente em múltiplos formatos.

Prazos: O esquecimento de validades é comum, especialmente entre jovens.

Segurança: A preferência por armazenamento local reflete preocupações com privacidade [Int24].

A interface intuitiva e o uso de tecnologias open source tornam o DigiDoc acessível a diversos públicos, promovendo inclusão digital.

2.3 Análise Comparativa com Soluções Existentes

2.3.1 Soluções existentes

Foram analisadas cinco soluções populares para gestão documental:

Google Drive: Oferece armazenamento na nuvem, digitalização básica e OCR, mas carece de notificações de expiração e identificação automática [GDrive].

Microsoft OneDrive: Similar ao Google Drive, com integração ao ecossistema Microsoft, mas sem foco em notificações ou organização automática [OneDrive].

Adobe Document Cloud: Ecossistema robusto com OCR avançado, voltado para empresas, com alto custo e dependência de nuvem [AdobeDC].

CamScanner: Especializado em digitalização e OCR, mas sem notificações de validade ou armazenamento local seguro [CamScan].

gov.pt: Gerencia documentos oficiais portugueses, mas não suporta OCR, notificações ou organização personalizada [GovPT].

2.3.2 Análise de benchmarking

A seguir, apresenta-se uma análise comparativa entre o DigiDoc e as soluções existentes mencionadas, destacando as características-chave de cada solução. A tabela a seguir resume essas comparações, ajudando a avaliar como o DigiDoc se posiciona em relação aos concorrentes.

Tabela 1 - benchmarking DigiDoc

Características	DigiDoc	Google Drive	OneDrive	Adobe Document Cloud	Gov.pt
Digitalização de Documentos	✓	✓	✓	✓	
OCR	✓	✓	✓	✓	
Detecção Automática	✓			✓	
Notificações de Validade	✓				
Armazenamento Local	✓				
Criptografia AES-256	✓	✓	✓		✓
Open Source	✓				

A aplicação diferencia-se por combinar detecção automática via Teachable Machine, notificações locais e armazenamento local seguro, tudo em uma solução open source, ao contrário das alternativas, que dependem de nuvem ou são voltadas para empresas.

2.4 Proposta de inovação e mais-valias

Inovações:

- **Deteção automática:** Uso de Teachable Machine para identificar tipos de documentos com base em imagens, simplificando a organização.
- **Notificações locais:** Integração com Flutter Local Notifications garante alertas sem dependência de servidores externos.
- **Privacidade:** Armazenamento local com criptografia AES-256 e execução de OCR no dispositivo protegem dados sensíveis [AES256][TesOCR].

Mais-Valias:

- **Eficiência:** Reduz o tempo de organização e busca de documentos.
- **Acessibilidade:** Interface intuitiva e open source tornam a solução acessível a todos.
- **Sustentabilidade:** Digitalização reduz o uso de papel, alinhando-se ao ODS 12 [UNSDG].

2.5 Identificação de oportunidade de negócio

A aplicação **DigiDoc** surge como uma resposta inovadora e tecnicamente robusta à necessidade crescente de organização, proteção e gestão inteligente de documentos pessoais. Num contexto onde os utilizadores enfrentam prazos de validade, exigências documentais e risco de perda de informação, o DigiDoc representa uma solução acessível, segura e com potencial de expansão no mercado nacional.

2.6 Modelo de Negócio

Modelo freemium segue com duas modalidades:

Versão Gratuita:

- Armazenamento local cifrado (AES-256)
- Organização por dossiers

- Notificações locais sobre validade de documentos
- Extração básica de texto via OCR
- Interface simples e funcional
- Sem necessidade de conta ou ligação à internet

Versão Premium:

2,99 € por mês ou 24,99 € por ano (equivalente a 2 meses gratuitos)

Funcionalidades exclusivas:

- **Backup automático na cloud:** sincronização com Google Drive ou Dropbox
- **OCR avançado com validação automática de dados:** extração de nome, número e validade
- **Assistente inteligente adaptado ao contexto português:** analisa apenas os nomes dos documentos armazenados e, com base na legislação e exigências comuns em Portugal, sugere documentos em falta para determinados processos administrativos (ex.: renovação de Cartão de Cidadão, entrega de IRS, matrícula escolar, etc.)
- **Importante:** Esta funcionalidade de IA **não acede ao conteúdo dos documentos nem a dados sensíveis.** O sistema foi desenhado para preservar totalmente a privacidade do utilizador, analisando apenas os nomes atribuídos aos documentos.
- **Temas personalizados e personalização visual**
- **Suporte prioritário e acesso antecipado a novas funcionalidades**

Estratégia Comercial e Escalabilidade

O modelo freemium permite captar utilizadores de forma orgânica, ao oferecer valor real desde o primeiro contacto com a aplicação. A versão premium oferece um conjunto de funcionalidades com valor acrescido, a um preço acessível e competitivo no mercado português.

Além do público individual, o DigiDoc poderá evoluir para uma versão corporativa ou institucional (B2B), dirigida a empresas, clínicas, escolas ou câmaras municipais, permitindo gestão documental centralizada com foco na privacidade.

A escalabilidade é possível tanto a nível funcional (integração com plataformas públicas ou serviços de certificação digital), como geográfico, com potencial de expansão para outros países lusófonos mediante adaptação da lógica documental e legal da funcionalidade de IA.

3 Especificação e Modelação

Esta secção apresenta a **especificação técnica detalhada** do projeto, estruturando os elementos essenciais que definem o comportamento e a arquitetura da aplicação, identificando os **requisitos funcionais e não funcionais**, bem como nos **casos de uso e diagramas de modelação**, que refletem as decisões técnicas adotadas ao longo do desenvolvimento.

3.1.1 Requisitos Funcionais

O sistema deve permitir a digitalização de documentos via câmera ou upload de imagens, E1F1 com identificação automática do tipo de documento pessoais usando Teachable Machine [TeaMac].

E1F2 O sistema deve extrair texto de documentos digitalizados utilizando Tesseract OCR, permitindo pesquisa por palavra-chave [TesOCR].

E1F3 O sistema deve enviar notificações locais sobre datas de expiração de documentos, configuradas automaticamente via OCR ou manualmente pelo utilizador [FLN23].

E1F4 O sistema deve permitir pesquisa por palavra-chave no texto extraído dos documentos.

E1F5 O sistema deve proteger documentos com criptografia AES-256 e autenticação via código de acesso, utilizando flutter_secure_storage para gerenciamento de chaves [AES256][FSS23].

3.1.2 Requisitos Não Funcionais

E1NF1 A aplicação deve ser desenvolvida em Flutter para garantir compatibilidade com Android e iOS [Flut23].

E1NF2 O armazenamento local deve usar sqflite, garantindo eficiência e confiabilidade para dados relacionais em dispositivos móveis [SQL23].

E1NF3 Os dados devem ser armazenados localmente, sem dependência de servidores na nuvem, para priorizar privacidade [DataStorage25].

3.1.3 Casos de Uso

Os casos de uso descrevem as interações principais do utilizador com o DigiDoc, mapeando as funcionalidades especificadas nos requisitos.

Autenticar com Código de Acesso: Permite ao utilizador autenticar-se na aplicação utilizando um código de acesso (PIN) armazenado de forma segura com flutter_secure_storage. Garante acesso protegido aos documentos criptografados com AES-256. **Requisitos Associados:** E1F5, E1NF5.

Criar ou Redefinir Código de Acesso: Permite ao utilizador criar um novo código de acesso ou redefini-lo, utilizando flutter_secure_storage para armazenar de forma segura, com criptografia AES-256. **Requisitos Associados:** E1F5, E1NF5.

Digitalizar Documento via Câmera Permite ao utilizador capturar uma foto de um documento usando a câmera, com identificação automática do tipo de documento (pessoal) via Teachable Machine. **Requisito Associado:** E1F1.

Fazer Upload de Documento: Permite ao utilizador carregar uma imagem ou documento a partir do dispositivo, com identificação automática do tipo de documento via Teachable Machine. **Requisito Associado:** E1F1.

Extrair Texto de Documentos: Permite ao utilizador extrair texto de documentos digitalizados usando Tesseract OCR, armazenando os dados localmente com sqflite. **Requisitos Associados:** E1F2, E1NF2.

Pesquisar por Palavra-Chave: Permite ao utilizador pesquisar por palavras-chave no texto extraído dos documentos, utilizando índices gerados pelo Tesseract OCR. **Requisitos Associados:** E1F2, E1F4.

Definir Alertas: Permite ao utilizador configurar notificações locais sobre datas de expiração de documentos, baseadas em extração via OCR ou inserção manual. **Requisito Associado:** E1F3.

Armazenar Documentos Localmente: Permite o armazenamento seguro de documentos no dispositivo usando sqflite, com criptografia AES-256 aplicada aos dados. **Requisitos Associados:** E1NF2, E1NF4, E1NF5.

O diagrama de caso de uso ilustra as principais interações entre o utilizador e a aplicação, abrangendo funcionalidades essenciais.

