



Miguel Ângelo Saraiva Correia

Licenciado em Engenharia Informática

Registo de dados baseado em protocolos de recolha de informação

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática

Orientador: Carlos Augusto Isaac Piló Viegas Damásio,
Professor Associado,
Universidade Nova de Lisboa

Co-orientadores: João Carlos Gomes Moura Pires,
Professor Associado,
Universidade Nova de Lisboa
Armanda Rodrigues,
Professora Associada,
Universidade Nova de Lisboa

Júri

Presidente: Nuno Manuel Robalo Correia, Professor Catedrático
Arguente: Jacinto Paulo Simões Estima, Professor Auxiliar
Vogal: Carlos Augusto Isaac Piló Viegas Damásio, Professor Associado



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Abril, 2021

Registo de dados baseado em protocolos de recolha de informação

Copyright © Miguel Ângelo Saraiva Correia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa 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

Presentemente, uma das principais preocupações dos agricultores está relacionada com o surgimento de doenças e pragas emergentes que afectam as suas culturas. As pragas são capazes de dizimar culturas inteiras, levando a prejuízos económicos por parte do produtor. Para limitar ou mesmo impedir estas ameaças, é necessário apostar em técnicas de controlo e prevenção. O recurso aos produtos fitofarmacêuticos é uma técnica com elevada taxa de sucesso, no entanto, estes podem causar impacto no ambiente e na saúde pública. Para contornar tais situações, várias entidades estão a apostar em técnicas alternativas.

Neste contexto surgiu o projecto FitoAgro, cujo caso de estudo são as culturas de pomóideas na região do Oeste. Tem como objectivo recolher informação de modo a identificar e estudar os ciclos de vida das pragas emergentes. O controlo e monitorização das culturas é feito com recurso a diversos mecanismos de controlo alternativos à luta química, sendo da responsabilidade dos técnicos de campo dirigirem-se com uma determinada frequência às parcelas agrícolas, onde registam o estado das culturas. Os técnicos devem seguir procedimentos, explicitados sobre a forma de protocolos de recolha de informação, que indicam a forma de actuação e os dados que devem ser registados numa determinada parcela agrícola.

Associado a este tipo de projectos, os quais implicam um controlo fitossanitário, surgiu a necessidade de desenvolver uma ferramenta para substituir a prática comum de gerir o estado das culturas com base em registos em papel. O propósito desta dissertação foi o desenvolvimento de uma solução para a recolha e posterior consulta de dados de campo. A solução, composta por uma aplicação móvel e um *website*, foi formulada para o caso específico do projecto FitoAgro, contudo, teve como fundamento uma *framework*, a qual serve de base à criação de aplicações móveis em contexto de registo de dados fitossanitários, consoante protocolos de recolha de informação.

Palavras-chave: Aplicação móvel, *Website*, *Framework*, Protocolos, FitoAgro, Fitossanitário

ABSTRACT

Nowadays, one of the main concerns of farmers is the emergence of diseases and pests that affect their crops. Pests are capable of decimating entire crops, leading to economic losses. To limit or even prevent these threats, it is necessary to invest in control and prevention techniques. The use of chemical products is a technique with a high success rate, however, it can impact the environment and the public health. To circumvent such situations, several entities are embracing alternative techniques.

In this context, the FitoAgro project arose, whose case study are the pome crops in the West region. It aims to collect information in order to identify and study the life cycles of emerging pests. The control and monitoring of crops is done using various control mechanisms that are alternative to chemical control, and it is the responsibility of field technicians to go to the agricultural plots with a certain frequency, where they register the state of the crops. Technicians must follow procedures, explained in the form of information collection protocols, which indicate the form of action and the data that must be recorded in a given agricultural plot.

In the context of phytosanitary projects, there was a need to develop a tool to replace the common practice of managing crop status based on paper records. The purpose of this dissertation was to develop a solution for the collection and subsequent consultation of field data. The solution, composed of a mobile application and a website, was formulated for the specific case of the FitoAgro project, however, it was based on a framework, which serves as a basis for the creation of mobile applications in the context of phytosanitary data registration.

Keywords: Mobile application, Website, Framework, Protocols, FitoAgro, Phytosanitary

ÍNDICE

Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xv
Listagens	xvii
Glossário	xix
Siglas	xxi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e motivação	1
1.2 Projecto FitoAgro	2
1.2.1 Pragas emergentes	3
1.2.2 Visitas de campo	6
1.2.3 Integração dos dados	8
1.3 Visitas e protocolos	8
1.4 Descrição do problema	9
1.5 Objectivos e contribuições	10
1.6 Estrutura do documento	11
2 Estado da arte	13
2.1 Recolha de dados	13
2.2 Soluções relevantes	14
2.2.1 SafeBrócolo	14
2.2.2 Agroptima	15
2.2.3 PestFax	15
2.2.4 Vitiplan	16
2.2.5 GeoFarmer	17
2.2.6 Magpi	17
2.2.7 Fulcrum	17
2.3 Conclusão	18
3 ProtoCollector	21

3.1	Requisitos	21
3.1.1	Protocolos de recolha de informação	21
3.1.2	Modo de actuação	22
3.1.3	Funcionalidades	23
3.2	Arquitectura	23
3.3	Servidor	24
3.4	ProtoCollector Framework	25
3.5	ProtoCollector FitoAgro Mobile	27
3.5.1	Visão geral	27
3.5.2	Primeira utilização	28
3.5.3	Login	28
3.5.4	Início	29
3.5.5	Detecção de parcelas	30
3.5.6	Decorrer da visita	31
3.5.7	Conclusão da visita	39
3.5.8	Resumo	39
3.5.9	Listagem	40
3.5.10	Registos complementares	41
3.5.11	Preferências e sincronização	42
3.6	ProtoCollector FitoAgro Web	43
3.6.1	Login	43
3.6.2	Página principal	43
3.6.3	Visita	44
3.6.4	Estatísticas	46
3.7	Conclusão	47
4	Implementação do ProtoCollector	49
4.1	Ficheiros de configuração	49
4.1.1	Protocolos	49
4.1.2	Parcelas	53
4.1.3	Resumos	54
4.2	Módulos reutilizáveis	55
4.2.1	Módulo de dados	56
4.2.2	Módulo Bluetooth	60
4.2.3	Módulo de localização	62
4.2.4	Módulo multimédia	64
4.2.5	Módulo de registos	65
4.2.6	Módulo de interface	66
4.3	Visitas colaborativas	71
4.3.1	Conexão	73
4.3.2	Troca dos registos	73

4.3.3	Troca de informação multimédia	74
4.3.4	Troca de informação GPS e duração	74
4.4	Recuperação	75
4.5	Sincronização	76
4.6	Ferramenta de consulta	78
4.6.1	Dados das visitas	78
4.6.2	Comentários	79
4.7	Conclusão	79
5	Avaliação	81
5.1	Metodologia de avaliação	81
5.2	Testes de desempenho	82
5.2.1	Robustez	82
5.2.2	Memória interna	83
5.2.3	Memória RAM	83
5.2.4	Consumos de bateria	84
5.2.5	Tempos de sincronização	86
5.2.6	Adaptação a diferentes contextos	86
5.2.7	Comparação entre versões	87
5.3	Visitas de validação	88
5.4	Inquéritos	92
5.4.1	Resultados SUS	94
5.4.2	Análise das funcionalidades	94
5.4.3	Satisfação e previsões	95
5.5	Conclusão	97
6	Conclusões e trabalho futuro	99
6.1	Conclusão	99
6.2	Trabalho futuro	100
6.2.1	Definir <i>helpers</i>	100
6.2.2	Visitas colaborativas com <i>N</i> intervenientes	100
6.2.3	Visualizações de dados	100
6.2.4	Incorporação de comentários	101
	Bibliografia	103
A	Localização dos POBs	107
B	Folha generalista	109
C	Folha generalista preenchida à mão	111
D	Folha de registo da Filoxera na parcela Encarnação	113

LISTA DE FIGURAS

1.1	Observação de filoxera ao microscópio	4
1.2	Cecidómia e o seu ataque nas folhas [17]	5
1.3	Larva e adulto da molesta	5
1.4	Fêmea adulta de <i>Pseudococcus viburni</i> em folha de tomateiro [9]	6
1.5	Observações do protocolo específico de Cecidómia	7
1.6	Observações do protocolo genérico de Cecidómia	7
2.1	Agroptima [4]	15
2.2	Registo de uma ocorrência na PestFax [24]	16
2.3	Registo de uma ocorrência na Fulcrum [26]	18
3.1	Arquitectura do sistema	24
3.2	Disposição das directorias no servidor	26
3.3	Dependências dos módulos	27
3.4	Diagrama de estados da aplicação	29
3.5	Inicialização	30
3.6	Ecrã do mapa	31
3.7	Aba de registo nas árvores	32
3.8	Activação de protocolos	33
3.9	Abas adicionais	34
3.10	Ocorrências	35
3.11	Captação de ficheiros multimédia	36
3.12	Consulta de informação	37
3.13	Registo colaborativo	38
3.14	Botão de conexão	39
3.15	Conclusão da visita	40
3.16	Listagem das visitas	41
3.17	Registo em laboratório	42
3.18	Ecrã de definições	43
3.19	Página de login	44
3.20	Página inicial	45
3.21	Página da visita	46
3.22	Ficheiro multimédia	46

LISTA DE FIGURAS

3.23 Estatísticas dos registos	47
4.1 Diagrama da base de dados	57
4.2 Componente booleana	68
4.3 Componente numérica	68
4.4 Componente textual	69
4.5 Componente temporal	70
4.6 Componente categórica	70
4.7 Componente de contagens	70
4.8 Componente de intervalos	71
4.9 Diagrama de estados da colaboração	72
5.1 Entregas da aplicação FitoAgro	82
5.2 Tempo médio de envio de uma visita	86
5.3 Observações registadas nas visitas de validação	90
5.4 Trajectos obtidos nas visitas de validação	91
5.5 Gráfico SUS [6]	94
5.6 Resultados SUS	95
5.7 Resultados de facilidade	96
5.8 Resultados de utilidade	96
5.9 Resultados de satisfação e previsões futuras	97