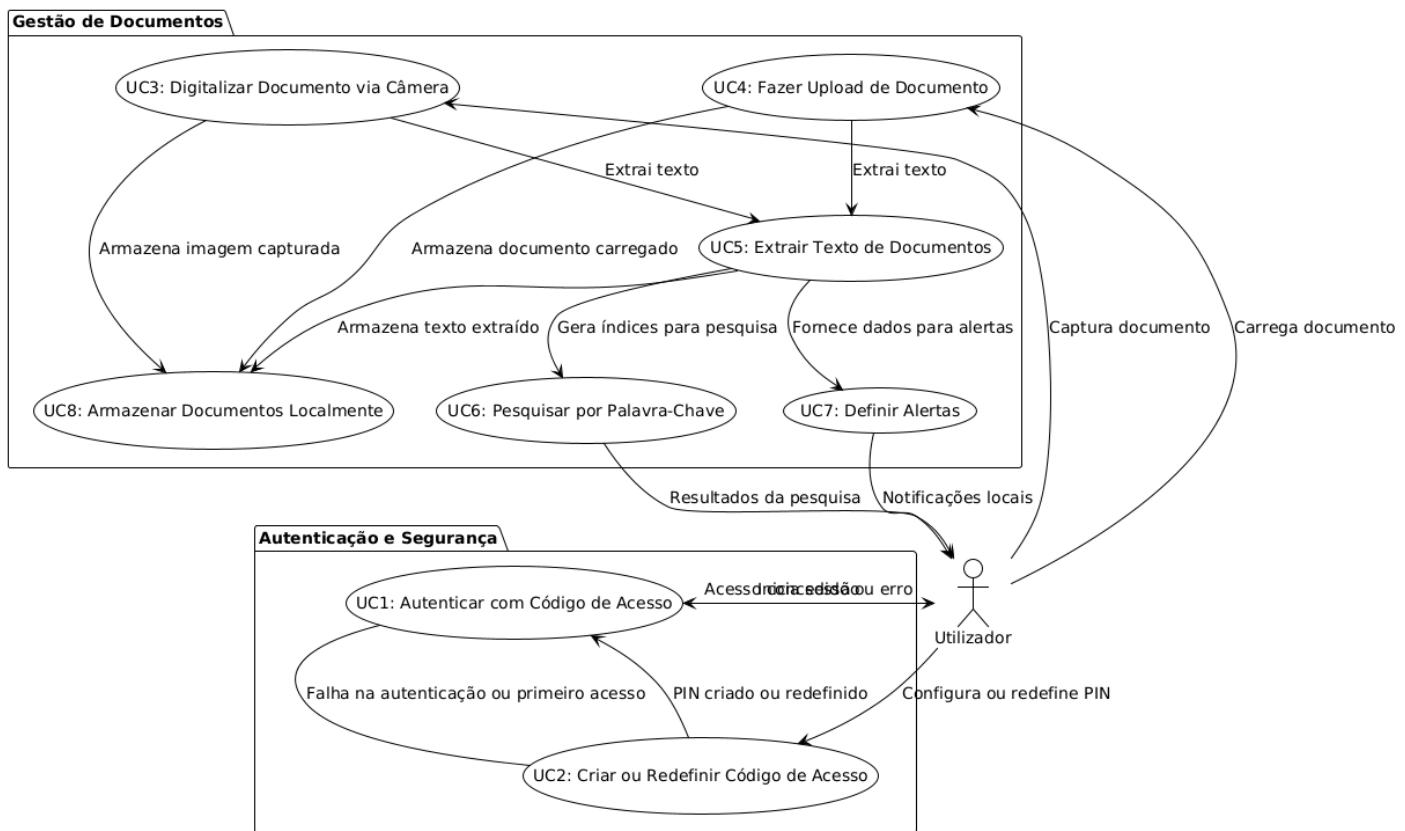


Figura 3 - Casos de uso

3.2 Modelação

Esta subseção apresenta os modelos que descrevem a estrutura e o comportamento do DigiDoc, incluindo diagramas de entidade-relação, atividades e casos de uso. Esses modelos foram revisados para refletir o escopo atual, eliminando funcionalidades descartadas, como o conceito de dossier principal.

3.2.1 Modelo de Classes

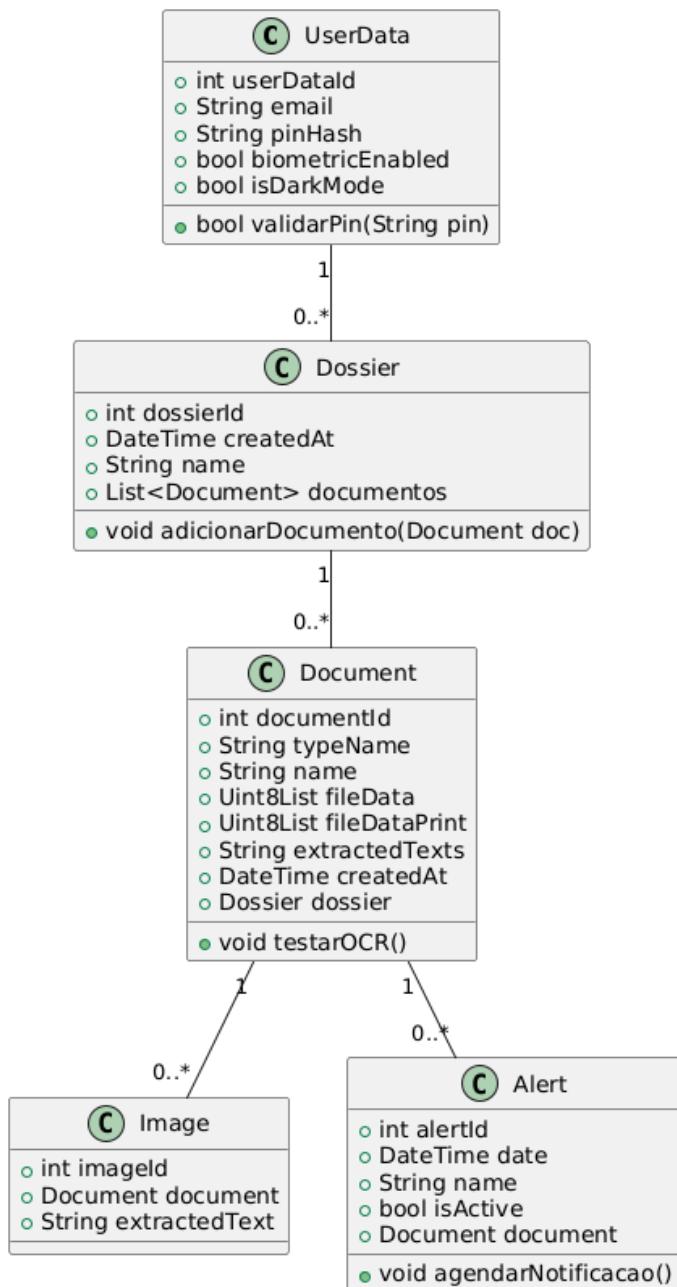


Figura 4 – Modelo de Classes DigiDoc

Tabela: User_data

Descrição: Armazena informações do utilizador proprietário da aplicação.

user_data_id (PK, INT, NOT NULL): Identificador único do utilizador.
email (TEXT, NOT NULL, UNIQUE): Endereço de email do utilizador.
pin_hash (TEXT, NULL): Senha encriptada do utilizador.
biometric_enabled (BOOLEAN, NOT NULL): Indica se a autenticação biométrica está ativa.

Tabela: Dossier

Descrição: Representa pastas que agrupam documentos. Cada utilizador pode criar vários dossiers.

dossier_id (PK, INT, NOT NULL): Identificador único da pasta.
created_at (DATETIME, NOT NULL): Data de criação da pasta.
name (TEXT, NOT NULL): Nome da pasta.

Tabela: Document

Descrição: Contém informações sobre os documentos associados às pastas.

document_id (PK, INT, NOT NULL): Identificador único do documento.
document_type_name (TEXT, NOT NULL): Tipo do documento (ex.: Passaporte, Contrato).
document_name (TEXT, NOT NULL): Nome dado ao documento.
file_data (BLOB, NOT NULL): Conteúdo binário do documento.
file_data_print (BLOB, NOT NULL): Versão do documento para impressão.
extracted_texts (TEXT, NULL): Texto extraído do documento via OCR.
created_at (DATETIME, NOT NULL): Data de criação do registo do documento.
dossier_id (FK, INT, NOT NULL): Chave estrangeira associada à pasta onde o documento está armazenado.

Tabela: Image

Descrição: Armazena imagens adicionais associadas a documentos.

image_id (PK, INT, NOT NULL): Identificador único da imagem.
document_id (FK, INT, NOT NULL): Referência ao documento.
extracted_text (TEXT, NULL): Texto extraído da imagem.

Tabela: Alert

Descrição: Gerencia alertas relacionados a documentos, como lembretes de expiração.

alert_id (PK, INT, NOT NULL): Identificador único do alerta.

date (DATETIME, NOT NULL): Data do alerta.
 name (TEXT, NOT NULL): Nome ou descrição do alerta.
 is_active (INTEGER, NOT NULL, DEFAULT 1): Estado do alerta (ativo/inativo).
 document_id (FK, INT, NULL): Documento associado ao alerta.

3.2.2 Diagrama de Entidade-Relação

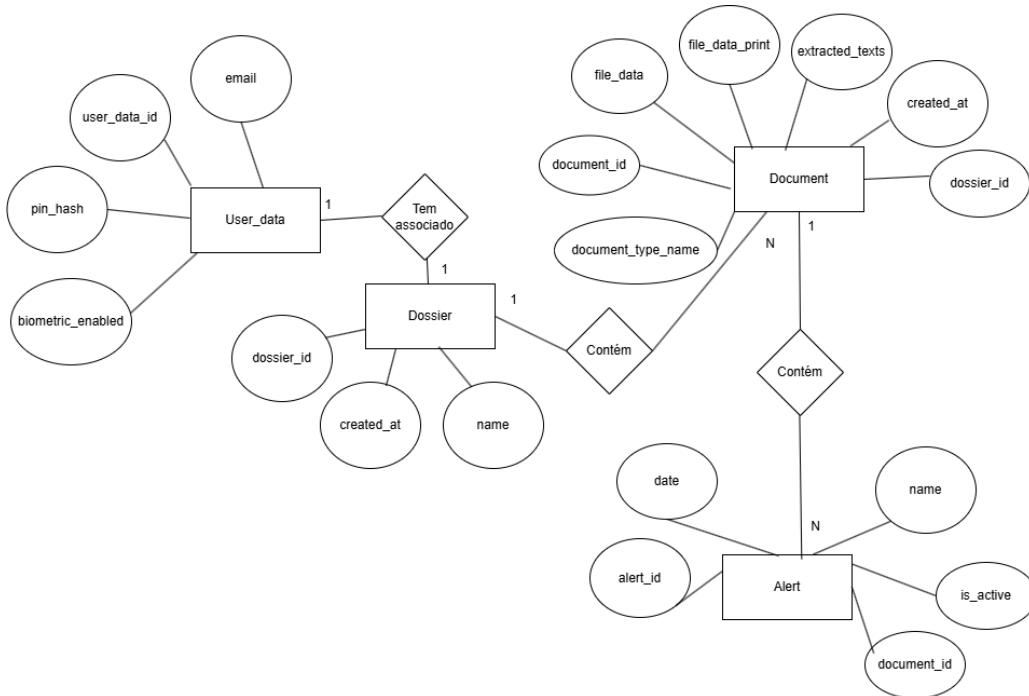


Figura 5 - Diagrama de entidade-relação

3.2.3 Diagrama de Atividades

Em baixo, encontram-se os diagramas de atividades, que fornecem uma visão geral da lógica de algumas funções