LISTA DE TABELAS

4.1	Diferentes tipos de dados	51
4.2	Mapeamento dos protocolos	54
5.1	Consumo médio total de memória RAM por contexto	84
5.2	Consumo médio de bateria	85
5.3	Resultados das visitas de validação	90

LISTAGENS

4.1	Especificação dos EOIs	50
4.2	Observações rebentos atacados	51
4.3	Protocolo da Cecidómia	53
4.4	Informação da parcela	54
4.5	Configuração de resumos	55
4.6	BroadcastReceiver para emparelhamentos	61
4.7	BroadcastReceiver para procura	61
4.8	<i>LocationListener</i> para captação de pontos	63
4.9	<i>LocationListener</i> para parcelas	64
4.10	Método para gerar resumo	66
4.11	Método para gerar componentes	67
4.12	Aplicação de filtros	69
4.13	Verificação dos limites	69
4.14	Manipulação do <i>UUDI</i>	73

GLOSSÁRIO

blobs	Valores constituídos por uma colecção de dados binários armazenados como uma única entidade.
dimorfismo sexual	Ocorrência de características físicas, não sexuais, distintas nos indivíduos do sexo masculino e feminino.
estado fenológico	Fase de desenvolvimento da planta.
hemimetabólico	Sucessão de fases em que os organismos intermédios são designados por ninfas.
hemíptero	Ordem de insectos de metamorfose incompleta que possuem um órgão apropriado para a sucção e dois pares de asas.
holometabólico	Sucessão de fases caracterizadas pelas fases de larva, pupa e adulto.
homóptero	Ordem de insectos que possuem dois pares de asas membranosas e um aparelho bucal sugador.
parcela	Constitui a porção contínua de terreno homogéneo com limites estáveis agronómica e geograficamente, com uma identificação única conforme registado no Sistema de Identificação Parcelar.
pomóideas	Designação das árvores e arbustos cujos frutos comestíveis são pomos como a maçã e a pêra.
ponto de observação biológico	Parcelas que têm o objectivo de monitorizar um ou mais problemas fitossanitários.
praga	Conjunto de insectos que afectam culturas agrícolas.
produtos fitofarmacêuticos	Produtos químicos visados para a protecção das plantas e culturas.
região do Oeste	Região delimitada a sul pela Grande Lisboa, a leste pela Lezíria do Tejo, a norte pelo Pinhal Litoral e a oeste pelo Oceano Atlântico.

SIGLAS

API	Application Programming Interface.
CRUD	Create, Read, Update and Delete.
CSS	Cascading Style Sheet.
GPS	Global Positioning System.
HTML	HyperText Markup Language.
IDE	Integrated Development Environment.
NEA	Níveis económicos de ataque.
POB	Ponto de observação biológica.
SQL	Structured Query Language.
SUS	System Usability Scale.

INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objectivo introduzir a temática onde se inclui esta dissertação. Primariamente é apresentado o enquadramento e a motivação (1.1). De seguida, é explicado o projecto onde a dissertação se insere (1.2), apresentada a generalização do procedimento associado ao projecto (1.3) e o problema que se pretende resolver (1.4). Por fim, são apresentados os objectivos e as contribuições (1.5), terminando com a estrutura do documento (1.6).

1.1 Enquadramento e motivação

Desde os tempos remotos que as pragas têm afectado de forma negativa a humanidade sendo estas capazes de dizimar por completo culturas agrícolas, causando prejuízos económicos e períodos de fome ao longo da história.

Ainda hoje as culturas são permanentemente ameaçadas por inimigos que provocam um défice tanto na qualidade como na quantidade dos produtos, sendo da responsabilidade do agricultor adoptar técnicas de protecção para impedir ou limitar o impacto destes organismos. Devido às alterações climáticas, não só têm sido afectados os ciclos de desenvolvimento de determinadas culturas, mas também têm sido originadas condições favoráveis a determinadas pragas, contribuindo para o seu crescimento e aparecimento em locais onde previamente não estavam presentes [1].

Com o intuito de combater o surgimento destas pragas e doenças associadas, o recurso à luta química, com a aplicação de **produtos fitofarmacêuticos**, tem sido uma prática adoptada por várias entidades pois proporciona níveis de produção capazes de satisfazer as necessidades globais da população em produtos agrícolas e derivados [19]. No entanto, a utilização destes produtos pode ter consequências nefastas, provocando impacto no ambiente e na saúde pública. Para contornar tais situações, várias entidades estão a apostar

em técnicas de controlo alternativas.

O projecto FitoAgro, o qual pretende monitorizar e estudar os ciclos de vida de pragas emergentes na **região do Oeste** de Portugal, é um exemplo de uma entidade que promove o controlo do estado das culturas com base em estratégias complementares à luta química. O controlo do estado das culturas é conseguido com recurso a observações e consequentes registos em papel realizados em campo e em meio laboratorial. Estes registos são posteriormente transcritos para uma Google Sheet que permite integrar os dados no sistema de informação do projecto. Tendo em conta este procedimento, foi proposto o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de substituir o método actual de registo, para que os dados sejam registados de forma eficaz e rapidamente integrados no sistema de informação.