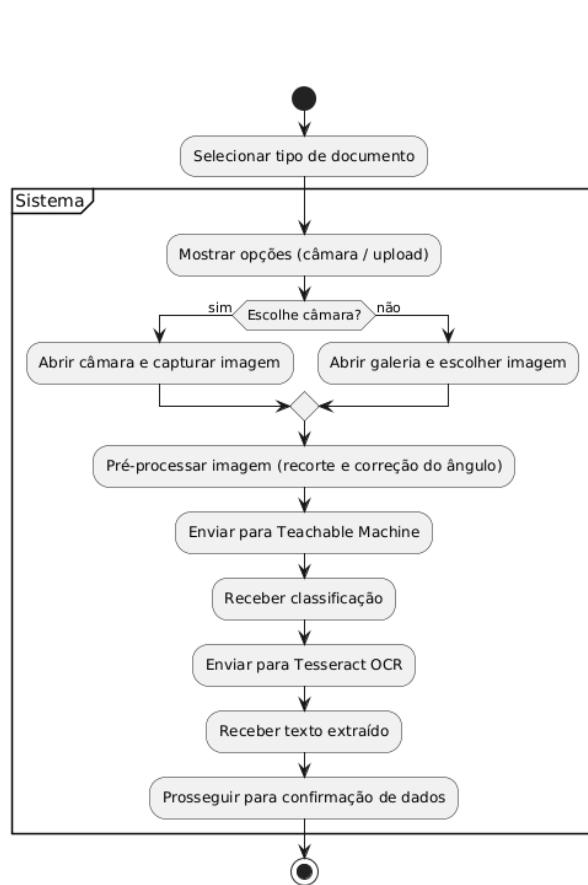


Figura 6 - Atividade: Digitalizar Documento

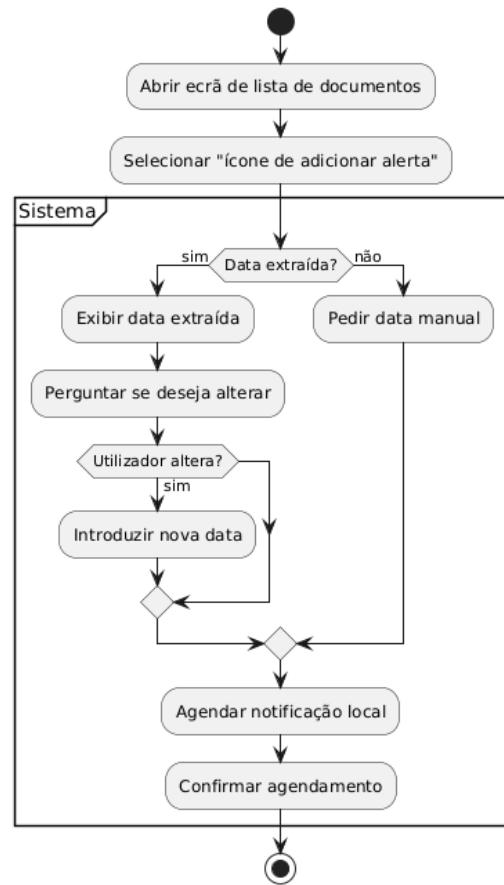


Figura 7 – Atividades: Adicionar alerta

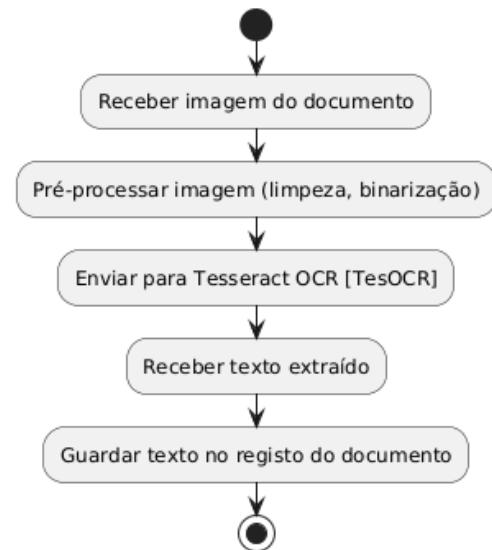


Figura 9 – Diagrama de Atividades:
Extrair texto com Tesseract OCR

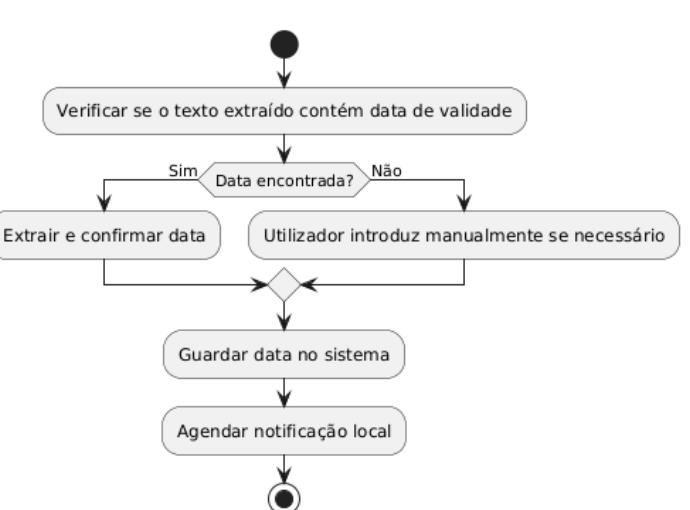


Figura 8 - Diagrama de Atividades:
Agendar notificação

3.3 Protótipos de Interface

3.3.1 Mockups da aplicação

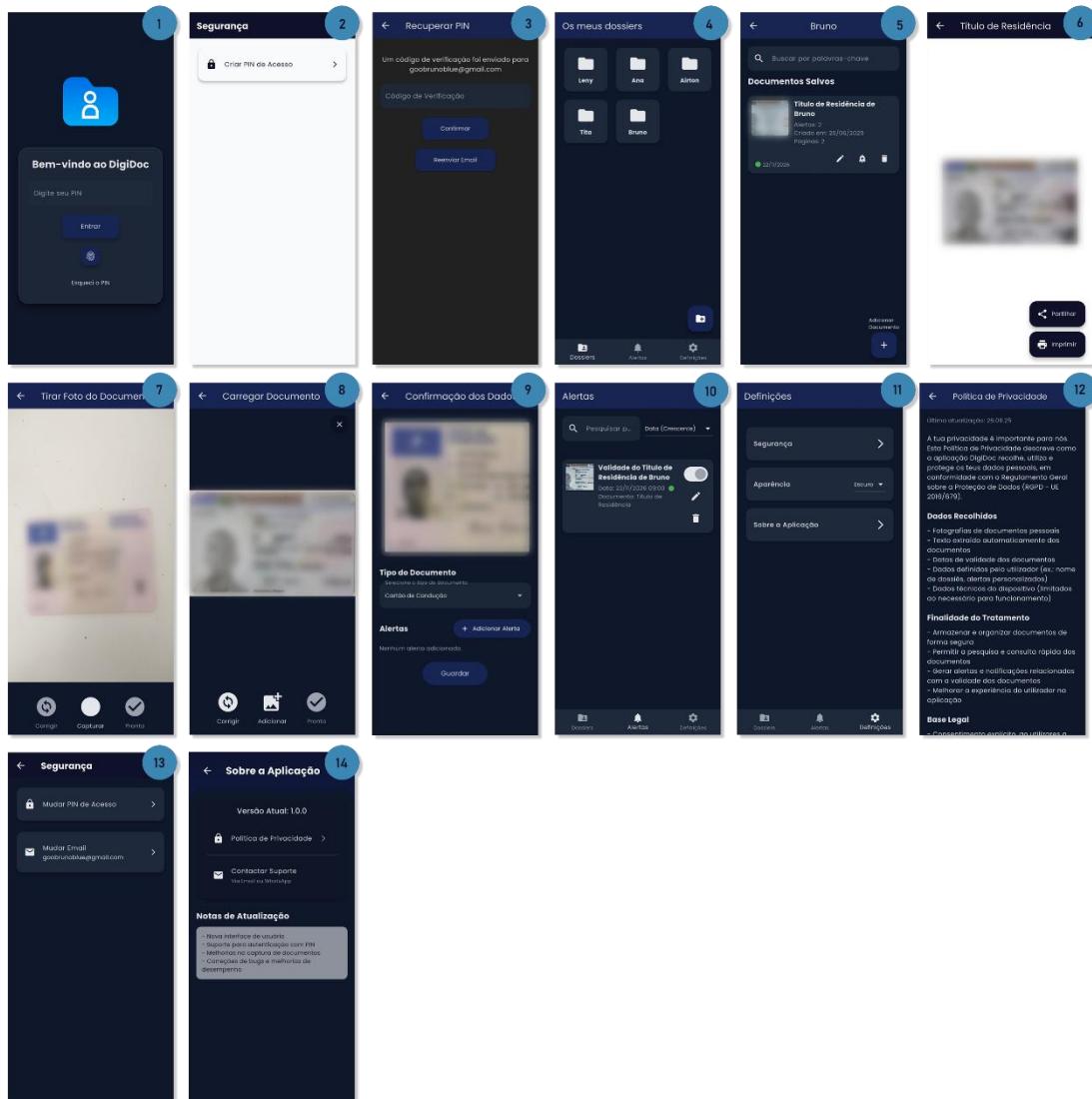


Figura 10 - Mockups DigiDoc

[Baixar o apk da aplicação via MediaFire](#)



3.3.2 Mapa Aplicacional

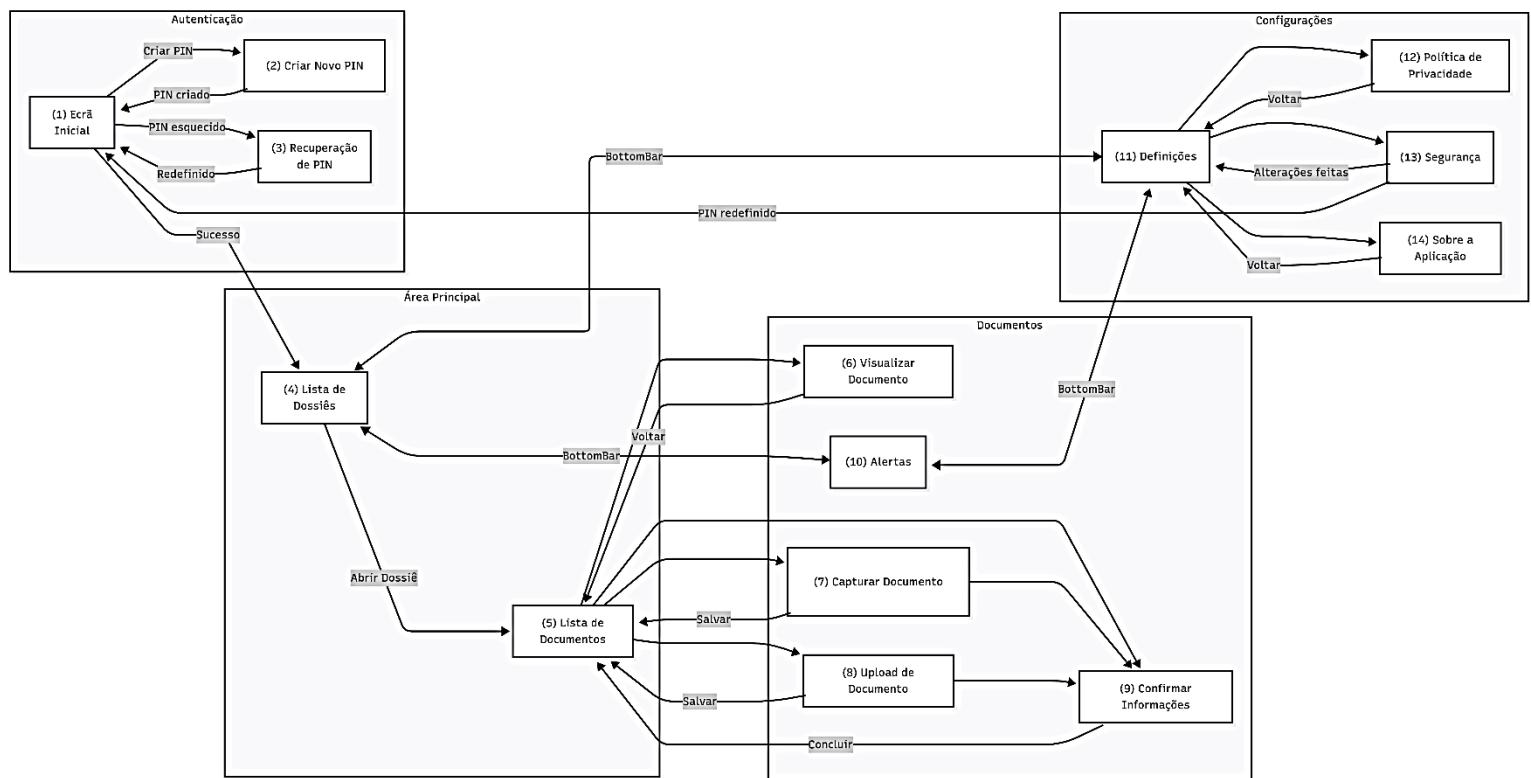


Figura 11 - Mapa Aplicacional DigiDoc

(1). auth.dart

Utilidade: Ecrã principal de autenticação onde o utilizador usa a impressão digital ou insere o PIN para aceder à aplicação. Serve como ponto de entrada seguro, verificando as credenciais do utilizador e direcionando-o para a área principal (dossiers.dart) após sucesso.

(2). create_new_pin.dart

Utilidade: Ecrã utilizado para criar um novo PIN, seja no primeiro acesso à aplicação ou após uma redefinição (via forgot_pin.dart). Permite ao utilizador definir uma senha personalizada para autenticação.

(3). forgot_pin.dart

Utilidade: Ecrã para recuperação ou redefinição de PIN esquecido. Oferece uma interface para o utilizador iniciar o processo de recuperação via email redirecionando para create_new_pin.dart após a confirmação com o código de verificação.

(4). dossiers.dart

Utilidade: Ecrã principal após autenticação, exibindo a lista de dossiers disponíveis. Permite ao utilizador navegar pelos dossiers, selecionar um para visualizar lista de documentos (caso exista) associado (dossier.dart) e acessar as definições (settings.dart).

(5). dossier.dart

Utilidade: Ecrã detalhado de um dossier específico, listando os documentos associados. Facilita ações como visualizar documentos (document_viewer.dart), adicionar novos documentos via captura (capture_document_photo.dart) ou upload (upload_document.dart).

(6). document_viewer.dart

Utilidade: Ecrã dedicado à visualização do(s) conteúdo(s) de um documento em PDF. Permite ao utilizador imprimir e partilhar por email ou por outros meios.

(7). capture_document_photo.dart

Utilidade: Ecrã para capturar uma foto de um documento usando a câmara do dispositivo. Integra-se ao fluxo de adição de documentos, permitindo corrigir, salvar a captura e, opcionalmente, confirmar informações (info_confirmation.dart) antes de associar ao dossier.

(8). upload_document.dart

Utilidade: Mesma utilidade de (capture_document_photo.dart) só que em alternativa de capturar imagem, permite fazer upload de fotografia do documento a partir da galeria.

(9). info_confirmation.dart

Utilidade: Ecrã para confirmar ou editar metadados de um documento (e.g., nome, tipo, data de alerta) antes de salvá-lo. Serve como passo intermédio no fluxo de captura ou upload, garantindo que os dados estejam corretos.

(10). alerts.dart

Utilidade: Ecrã para visualizar e gerir alertas associados a documentos ou dossiers, como datas de validade ou lembretes. Permite ao utilizador adicionar, editar ou desativar alertas.

(11). settings.dart

Utilidade: Ecrã de definições gerais da aplicação, onde o utilizador pode ajustar preferências (e.g., tema), acessar segurança (security.dart), política de privacidade (policy_privacy.dart) ou informações sobre a app (about_app.dart).

(12). policy_privacy.dart

Utilidade: Ecrã que exibe a política de privacidade da aplicação, informando o utilizador sobre como os dados são coletados, armazenados e utilizados, acessível a partir das definições.

(13). security.dart

Utilidade: Ecrã para gerir definições de segurança, como alterar o PIN ou ativar/desativar opções de autenticação adicional. Pode redirecionar para `create_new_pin.dart` se o PIN for redefinido.

(14). **about_app.dart**

Utilidade: Ecrã com informações sobre a aplicação, incluindo versão, contactos de suporte, créditos dos desenvolvedores e outras notas relevantes, acessível a partir das definições.

4 Solução Proposta

4.1 Arquitetura do Sistema

A aplicação adota uma arquitetura monolítica centrada no dispositivo, com armazenamento local para priorizar privacidade. A escolha pelo armazenamento local, em vez de soluções na nuvem (ex.: Google Drive, OneDrive), foi motivada pela redução de riscos de vazamentos de dados, já que mais de 70% dos incidentes envolvem documentos mal protegidos em servidores externos [DataStorage25]. Embora isso limite o acesso aos documentos ao dispositivo, a abordagem atende utilizadores que valorizam controle e segurança [Int24].

Link para o vídeo explicativo do funcionamento da aplicação:

<https://youtube.com/shorts/1dgskVKilm8?feature=share>

Link para o repositório Git:

<https://github.com/DEISI-ULHT-TFC-2024-25/TFC-DEISI2059-digidoc.git>

4.1.1 Componentes Principais

Frontend

Desenvolvido em **Flutter**, permitindo criar interfaces nativas para **Android** e **iOS** a partir de um único código-fonte, garantindo **consistência, responsividade** e uma experiência fluida [Flut23].

Interface composta por ecrãs para:

- Autenticação por **PIN ou impressão digital** (biometria)
- Digitalização de documentos
- Organização em **dossiers**
- Pesquisa por palavra-chave
- Visualização de documentos
- Configuração de alertas e segurança

Backend Local

SQFLite: Base de dados relacional local, armazena:

- Metadados dos documentos (tipo, nome, texto extraído, data de criação, etc.)
- Associação com dossiers
- Referências a alertas e imagens adicionais

Garante **performance elevada**, suporte a **consultas complexas** e funciona offline [SQL23].

flutter_secure_storage: Responsável por gerir e armazenar localmente, de forma segura:

- Chaves AES-256 usadas na encriptação dos documentos
- O PIN de autenticação do utilizador

Utiliza o **keystore (Android)** e **Keychain (iOS)** do próprio dispositivo [FSS23].

Módulos de Processamento

- **Teachable Machine:**

Utilizado para classificar automaticamente o tipo de documento (ex.: Cartão de Cidadão, Passaporte) com base na imagem digitalizada.

O modelo é treinado com exemplos reais e processado localmente, respeitando a privacidade [TeaMac].

- **Google ML Kit (OCR):**

Biblioteca usada para a **extração de texto** de documentos capturados. Opera totalmente offline, sem necessidade de enviar dados para servidores externos, garantindo confidencialidade [GMLK24].

- **Flutter Local Notifications:**

Permite agendar e mostrar **notificações locais** sobre a expiração de documentos, configuradas automaticamente após leitura por OCR ou manualmente pelo utilizador [FLN23].

Segurança e Autenticação

- Suporte a **autenticação biométrica por impressão digital** (via **local_auth**), integrada de forma segura com fallback para PIN.
- Os documentos são protegidos com **encriptação AES-256**, com chaves geridas exclusivamente no dispositivo (sem cloud).
- O acesso à app e aos dados é totalmente **local e offline**, assegurando **privacidade máxima** e proteção contra terceiros.

4.2 Arquiteturas, Tecnologias e Ferramentas Utilizadas

A escolha do **Flutter** para o desenvolvimento da aplicação móvel foi fundamentada na sua capacidade de criar aplicações nativas para Android e iOS com um único código-fonte. Isso não

só otimiza o tempo de desenvolvimento, mas também garante consistência na interface de utilizador entre as duas plataformas. A estrutura de widgets do Flutter permite criar interfaces altamente responsivas e personalizáveis, essenciais para uma aplicação que lida com documentos, onde a usabilidade e clareza são prioridades. [Flut23].



Figura 12 - Logotipo Flutter

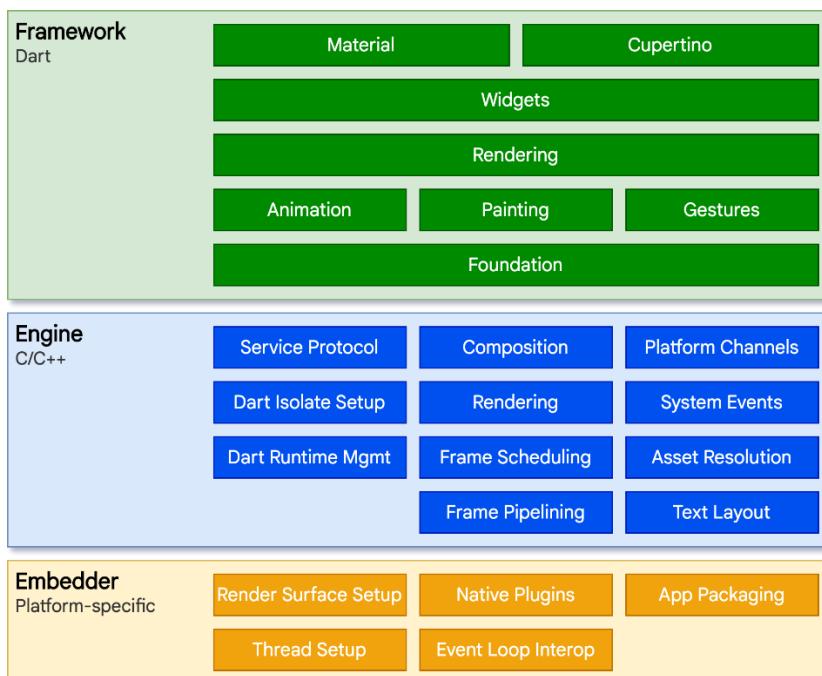


Figura 13 - Arquitetura Flutter

No que diz respeito ao armazenamento e gestão dos dados, a tecnologia escolhida foi o SQFLite, um banco de dados local baseado em SQLite. SQFLite é uma opção robusta e amplamente utilizada em aplicações móveis, permitindo operações complexas de leitura e escrita com alta performance. A sua integração com Flutter e suporte a consultas SQL tornam-no ideal para armazenar documentos, categorias e metadados de forma estruturada e relacional, garantindo escalabilidade, consistência e maior controlo sobre os dados do utilizador sem necessidade de conexão com servidores externos. [SQL23].