Esta dissertação consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta para o registo dos dados de campo, adaptável ao caso concreto do projecto FitoAgro, mas também a outros contextos de monitorização e registo de dados *in situ*, associados a protocolos de recolha de informação.

1.2 Projecto FitoAgro

O FitoAgro é um projecto português que estuda os ciclos de vida de pragas emergentes na região do Oeste, as quais afectam as culturas de **pomóideas**. Pretende definir estimativas de risco e os seus níveis económicos de ataque, ensaiar métodos de luta biotécnica e biológica, de forma a evitar o uso de fitofarmacêuticos, e desenvolver mapas de risco para as pragas e doenças alvo do projecto.

Este projecto é financiado através do "PDR2020 - Programa de Desenvolvimento Rural" no âmbito do acordo Portugal 2020 e conta com a contribuição das seguintes entidades [14]:

- COTHN - Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional;
- ISA - Instituto Superior de Agronomia;
- Granfer - Produtores de Frutas CRL;
- FCT/UNL - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa;
- ESACB - Escola Superior Agrária de Castelo Branco;
- COOPVAL - Cooperativa Agrícola dos Fruticultores do Cadaval CRL;
- Frutus - Estação Fruteira do Montejunto CRL;
- Frutoeste - Cooperativa Agrícola de Hortofruticultores do Oeste CRL;
- CPF - Centro de Produção e Comercialização Hortofrutícola Lda;
- Ecofrutas - Estação Fruteira da Estremadura Lda;
- ESAS - Escola Superior Agrária de Santarém;

- Copa - Produtores de Fruta e Produtos Hortícolas;
- CAB - Cooperativa Agrícola do Bombarral CRL;
- APAS - Associação dos Produtores Agrícolas da Sobrena.

A maioria das entidades disponibilizam parcelas que são utilizadas como **ponto de observação biológico** (POB). Nos POBs é recolhida informação através de observações, relativas à presença e impacto das diferentes pragas. Esta informação é combinada com os dados meteorológicos para a criação de modelos que se ajustam às diferentes pragas no contexto da região. As observações são realizadas conforme procedimentos predefinidos sobre pontos de interesse e mecanismos de monitorização colocados no local, como é o caso das armadilhas de confusão sexual. Graças a este procedimento, torna-se possível estudar e validar os modelos dos ciclos de vida das espécies, permitindo a formulação de técnicas de controlo regional baseado em luta biotécnica e biológica.

1.2.1 Pragas emergentes

O projecto FitoAgro foca-se no estudo de espécies de insectos que têm vindo a afectar a produção de pomoideas no Oeste. A presença destas espécies prejudica a produção dos frutos levando a uma diminuição da sua qualidade e consequentemente à diminuição do seu valor. As quatro espécies em estudo são:

- Filoxera (*Aphanostigma pyri* Chol.);
- Cecidómia (*Dasineura pyri* Bouché);
- Novo Lepidóptero (*Grapholita molesta* Busck);
- Cochonilha-Algodão (*Pseudococcus viburni*).

1.2.1.1 Filoxera

A filoxera é um pequeno **homóptero** de cor amarela que atinge dimensões entre os 0.8 e 1 milímetros de comprimento. A espécie hiberna sob a forma de ovos durante o período do Inverno, depositados nas reentrâncias das cascas das árvores. As larvas eclodem entre Março e Abril, sofrendo alterações conforme as condições climáticas, transformando-se em fêmeas fundadoras (na figura 1.1 é possível observar a presença de fêmeas e ovos). Cada fêmea pode vir a produzir entre 60 e 100 ovos. Devido à sua alta mobilidade, as larvas têm facilidade a alcançar os frutos onde se abrigam e evoluem para adultos. Como não existem formas aladas, a **praga** não migra para outras plantas sendo a sua dispersão causada pela acção do homem [13].