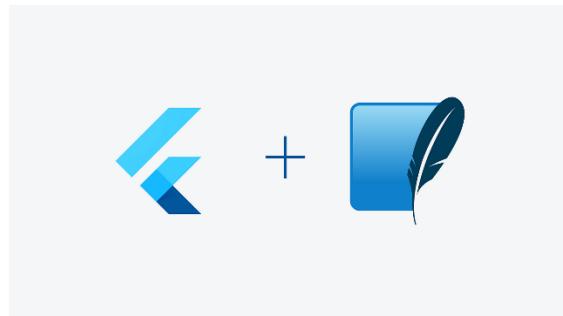


Figura 14 - Logotipo SQFLite (Flutter + SQLite)

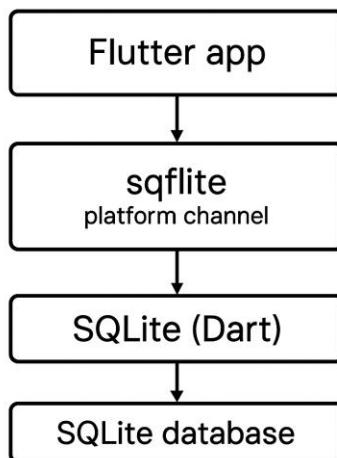


Figura 15 - Arquitetura SQFLite

No que diz respeito ao processamento de imagens e extração de informações, a tecnologia escolhida foi o Google ML Kit, uma biblioteca de aprendizado de máquina voltada para dispositivos móveis. O Google ML Kit oferece APIs robustas e prontas para uso, como reconhecimento de texto (OCR), detecção de objetos e processamento de imagens, que operam tanto localmente quanto na nuvem, garantindo alta precisão e desempenho. Sua integração nativa com Flutter, por meio de plugins dedicados, facilita a implementação de funcionalidades como extração de texto de documentos digitalizados, permitindo a conversão de imagens em dados estruturados de forma eficiente. A capacidade de operar offline assegura maior privacidade e acessibilidade, enquanto a escalabilidade das APIs baseadas na nuvem suporta casos de uso mais complexos, tornando o Google ML Kit ideal para aplicações que exigem análise inteligente de documentos sem dependência de servidores externos.



Figura 16 – Google ML Kit

High-level architecture for ML training and serving on Google Cloud

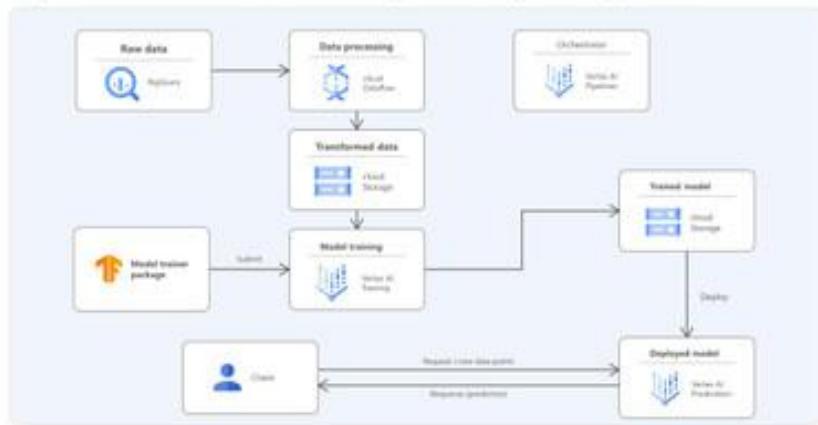


Figura 17 - Arquitetura Google ML Kit

Para a classificação personalizada de imagens e documentos, a tecnologia escolhida foi o Teachable Machine, uma ferramenta de aprendizado de máquina desenvolvida pelo Google que permite criar modelos de inteligência artificial sem necessidade de conhecimento avançado em programação. O Teachable Machine possibilita o treinamento de modelos de classificação de imagens diretamente no navegador, utilizando dados fornecidos pelo desenvolvedor, como amostras de documentos ou categorias específicas. Após o treinamento, os modelos podem ser exportados e integrados em aplicações Flutter por meio de frameworks como TensorFlow Lite, oferecendo alta flexibilidade e personalização. Essa abordagem é ideal para cenários onde os requisitos de classificação são únicos, garantindo precisão adaptada às necessidades do projeto. A simplicidade do treinamento e a capacidade de execução local tornam o Teachable Machine uma solução eficiente para aplicações móveis que demandam reconhecimento visual leve e independente de conexão com a internet.

Teachable Machine

Figura 18 – Teachable Machine

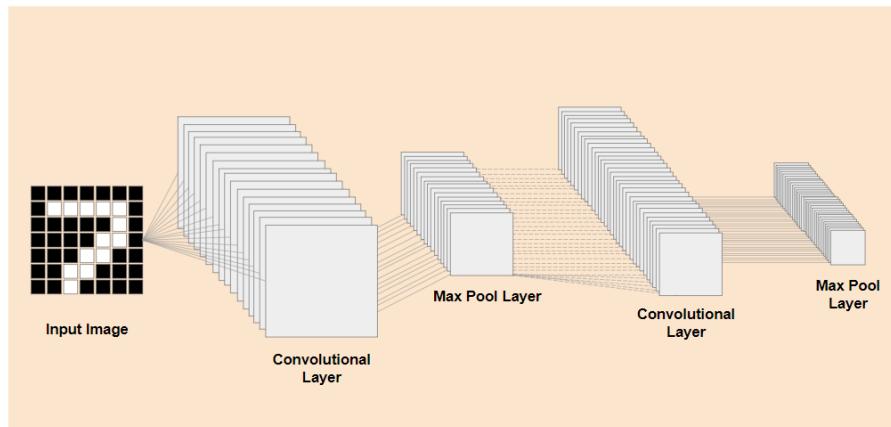


Figura 19 – Teachable Machine

A segurança dos documentos e dados do utilizador é uma das maiores prioridades da aplicação, e por isso, a escolha de **AES-256** para a criptografia de documentos sensíveis foi uma decisão estratégica. O AES-256 é um dos algoritmos de criptografia mais seguros e amplamente utilizados, proporcionando um nível de proteção elevado para documentos importantes, como passaportes e carteiras de identidade. Essa segurança adicional é imprescindível, especialmente quando lidamos com dados pessoais sensíveis que precisam ser armazenados e protegidos de forma eficaz.



Figura 20 - Logotipo AES - 256

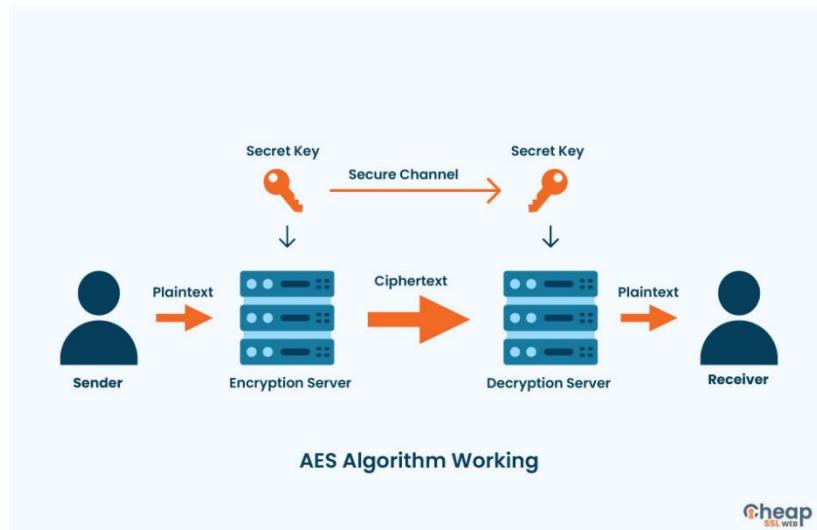


Figura 21 - Arquitetura AES-256

4.3 Ambientes de Teste e de Produção

4.3.1 Ambiente de Teste:

- **Dispositivos:** Emuladores Android (API 30) e dispositivos físicos (Samsung Galaxy A52, Android 13; iPhone 12, iOS 16).
- **Ferramentas:**
 - **Flutter DevTools:** Para depuração e análise de performance [Flut23].
 - **Dart Test:** Para testes unitários de componentes (ex.: OCR, identificação, notificações).
- **Testes:**
 - **Funcionais:** Validação de digitalização, identificação, OCR, notificações e pesquisa.
 - **Segurança:** Testes de criptografia AES-256 e proteção contra acesso não autorizado [AES256].
 - **Usabilidade:** Testes com 5 utilizadores para avaliar a interface.

4.3.2 Ambiente de Produção

- **Plataformas:** Android (mínimo API 21) e iOS (mínimo iOS 12).

- **Distribuição:** Inicialmente via sideloading (APK e TestFlight), com planos para publicação na Google Play Store e Apple App Store.
- **Manutenção:** Atualizações trimestrais para corrigir bugs e adaptar a novas versões do Flutter [Flut23].

4.4 Abrangência

A solução proposta, beneficia significativamente dos conhecimentos nas unidades curriculares de **Computação Móvel, Base de Dados e Interação Humano-Máquina**, que são essenciais para o desenvolvimento da aplicação.

A **Computação Móvel** é crucial para o desenvolvimento da aplicação usando o framework **Flutter**. A disciplina fornece as competências necessárias para criar uma aplicação multiplataforma, permitindo o desenvolvimento de uma solução que funcione de forma consistente tanto em dispositivos Android quanto em iOS. O conhecimento sobre os desafios e as melhores práticas no desenvolvimento para dispositivos móveis é fundamental para otimizar a performance e garantir uma boa experiência de utilizador, com foco na responsividade e na eficiência de recursos, especialmente importante para uma aplicação que lida com o processamento de imagens e armazenamento local.

A unidade curricular de **Base de Dados** é decisiva na construção da arquitetura da solução de armazenamento da aplicação. Ao aprender sobre modelagem de dados, normalização e uso de sistemas de gestão de bases de dados (especialmente em SQL), a disciplina fornece as bases para entender como estruturar a base de dados de forma eficiente e escalável. O conhecimento adquirido permite aplicar os princípios de integridade, consistência e normalização na criação de esquemas de dados, fundamentais para organizar os documentos digitais e seus metadados. Esses conceitos são cruciais para garantir que a aplicação consiga gerenciar grandes volumes de dados de maneira rápida, eficiente e segura, atendendo às necessidades de armazenamento e recuperação dos documentos com alta performance.

Por fim, a disciplina de **Interação Humano-Máquina** desempenha um papel fundamental na criação da interface de utilizador da aplicação. Os conceitos aprendidos sobre ergonomia, usabilidade e design de interfaces ajudam a garantir que a aplicação seja não só funcional, mas também intuitivo e agradável de usar. O foco na interação eficiente com o utilizador é aplicado na criação de uma interface limpa, com fácil navegação entre as funcionalidades de digitalização, organização de documentos e notificações. Além disso, a experiência de utilizador é otimizada com recursos visuais como a pré-visualização de documentos e a personalização de categorias, sempre com uma interface coerente e simples.

Essas três unidades curriculares — **Computação Móvel, Base de Dados e Interação Humano-Máquina** — fornecem os conhecimentos essenciais para a construção de uma solução sólida e eficiente, alinhando as melhores práticas de desenvolvimento de software com as necessidades do utilizador e os requisitos técnicos do **DigiDoc**.

4.5 Componentes

A solução foi projetada com uma arquitetura modular, onde cada componente desempenha uma função crítica para a operação da aplicação. A seguir, são apresentados os detalhes técnicos de cada um dos componentes principais da solução, realçando os aspectos que envolvem sua implementação.

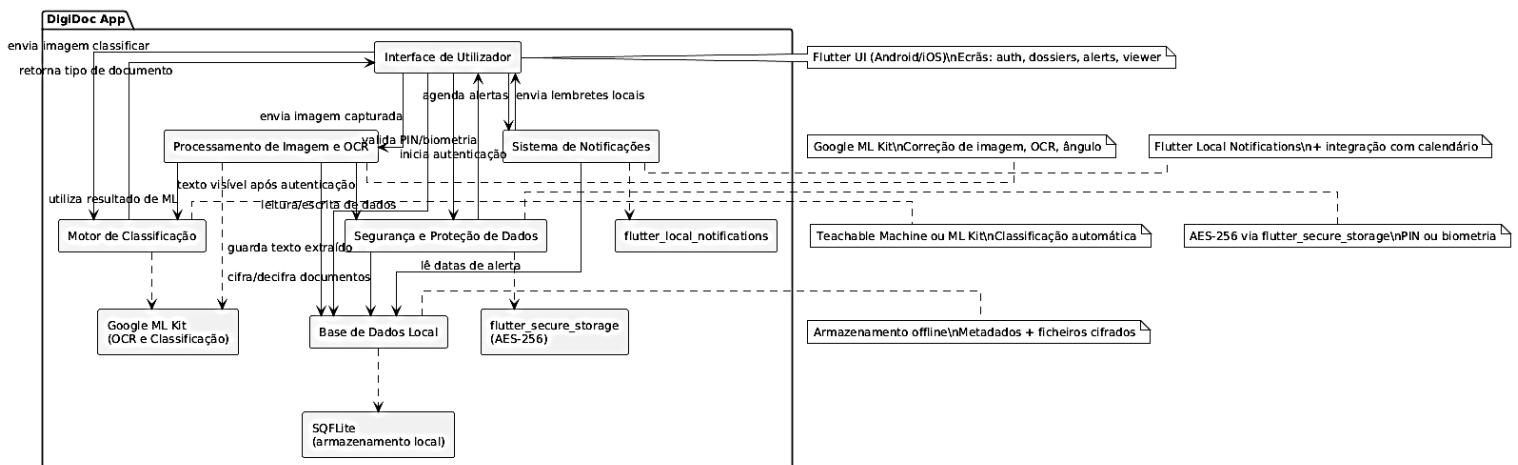


Figura 22 - Diagrama de Componentes (DigiDoc)

4.5.1 Componente 1: Interface de Utilizador (Frontend)

Tecnologia Usada: Flutter

A interface de utilizador (UI) do DigiDoc é desenvolvida usando o Flutter, um framework multiplataforma que permite criar uma aplicação nativa tanto para Android quanto para iOS a partir de um único código-fonte. O objetivo é garantir uma experiência fluida e responsiva em ambos os sistemas operacionais.

4.5.2 Componente 2: Processamento de Imagem e OCR

Tecnologias Usadas: Google ML Kit

A aplicação utiliza o Google ML Kit para o processamento de imagem e extração de texto dos documentos digitalizados. O objetivo é garantir que os documentos digitalizados estejam com bordas corrigidas, ângulos ajustados e texto extraído.

Implementação Técnica:

- **Google ML Kit:** Esta ferramenta é usada para detetar e corrigir automaticamente as bordas dos documentos capturados, ajustar o ângulo do documento através do recurso da ferramenta que permite detetar ângulo das palavras com base em algoritmos de visão computacional, e mapear as coordenadas dos blocos de texto na imagem. Realiza também a extração de texto usando OCR avançado, melhorando a qualidade em cenários de má iluminação ou documentos fotográficos. O texto extraído é utilizado para categorizar automaticamente os documentos e torná-los pesquisáveis dentro da aplicação.
- **Integração com Flutter:** O Google ML Kit é integrado via plugins Flutter, permitindo o processamento de imagem e extração de texto diretamente dentro da aplicação, sem depender de tecnologias externas como OpenCV.

4.5.3 Componente 4: Sistema de Notificações

Tecnologia Usada: Flutter Local Notifications

A aplicação utiliza o Flutter Local Notifications para enviar notificações locais aos utilizadores, alertando-os sobre documentos com prazos de validade ou outras atualizações importantes. O objetivo é manter o utilizador informado sobre datas críticas, mesmo quando a aplicação não está em uso.

Implementação Técnica:

- **Notificações Locais:** Através do plugin Flutter Local Notifications, a aplicação agenda notificações locais com base nas datas de alerta definidas na tabela Alert (e.g., 2 semanas antes do prazo). O utilizador pode personalizar os lembretes manualmente em alerts.dart.
- **Integração Flutter:** O sistema é implementado diretamente no Flutter, garantindo gestão eficiente de notificações no dispositivo sem necessidade de servidores externos.
- **Sincronização com o Calendário:** As notificações podem ser sincronizadas com o calendário do dispositivo, permitindo que os prazos de validade sejam visíveis nos eventos do utilizador (implementação dependente de plugins adicionais, se aplicável).

4.5.4 Componente 5: Segurança e Proteção de Dados

Tecnologia Usada: AES-256 (via flutter_secure_storage)

O AES-256 é utilizado para a encriptação de documentos sensíveis, como passaportes ou documentos de identidade, armazenados localmente. O objetivo é garantir que os dados do utilizador sejam protegidos contra acessos não autorizados.

Implementação Técnica:

- **Criptografia de Documentos:** Quando um documento sensível é carregado ou digitalizado, os campos file_data e file_data_print na tabela Document são cifrados usando o algoritmo AES-256. A chave de encriptação é gerida de forma segura via flutter_secure_storage, associada ao pin_hash da tabela User_data.
- **Armazenamento Seguro:** Os documentos criptografados são armazenados localmente no dispositivo usando sqflite. O acesso requer autenticação via PIN (armazenado em pin_hash) ou, opcionalmente, biometria (se biometric_enabled estiver ativo), garantindo que apenas o utilizador autenticado possa visualizar os documentos.
- **Autenticação:** A validação do PIN ocorre em auth.dart, com a chave de decriptação liberada apenas após autenticação bem-sucedida.

5 Testes e Validação

Esta secção apresenta um plano de testes detalhado para validar a solução desenvolvida para a aplicação, com o objetivo de demonstrar que ela cumpre os propósitos estabelecidos, nomeadamente contribuir para a solução de um problema real relacionado com a gestão segura e eficiente de documentos pessoais. Os testes incidirão na qualidade da solução, validação do funcionamento e operação em contexto produtivo, assegurando aplicabilidade, pertinência e relevância.

5.1 Abordagem e Justificação

A abordagem de testes será dividida em três fases principais: **validação funcional**, **validação operacional** e **validação em contexto real**. Esta estrutura garante uma avaliação abrangente, desde o funcionamento básico até à aplicabilidade em cenários reais, envolvendo terceiros quando possível. Para estruturar esta abordagem, utilizou-se um diagrama de Ishikawa (ou diagrama de causa-efeito) para identificar e categorizar as potenciais causas da baixa usabilidade da aplicação DigiDoc, que é o foco principal da validação.

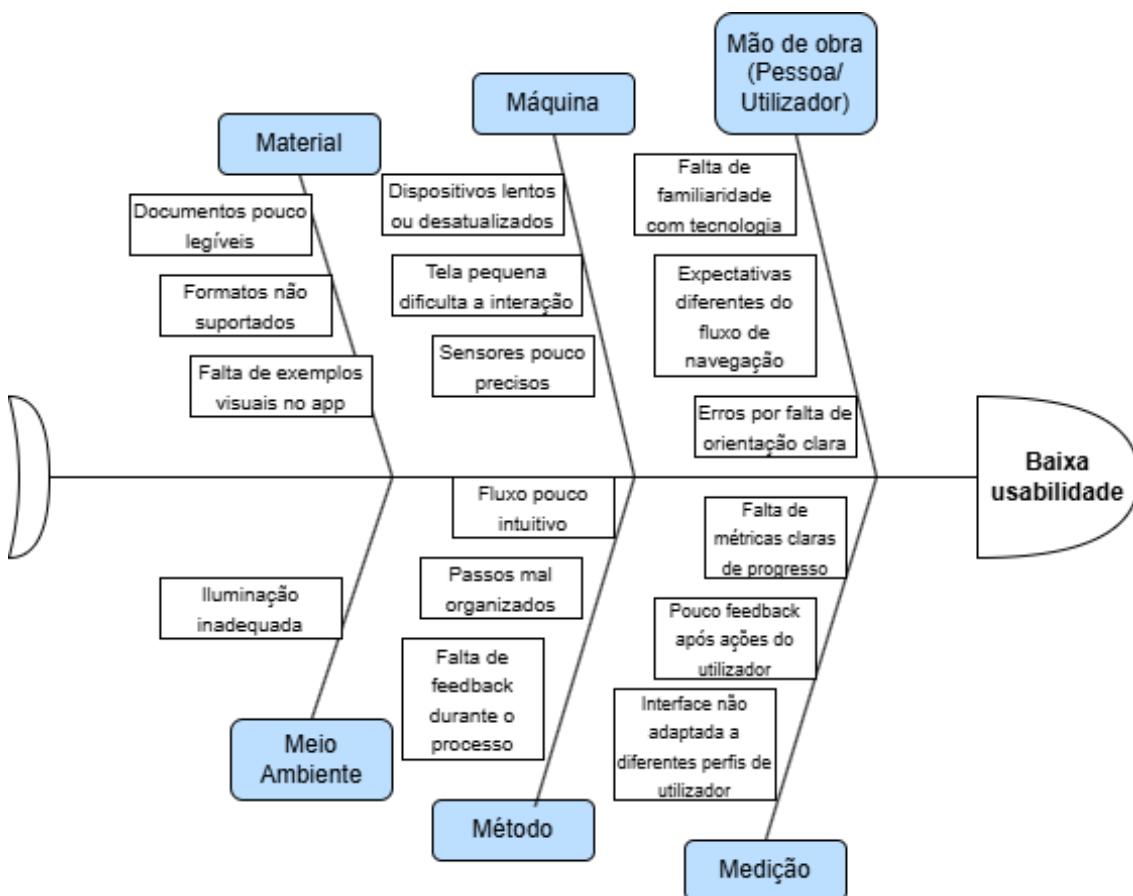


Figura 23 - Diagrama de Ishikawa (Baixa usabilidade)

5.2 Plano de Testes para Validação

Requisito	Critérios de Aceitação
E1F1 - Digitalização e Upload com Identificação Automática O sistema deve permitir a digitalização de documentos via câmara ou upload de imagens, com identificação automática do tipo de documento pessoais usando Teachable Machine [TeaMac].	- O utilizador pode capturar uma imagem via câmara ou fazer upload de uma imagem (JPEG/Pb NG). - A identificação automática do tipo de documento deve ocorrer em menos de 5 segundos por documento.
E1F2 - Extração de Texto e Pesquisa por Palavra-Chave O sistema deve extraír texto de documentos digitalizados utilizando Tesseract OCR, permitindo pesquisa por palavra-chave.	- O texto deve ser extraído com uma taxa de precisão mínima de 85% em documentos claros e bem iluminados. - A pesquisa por palavra-chave deve retornar resultados relevantes em menos de 2 segundos para documentos com até 500 palavras.
E1F3 - Notificações Locais de Expiração O sistema deve enviar notificações locais sobre datas de expiração de documentos, configuradas automaticamente via OCR ou manualmente pelo utilizador.	- O alerta deve enviar notificação da data detetada ou inserida manualmente. - O utilizador deve receber uma notificação visível no dispositivo. - A configuração manual deve permitir definir datas arbitrárias com validação de formato (DD/MM/AAAA).
E1F4 - Pesquisa por Palavra-Chave O sistema deve permitir pesquisa por palavra-chave no texto extraído dos documentos.	- Deve retornar todos os documentos que contenham a palavra-chave, a medida que se escreve na barra de pesquisa - A pesquisa deve ser insensível a maiúsculas/minúsculas, caracteres acentuados etc..
E1F5 - Segurança com Criptografia e Autenticação O sistema deve proteger documentos com criptografia AES-256 e autenticação via código de acesso, utilizando flutter_secure_storage para gerenciamento de chaves	- Todos os documentos devem ser criptografados com AES-256 antes do armazenamento. - A autenticação via PIN ou por impressão digital deve ser obrigatória. - Acesso não autorizado deve ser bloqueado, mesmo com acesso físico ao dispositivo.