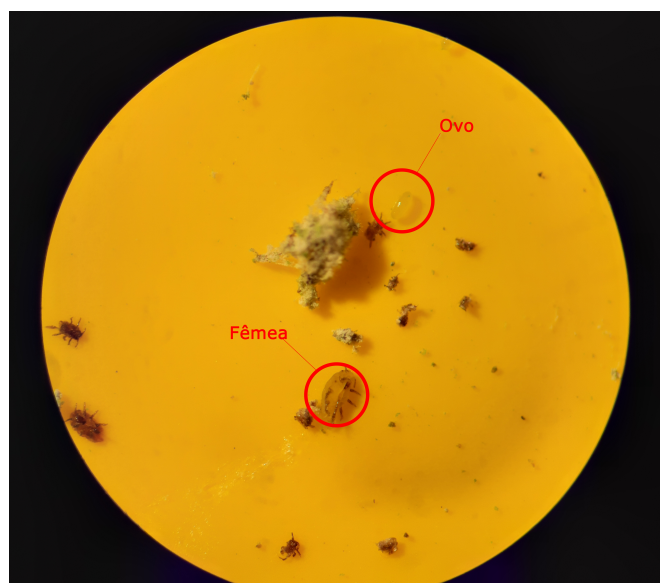


Figura 1.1: Observação de filoxera ao microscópio

1.2.1.2 Cecidómia

O adulto desta espécie é um pequeno díptero (de 1.5 a 2 milímetros) com patas mais longas que o corpo e asas membranosas e transparentes (figura 1.2a). O macho apresenta um abdómen mais curto e estreito que o da fêmea. As antenas do macho são maiores e encontram-se encurvadas para trás. Os ovos apresentam uma cor amarela-alaranjada com cerca de 0.3 milímetros de largura, sendo estes depositados nas folhas mais jovens da planta. As larvas recém-nascidas (que eclodem após 3 a 12 dias) são transparentes, desenvolvendo-se até atingirem 2 milímetros de comprimento e uma coloração entre o branco e o amarelo. Durante a Primavera os adultos emergem, gerando cerca de 2 a 4 gerações por ano, sendo a última em Julho ou Agosto. De seguida as larvas enterram-se no solo, onde permanecem até à Primavera seguinte.

As folhas atacadas (figura 1.2b) encontram-se enroladas longitudinalmente, com larvas esbranquiçadas no seu interior. Muitas vezes estas folhas podem servir de abrigo a outras pragas. Em ataques muito graves, é possível observar a desfoliação dos lançamentos e a paragem do crescimento vegetativo da planta [10].

1.2.1.3 Novo Lepidóptero

Um dos focos de estudo do projecto FitoAgro tem sido a identificação e confirmação da espécie do Novo Lepidóptero. De início foram propostas três espécies distintas (*Cryptoblabes gnidiella*, *Cydia funebrana* e *Grapholita molesta* Busck), no entanto, o foco de estudo tornou-se a *Grapholita molesta* Busck.

A molesta é uma espécie de insectos lepidópteros que têm como plantas hospedeiras os pessegueiros, no entanto, também se encontram em pereiras, macieiras e ameixoeiras. O adulto desta espécie pode atingir os 16 milímetros de envergadura. Possui asas

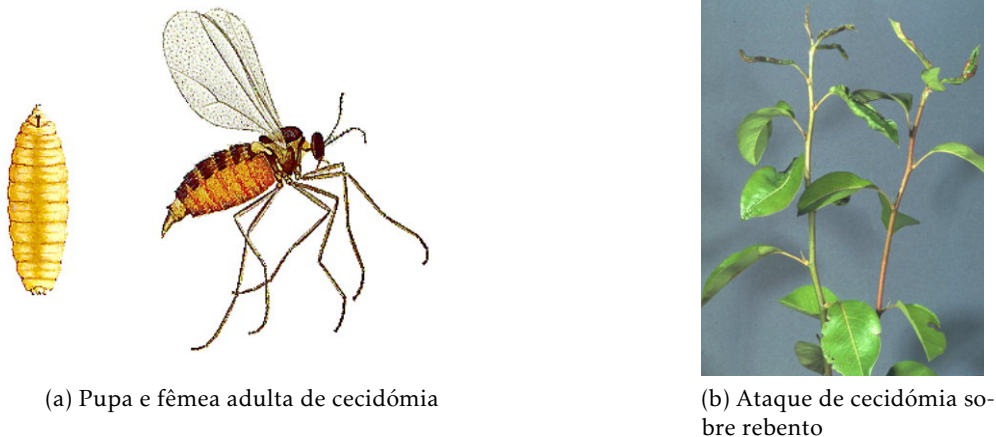
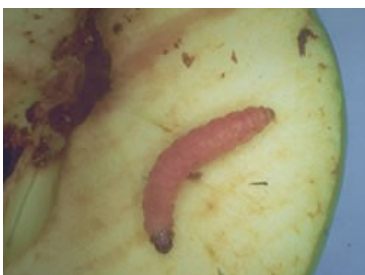


Figura 1.2: Cecidómia e o seu ataque nas folhas [17]

dianteiras castanhas escuras e asas posteriores com uma coloração uniforme cinzenta acastanhada (figura 1.3b). Os ovos, que são colocados na página inferior das folhas, apresentam uma forma elíptica com cerca de 1 milímetro de comprimento. Apresentam uma cor esbranquiçada que se vai tornando amarela com o passar do tempo. As larvas apresentam 5 instares larvares podendo atingir os 15 milímetros de comprimento no final do seu desenvolvimento. O seu corpo, inicialmente branco, torna-se cor-de-rosa, contrastando com a sua cabeça castanha clara (figura 1.3a). Estas começam a atacar os rebentos jovens logo após a eclosão. O ponto de penetração situa-se em geral sobre a nervura da folha e pode ser detectada pela presença de excrementos em redor do orifício. As pupas medem aproximadamente 6 milímetros de comprimento e apresentam uma cor castanha escura [22].



(a) Larva de molesta no fruto [17]



(b) Adulto da molesta [3]

Figura 1.3: Larva e adulto da molesta

1.2.1.4 Cochonilha-Algodão

A Cochonilha-Algodão é um **hemíptero** de difícil combate que afecta culturas em todo o mundo. Esta espécie apresenta **dimorfismo sexual**, tanto a nível do ciclo de desenvolvimento como ao nível do comportamento [9].