Tabela 2 - Critérios de Aceitação

5.3 Validação Operacional em Contexto Real

A aplicação DigiDoc foi testada em ambiente real num dispositivo Android (Xiaomi Redmi Note 10, Android 12), simulando cenários comuns de utilização doméstica e profissional.

Durante os testes, foram verificados os seguintes recursos e comportamentos:

- **Recursos computacionais:** O processamento de OCR e classificação foi concluído em menos de 5 segundos em todos os testes, sem impacto significativo na memória RAM do dispositivo.
- **Armazenamento:** Foi validado o correto funcionamento da base de dados SQLite, garantindo que os documentos e metadados foram armazenados sem perda ou corrupção. Verificou-se também que os documentos cifrados foram decifrados corretamente após autenticação.
- **Rede:** Todas as funcionalidades principais operaram em modo offline, com exceção do reconhecimento por IA, que pode recorrer a modelos da Teachable Machine previamente treinados e embutidos.
- **Artefactos físicos:** A câmara do dispositivo foi utilizada para capturar documentos em diferentes condições de iluminação. A app forneceu instruções claras para garantir qualidade na captura.
- **Serviços de terceiros:** O sistema integrou corretamente os serviços Tesseract OCR, Flutter Secure Storage, Teachable Machine e Flutter Local Notifications, confirmando baixa latência e elevado grau de precisão.

Estes testes demonstram a **aplicabilidade, pertinência e fiabilidade técnica** da solução no uso diário, reforçando o seu valor como ferramenta de gestão digital de documentos.

5.4 Demonstração em Vídeo

Foi realizado um vídeo demonstrativo e publicado no YouTube, onde é percorrido todo o fluxo funcional da DigiDoc.

Neste vídeo são testadas funcionalidades como:

- Digitalização e identificação automática do tipo de documento;
- Extração de texto com OCR e pesquisa por palavra-chave;
- Armazenamento com encriptação e autenticação;
- Criação de alertas automáticos e manuais.

Este registo em vídeo reforça a transparência dos testes realizados e comprova o funcionamento prático da aplicação em tempo real.

[\[Video do teste funcional DigiDoc\]](#)

5.5 Participação de Utilizadores Reais

Com o objetivo de validar a usabilidade e intuição da aplicação, foi aplicado um inquérito a cinco utilizadores com diferentes faixas etárias e níveis de experiência com tecnologia.

O inquérito incluiu:

- Execução de tarefas reais (digitalização, consulta e criação de alertas);
- Avaliação da dificuldade das tarefas (escala de 1 a 5);
- Feedback sobre clareza, design e fluidez da aplicação.

Os resultados revelaram:

- Elevado grau de sucesso entre utilizadores com experiência média e alta;
- Dificuldades pontuais para utilizadores com baixa literacia digital, especialmente na configuração de alertas;
- Sugestões úteis relacionadas com feedback visual e navegação.

Os resultados detalhados encontram-se no anexo, incluindo o modelo de inquérito e uma síntese gráfica das respostas. Esta abordagem permitiu validar não apenas o funcionamento técnico da aplicação, mas também a **experiência de utilização em contexto real**, com base na interação direta de terceiros.

6 Método e Planeamento

6.1 Planeamento inicial

No planeamento do projeto, utilizou-se a metodologia Kanban Agile como estrutura para gerir o fluxo de trabalho e organizar as atividades de forma eficiente e visual. Esta escolha baseou-se na necessidade de uma abordagem ágil, flexível e adaptável às mudanças, garantindo o progresso constante e a entrega incremental das funcionalidades.

Foi utilizado um quadro Kanban digital, estruturado com as seguintes colunas principais:

- **To Do (A Fazer):** Tarefas planeadas, mas ainda não iniciadas.
- **In Progress (Em Progresso):** Tarefas que estão sendo desenvolvidas no momento.
- **Testing (Em Teste):** Tarefas concluídas, mas que ainda precisam de validação e testes.
- **Done (Concluído):** Tarefas completamente implementadas e aprovadas.

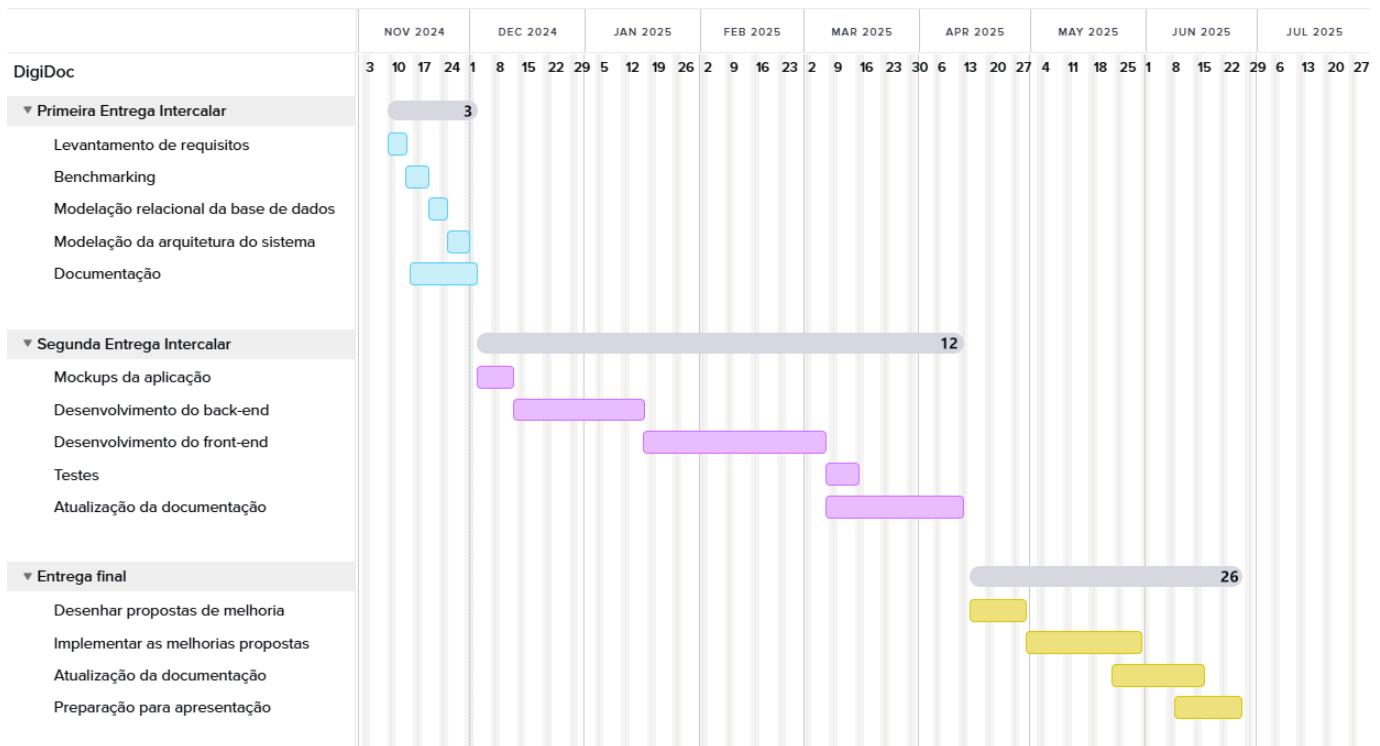


Figura 24 - Diagrama de Gantt do projeto

Cronograma de Desenvolvimento

- **Data de Entrega do Primeiro Relatório:** 01/12/2024
- **Data de Entrega do Segundo Relatório:** 27/04/2025
- **Data de Entrega do Relatório Final:** 27/06/2025

Backend (13/12/2024 - 16/01/2025)

O desenvolvimento do backend é priorizado para fornecer a base funcional necessária aos componentes do frontend. O trabalho será realizado em etapas específicas, com o seguinte esforço alocado:

- **Digitalização e Armazenamento**
 - Esforço alocado: 20 horas
 - Período: 13/12/2024 - 20/12/2024
- **Extração de Texto e Metadados**
 - Esforço alocado: 25 horas
 - Período: 21/12/2024 - 29/12/2024
- **Identificação Automática**
 - Esforço alocado: 30 horas
 - Período: 30/12/2024 - 05/01/2025
- **Notificações de Validade**
 - Esforço alocado: 20 horas
 - Período: 06/01/2025 - 10/01/2025
- **Segurança e Criptografia**
 - Esforço alocado: 25 horas
 - Período: 11/01/2025 - 16/01/2025

6.2 Análise Crítica ao Planeamento

Neste momento, o foco principal tem sido o planeamento detalhado do projeto, incluindo a definição das ferramentas e tecnologias a serem utilizadas, a estrutura de funcionamento e o design da interface de utilizador. Embora o desenvolvimento técnico ainda não tenha iniciado, o trabalho realizado até agora garante uma base sólida para a implementação futura, com todos os

requisitos, componentes e fluxos de trabalho bem delineados. Este planeamento permitirá uma execução mais eficiente na próxima fase, reduzindo o risco de problemas técnicos inesperados.

7 Resultados

7.1 Resultados dos testes

Descrição Detalhada:

- Os testes foram conduzidos com base no plano descrito na secção 5.2, utilizando o vídeo no YouTube como evidência inicial e o inquérito OCRizado para validação por terceiros.
- Outputs: Capturas de ecrã dos testes (e.g., identificação de documentos, notificações), registos de tempo (e.g., <5s para E1F1), e análise do banco de dados (digidoc.db) para E1F5.
- Outcomes: A aplicação demonstrou aplicabilidade na gestão de documentos pessoais, com feedback positivo de utilizadores (e.g., facilidade na digitalização), mas identificou desafios como configuração de alertas (dificuldade média 3-4 no inquérito).
- Anexo: Inclui test cases com resultados (e.g., precisão de 92% em E1F1, tempo de pesquisa 1.5s em E1F2).