A fêmea (figura 1.4) apresenta um desenvolvimento **hemimetabólico** caracterizado por 3 estados, os quais o ovo, a ninfa (com três estados distintos) e o estado adulto [7]. Esta começa a alimentar-se desde o primeiro estado de ninfa até à sua reprodução.

O macho apresenta um desenvolvimento **holometabólico** com 4 estados, os quais o ovo, a ninfa (com dois estados distintos), o casulo (pré-pulsa e pulsa) e a fase adulta [8]. Os machos alimentam-se apenas durante o estado de ninfa, apresentando dimensões inferiores às das fêmeas, e têm como única função a reprodução.



Figura 1.4: Fêmea adulta de *Pseudococcus viburni* em folha de tomateiro [9]

1.2.2 Visitas de campo

Os dados de campo são registados *in situ* pelos técnicos do projecto, responsáveis por visitar regularmente catorze POBs distintos, os quais são apresentados no apêndice A, e proceder conforme as especificações dos protocolos aplicáveis no local.

Um protocolo é especificado num ficheiro PDF, onde são indicadas as observações a realizar em determinados pontos de interesse assim como as iterações sobre cada observação, as quais indicam o valor a ser registado. Para além disso, é indicado o período em que o mesmo se encontra em vigor e os POBs onde se realizam as observações. Neste projecto, à excepção de dois protocolos que implicam o registo de valores booleanos, todos os restantes dezasseis contemplam o registo de valores numéricos, obtidos ao observar o estado de determinados elementos. Com base na informação presente no PDF de cada protocolo foram formuladas folhas de registo no formato A4, onde foi colocada uma tabela que expressa as observações necessárias para todos os protocolos de campo. Com base no POB em questão, as observações de um protocolo podem variar. Cada POB tem um conjunto de inimigos alvo, conseqüentemente, um conjunto de protocolos específicos desse local. Caso o protocolo seja aplicado de forma específica, as observações presentes na folha de registo vão ser mais detalhadas do que nos restantes locais. Na folha de registos é contemplada a totalidade dos protocolos de campo, implicando que vários protocolos podem ser executados em simultâneo, no entanto, as observações variam consoante o local. Visto que os protocolos têm um período associado, o registo de informação vai variar ao longo da campanha dentro de um POB. No apêndice B encontra-se o modelo de uma folha

de registo. Adicionalmente, no apêndice C, encontra-se uma destas folhas preenchidas à mão por um técnico de campo.

Considerando o exemplo de uma das pragas alvo do projecto, a Cecidómia, são apresentadas as observações realizadas no contexto de um POB específico (figura 1.5) em contraste com as que são realizadas num POB genérico (figura 1.6). Como é possível observar, no contexto específico, são realizadas duas observações, relativas aos rebentos por árvore e à presença de lagartas, sendo necessário indicar o número de rebentos atacados e registar o número de lagartas das diferentes cores. Pelo contrário, num contexto genérico, o protocolo implica apenas o registo da informação relativa aos rebentos. Este comportamento é comum aos protocolos alvo no projecto, sendo que os restantes apresentam apenas observações genéricas. Assim sendo, cada protocolo especifica um conjunto de observações, que em norma são realizadas com base em elementos em campo, como ramos, frutos ou folhas, onde cada observação tem um conjunto de registos que devem ser realizados.

	Observação	Árvore Nº	1	2	3	...
Cecidómia da pereira	5 rebentos / árvore	(nº rebentos atacados)				
	Presença de lagarta	Branca				
		Amarela				
		Laranja				

Figura 1.5: Observações do protocolo específico de Cecidómia

	Observação	Árvore Nº	1	2	3	...
Cecidómia da pereira	5 rebentos / árvore	(nº rebentos atacados)				

Figura 1.6: Observações do protocolo genérico de Cecidómia

No início de uma visita ao campo, o técnico deve deslocar-se para um dos pontos de interesse especificados nos protocolos, os quais dizem respeito a árvores e armadilhas. Alguns técnicos optam por cooperar durante a fase de selecção dos pontos de interesse, dividindo o número de pontos pelos técnicos presentes na **parcela**. Caso contrário, deslocam-se em conjunto até aos pontos e confirmam os registos simultaneamente. Nos pontos de interesse são realizadas observações e registados valores na folha de registo, consoante os protocolos a serem observados. Por vezes, para além do que é registado nas folhas, o técnico sente ainda a necessidade de tirar fotografias para suportar a informação.

Estas fotografias são partilhadas no grupo do FitoAgro na rede social WhatsApp, onde se gera uma pequena discussão para clarificar o conteúdo do elemento em questão.

Após o preenchimento da folha de registo, é formulado um pequeno resumo com a informação chave da visita, para consulta posterior no início da seguinte visita à mesma parcela. Caso a visita tenha sido realizada num POB com Filoxera, é ainda necessário ir para laboratório observar elementos recolhidos durante a visita, nomeadamente fitas, para registar o número de indivíduos capturados. Estes registos são realizados num folha específica para a Filoxera, a qual é apresentada no apêndice D.

1.2.3 Integração dos dados

Após as visitas de campo, é necessário que os dados sejam integrados no sistema de informação do FitoAgro. Para tal, um técnico fica responsável por transcrever os registos da folha de papel para uma Google Sheet, a qual colocada numa pasta da Google Drive relativa à visita em questão. Após a inserção dos dados nas células correspondentes, o sistema de informação fica encarregue de processar a informação presente na folha e integrar os dados.

1.3 Visitas e protocolos

Uma visita implica o deslocamento de um técnico a um local predefinido, num determinado dia, a uma certa hora. Durante uma visita, são recolhidos dados *in situ*, gerais à sua realização, como por exemplo, o local, a data, e no caso concreto do projecto FitoAgro, o estado de desenvolvimento das culturas, a ocorrência de chuva, tratamentos e o calibre dos frutos. Para além destes, é recolhida informação associada a pontos de observação, os quais são o foco da visita e onde é despendido a maioria do tempo a realizar as observações e registos. Para além disso, a realização de uma visita implica captação de informação adicional, como o trajecto realizado pelo técnico e elementos multimédia de suporte às observações. Por vezes, pode surgir a necessidade de analisar alguns dados ou até mesmo elementos associados a uma visita, o que pode implicar a realização de observações num contexto exterior à mesma.

No contexto de campo, a observação dos elementos necessários pode gerar a necessidade de registar os mais diversos tipos de dados, desde simples valores numéricos, a valores categóricos, booleanos, temporais e até intervalos. No caso do projecto FitoAgro, por um lado pode ser necessário indicar o número de folhas atacadas, como pode ser necessário indicar a presença de sintomas, o que passa a implicar o registo de um valor booleano, ou até mesmo a indicação do **estado fenológico**, o qual é expressado por um intervalo de caracteres. Assim sendo, os dados a registar durante uma visita podem ser bastante variados.

Posto isto, o conjunto de dados que devem ser registados durante uma visita são expressos através de protocolos de recolha de informação, os quais são aplicáveis numa

determinada altura do ano, numa zona de interesse. Estes protocolos implicam o registo de diversos tipos de dados baseados nos pontos de observação, sendo que cada zona de interesse passa a ter associado um conjunto de protocolos que se aplicam a pontos específicos do local.

1.4 Descrição do problema

Esta dissertação vem proporcionar uma solução digital e genérica para o registo de dados baseados em protocolos, que por um lado possibilita a adaptação a diferentes contextos de recolha de dados fitossanitários e por outro lado visa resolver os problemas associados à prática da gestão das culturas, os quais são comuns a diversos projectos neste domínio.

Já foram desenvolvidas algumas soluções, as quais vão ser posteriormente analisadas neste documento, que abordam esta temática, no entanto, as mesmas estão vinculadas a um contexto ou projecto específico sendo que são pouco adaptáveis e oferecem pouca variedade de dados a registar. Sempre que surge a necessidade de criar uma solução para um projecto neste domínio, é necessário que esta seja desenvolvida de base, o que implica um maior custo e tempo de desenvolvimento. Para além disso, após a conclusão do projecto associado, o sistema deixa de ser utilizado pois não é capaz de se adaptar a outros contextos. Por vezes, o processo de registo não é estático, ou seja, os dados a serem registados variam ao longo do projecto, implicando uma manutenção do sistema para que este seja capaz de acompanhar as constantes alterações.

A gestão nestes projectos é frequentemente realizada com recurso a registos em folhas de papel, o que pode tornar-se um inconveniente. No caso concreto do projecto FitoAgro, sempre que um técnico se dirige ao campo para monitorizar o estado das culturas deve transportar consigo as folhas de registo, o que torna difícil o manuseamento de qualquer outro objecto que seja necessário analisar. O transporte de uma folha de papel na presença de condições atmosféricas adversas pode danificá-la, levando à perda dos dados já registados e/ou à impossibilidade de realizar novos registos. Para além disso, este método não permite vincular informação adicional aos registos, como por exemplo fotografias e áudios, e implica que a folha seja transcrita para uma Google Sheet, sendo esta mais uma tarefa a ser realizada pelo técnico. Visto que o intervalo de tempo entre a realização da visita e o preenchimento da Google Sheet pode atingir semanas, implica atrasos na integração dos dados no sistema. Durante a transcrição podem ser cometidos alguns erros, como por exemplo, a inserção de um valor incorrecto ou a inserção de um valor numa célula não desejada.

A realização de registos com base em protocolos, admite que estes devem ser executados num determinado local seguindo instruções de recolha de dados. Como é o caso do projecto FitoAgro, os protocolos são aplicados simultaneamente sobre o mesmo ponto de interesse, não sendo estabelecida uma sequência de aplicação dos mesmos, surgindo a necessidade de registar vária informação no mesmo local. Isto não implica o preenchimento de diversos formulários em simultâneo, mas sim a integração conjunta destes.

Posto isto, pretende-se resolver os problemas associados ao registo de informação em campo, proporcionando uma ferramenta de recolha de dados, que seja adaptável a diferentes contextos fitossanitários, a qual permita resolver os problemas associados à prática actual de monitorização do estado das culturas e facilite a integração dos dados no sistema de informação do projecto onde está a ser aplicada.