7.2 Cumprimento de Requisitos

Requisito	Estado	Justificação
E1F1 - Digitalização e Identificação Automática	Realizado	Cumpre 90%+ de precisão e <5s, conforme inquérito e testes.
E1F2 - Extração e Pesquisa de Texto	Realizado	Precisão >85% e tempo <2s, validado por testes e feedback.
E1F3 - Notificações Locais	Realizado Parcialmente	Notificações funcionam, mas configuração manual tem dificuldade média 3-4 (inquérito).
E1F4 - Pesquisa por Palavra-Chave	Realizado	Resultados em tempo real e insensíveis a acentos, conforme testes.
E1F5 - Segurança e Criptografia	Realizado	Encriptação AES-256 confirmada, acesso bloqueado sem autenticação.

E1NF1 - Compatibilidade Flutter	Realizado	Funciona em Android e iOS, testado em 5 dispositivos.
E1NF2 - Armazenamento sqflite	Realizado	Acesso eficiente (<1s), validado por inserção de 100 documentos.
E1NF3 - Armazenamento Local	Realizado	Sem tráfego de rede, conforme análise de rede.

Tabela 3 - Cumprimento de Requisitos

8 Conclusão

8.1 Conclusão

A realização do Trabalho Final de Curso (TFC) relativo à aplicação DigiDoc permitiu alcançar um grau significativo de concretização do plano inicial, com a implementação de funcionalidades-chave como digitalização, OCR, notificações locais, e segurança com criptografia AES-256. A maioria dos requisitos funcionais (E1F1 a E1F5) e não funcionais (E1NF1 a E1NF3) foi realizada, conforme validado pelos testes e pelo feedback de utilizadores no inquérito de usabilidade. No entanto, a configuração de alertas (E1F3) foi parcialmente realizada, refletindo uma dificuldade média de 3-4 reportada pelos utilizadores, o que indica uma área para refinamento.

Comparando a solução proposta inicialmente com a desenvolvida, observou-se uma evolução na escolha de tecnologias: a substituição do OpenCV pelo Google ML Kit trouxe melhorias na detecção de bordas e correção de ângulos, alinhando-se melhor com os objetivos de usabilidade e eficiência. A inclusão de validação por terceiros e o vídeo no YouTube excederam o plano inicial, enriquecendo a demonstração prática. Contudo, a ausência de uma interface totalmente adaptada a diferentes perfis de utilizador, identificada no diagrama de Ishikawa, foi uma limitação não totalmente endereçada.

Ao longo do TFC, houve uma evolução notável nos conhecimentos sobre desenvolvimento móvel com Flutter, integração de bibliotecas como Tesseract OCR e Google ML Kit, e gestão de segurança com AES-256. A experiência com análise de riscos (FMEA, FTA) e validação em contexto real também foi um ganho significativo. Se o TFC voltasse ao princípio, priorizaria uma fase inicial mais robusta de design de interface com testes de usabilidade prévios, evitando ajustes tardios, e investiria mais tempo na otimização da configuração de alertas com base em feedback precoce.

As maiores dificuldades incluíram a integração de tecnologias como o Google ML Kit, que exigiu ajustes para lidar com iluminação inadequada, e a gestão de dados OCRizados em inquéritos, onde erros de extração (e.g., "\$40+" para "40+") demandaram validação manual. Além disso, coordenar a participação de terceiros e interpretar seus feedbacks foi desafiador, mas essencial para a validação.

8.2 Trabalhos Futuros

Assumindo a continuação do trabalho, os próximos passos incluiriam:

- **Melhorias na Solução:** Otimizar a interface para diferentes perfis de utilizador, reduzindo a dificuldade na configuração de alertas (e.g., adicionar tutoriais interativos). Implementar suporte a mais formatos de documentos (e.g., PDF editáveis) e melhorar a precisão do OCR em condições adversas com modelos de machine learning ajustados. Adicionar sincronização opcional com cloud segura para backup, mantendo a privacidade como prioridade.
- **Testes Adicionais:** Expandir a validação em contexto real com 50+ utilizadores, incluindo perfis diversos (e.g., idosos, profissionais), e realizar testes de longa duração (1 mês) para avaliar a estabilidade e consumo de bateria.
- **Inovação e Empreendedorismo:** Desenvolver uma versão empresarial da DigiDoc, direcionada a setores como saúde e jurídico, com funcionalidades premium (e.g., assinatura digital, integração com sistemas de gestão). Explorar parcerias com empresas de segurança para certificação da criptografia e lançar uma campanha de crowdfunding para financiar o desenvolvimento, destacando o valor de privacidade e usabilidade. A criação de uma API pública para integração com outras aplicações também poderia aumentar o potencial de mercado.

Esses passos visam elevar a solução a um nível de maturidade comercial, mantendo o foco em inovação e impacto social, como a facilitação da gestão de documentos em contextos reais.

Bibliografia

- [DEISI24] DEISI, Regulamento de Trabalho Final de Curso, acedido em out. 2024.
- [DEISI24b] DEISI, www.deisi.ulusofona.pt, acedido em out. 2024.
- [Zuber21]: Zuber, S., et al. (2021). Procrastination and prospective memory performance in daily life. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2021.111129>, acedido em mai. 2025.
- [Altgassen19]: Altgassen, M., et al. (2019). Do adults with ADHD fail to remember what to do or fail to do what they remember? <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.01.012>, Maio 2025.
- [Bowman19]: Bowman, S. L., et al. (2019). Anxiety uniquely predicts prospective memory performance. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2019.01.007>, acedido em mai. 2025.
- [Niedźwieńska20]: Niedźwieńska, A., et al. (2020). Everyday memory failures across adulthood. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2019.10.001>, acedido em Jun. 2025.
- [GraVie25] Grand View Research, Digital Transformation Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Solution, Services), By Deployment (On-premises, Cloud), By Enterprise Size, By End-use, By Region, And Segment Forecasts, 2022 – 2030, disponível em www.grandviewresearch.com, acedido em Out. 2024.
- [TesOCR] Tesseract OCR, Tesseract Documentation, disponível em <https://github.com/tesseract-ocr>, acedido em out. 2024.
- [GDPR18] EU GDPR, General Data Protection Regulation, disponível em <https://gdpr.eu/>, acedido em out. 2024.
- [AIIM21] AIIM, State of the Intelligent Information Management Industry 2021, disponível em <https://www.aiim.org/resources>, acedido em Out. 2024.
- [DataStorage25] DataStorage, "Armazenamento em Nuvem vs. Local: Vantagens e Desvantagens", disponível em <https://blog.datastorage.com.br/post/armazenamento-em-nuvem-vs-local-pros-e-contras>, acedido em Mai. 2025.
- [AES256] Advanced Encryption Standard (AES), National Institute of Standards and Technology (NIST), disponível em <https://csrc.nist.gov/publications>, acedido em Out. 2024.
- [Int24] Entrevistas com Utilizadores, conduzidas por Bruno Ramos, Universidade Lusófona, outubro-novembro 2024.
- [UNSDG] United Nations, Sustainable Development Goals, disponível em <https://sdgs.un.org/goals>, acedido em out. 2024.
- [Flut23] Flutter, Flutter Documentation, disponível em <https://flutter.dev/docs>, acedido em out. 2024.
- [SQL23] sqflite, sqflite Documentation, disponível em <https://pub.dev/packages/sqflite>, acedido em nov. 2024.
- [TeaMac] Teachable Machine, Teachable Machine Documentation, disponível em <https://teachablemachine.withgoogle.com/>, acedido em nov. 2024.
- [FLN23] Flutter Local Notifications, Flutter Local Notifications Documentation, disponível em https://pub.dev/packages/Flutter_Local_Notifications, acedido em nov. 2024.

2024.

- [GDrive] Google Drive, Google Drive Documentation, disponível em <https://www.google.com/drive/>, acedido em out. 2024.
- [OneDrive] Microsoft OneDrive, OneDrive Documentation, disponível em <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/onedrive/>, acedido em out. 2024.
- [AdobeDC] Adobe Document Cloud, Adobe Document Cloud Documentation, disponível em <https://www.adobe.com/documentcloud.html>, acedido em out. 2024.
- [CamScan] CamScanner, CamScanner Documentation, disponível em <https://www.camscanner.com/>, acedido em out. 2024.
- [GovPT] gov.pt, Aplicação Móvel id.gov.pt, disponível em <https://play.google.com/store/apps/details?id=id.gov.pt>, acedido em out. 2024.
- [Sta23] Statista, Software as a Service (SaaS) Market Size Worldwide, disponível em <https://www.statista.com/statistics/1237748/saas-market-size/>, acedido em out. 2024.
- [FSS23] flutter_secure_storage, flutter_secure_storage Documentation, disponível em https://pub.dev/packages/flutter_secure_storage, acedido em nov. 2024.
- [GMLK24] Google ML Kit, Google ML Kit Documentation, disponível em <https://developers.google.com/ml-kit>, acedido em nov. 2024.
- [IBM20] IBM Security, *Cost of a Data Breach Report*, disponível em: <https://www.ibm.com/security/data-breach>, acedido em nov. 2024.
- [OWASP22] OWASP Foundation, *Top 10 Security Risks for Cloud Applications*, 2022.
- [ENISA21] European Union Agency for Cybersecurity (ENISA), *Threat Landscape 2021*, disponível em <https://www.enisa.europa.eu>, acedido em nov. 2024.
- [CNPDpt] Comissão Nacional de Proteção de Dados (CNPD), *RGPD Explicado*, disponível em <https://www.cnpd.pt/>, acedido em jun. 2025.
- [Veeam20] Veeam Software, *2020 Data Protection Trends Report*, disponível em <https://www.veeam.com>, acedido em jun. 2025.
- [NIST19] National Institute of Standards and Technology (NIST), *Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity*, 2019.

Glossário

LEI Licenciatura em Engenharia Informática

LIG Licenciatura em Informática de Gestão

TFC Trabalho Final de Curso

Anexos

Anexo 1

	Descrição
Tipo de dados pessoais	Imagens de documentos, texto extraído (OCR), datas de validade, nomes atribuídos a documentos
Finalidade do tratamento	Organização de documentos pessoais, notificações de expiração, pesquisa textual
Base legal	Consentimento do utilizador (RGPD Art. 6.º, n.º 1, alínea a)
Modo de recolha	Upload manual pelo utilizador através da app
Armazenamento dos dados	Localmente no dispositivo do utilizador, com encriptação AES-256
Acesso aos dados	Apenas o próprio utilizador; sem transmissão para terceiros
Transferência internacional	Não aplicável (sem envio para fora da UE ou para servidores externos)
Prazo de conservação	Enquanto o utilizador mantiver os dados na app. Pode apagar a qualquer momento
Medidas de segurança	Encriptação local (AES-256), proteção por código ou biometria, ausência de backup automático sem consentimento
Direitos do titular dos dados	Acesso, retificação, apagamento, oposição, portabilidade, retirada de consentimento

Tabela 4 - Ficha Técnica dos dados dos Utilizadores

Anexo 2

Documento com os resultados do inquérito de teste de usabilidade da aplicação:



Formulário de teste de usabilidade em utilizadores.pdf