1.5 Objectivos e contribuições

Esta dissertação contempla dois objectivos. O primeiro consiste em proporcionar uma ferramenta base para a criação de soluções, no contexto de projectos fitossanitários, apta a registar dados baseados em protocolos através da definição de uma linguagem de especificação dos mesmos. O segundo objectivo consiste em utilizar esta ferramenta para desenvolver uma solução especializada ao caso concreto do projecto FitoAgro.

Foi desenvolvida uma solução para a recolha e posterior consulta de dados de campo, denominada de ProtoCollector. Esta solução é composta por uma aplicação móvel, a ProtoCollector Mobile, a qual é remotamente configurável, apta a acomodar diferentes contextos de recolha de dados *in situ*, juntamente de um *website* de suporte para a consulta dos registos associados, o ProtoCollector Web. Ambos foram desenvolvidos com base na implementação de uma *framework* que oferece um conjunto de módulos reutilizáveis. A ProtoCollector *Framework*, oferece um conjunto de funcionalidades, as quais facilitam a criação de soluções no contexto de recolha de dados fitossanitários, que permitem gerir as zonas de interesse, complementar a informação com elementos multimédia e gerar interfaces gráficas com base na linguagem de protocolos especificada. A ProtoCollector FitoAgro foi a solução desenvolvida sobre esta *framework* para satisfazer a recolha de dados associada a este projecto. Este sistema foi preparado para detectar alterações relativas aos protocolos de recolha de informação e zonas de interesse, estando apto a processar essa informação e reajustar o contexto de recolha.

Com esta dissertação pretende-se contribuir com uma ferramenta eficaz de recolha de dados de campo, baseada numa linguagem de especificação de protocolos de recolha de informação, possibilitando a criação de aplicações aptas a registar os dados necessários consoante o projecto associado, reduzindo o custo e o tempo de manutenção associado à criação de novas soluções de base. Isto torna-se possível graças aos módulos que constituem a ProtoCollector *Framework*, os quais podem ser reutilizados em diferentes contextos de recolha de dados, permitindo um aproveitamento para outras aplicações. Especificamente para o projecto FitoAgro, pretende-se contribuir com uma ferramenta que possibilite uma maior facilidade da integração dos dados no sistema de informação, que melhore a qualidade dos dados recolhidos e liberte os técnicos de algumas dificuldades que deparam actualmente durante as visitas ao campo. Por fim, pretende-se contribuir para o sucesso do actual e de futuros projectos.

1.6 Estrutura do documento

O documento encontra-se dividido em seis capítulos:

- **Introdução**

Este capítulo introduz a problemática associada à dissertação e clarifica os objectivos e a motivação do trabalho realizado.

- **Estado da Arte**

No segundo capítulo encontra-se presente o trabalho de pesquisa relativo ao levantamento de aplicações existentes que abordam a mesma temática do sistema desta dissertação.

- **ProtoCollector**

No terceiro capítulo é apresentado o estado da solução desenvolvida.

- **Implementação do ProtoCollector**

No quarto capítulo encontra-se a explicação detalhada da implementação das funcionalidades chave da solução.

- **Avaliação**

O quinto capítulo é dedicado à metodologia de avaliação, onde são apresentados os testes efectuados.

- **Conclusões e trabalho futuro**

No último capítulo são apresentadas as conclusões desta dissertação, juntamente de sugestões de desenvolvimento futuro.

ESTADO DA ARTE

Neste capítulo é apresentado o estado actual das soluções existentes que abordam o registo de dados em contextos fitossanitários, assim como em contextos de recolha de dados genéricos. O capítulo começa com uma introdução sobre o que se entende por uma ferramenta para recolha de dados de campo, sendo realçada a importância no contexto da agricultura (2.1). De seguida, é realizado um levantamento dos sistemas existentes para tal efeito (2.2). Por fim, é apresentada uma conclusão com base no que foi referido ao longo do capítulo.

2.1 Recolha de dados

Para eliminar o uso de registos em papel e permitir que a informação seja facilmente enviada para análise, têm surgido diversos *softwares* que permitem registar e armazenar dados de forma *offline* e posteriormente exportá-los. Com a grande adopção das tecnologias móveis em todo o mundo, têm surgido várias aplicações que permitem ao seu utilizador registar informação *on-the-go*. Várias soluções existentes têm um carácter genérico, permitindo ao utilizador registar informação ao seu critério, no entanto, surgiram também aplicações específicas a certos domínios, sendo um destes a agricultura. Várias entidades associadas à agricultura, colocaram as folhas de papel de lado e passaram a utilizar dispositivos móveis para registar dados relativos ao estado das colheitas e consultar informação frutuosa à sua actividade. Ao longo deste capítulo vão ser analisadas algumas ferramentas de recolha de dados, tanto com carácter genérico, como específicos ao contexto, que foram tidas em conta para a formulação da solução desenvolvida nesta dissertação.

2.2 Soluções relevantes

Nesta secção são apresentadas as soluções consideradas relevantes. Existem diversos sistemas de registo de dados em campo, associados aos mais diversos contextos de recolha de informação, no entanto, a maioria oferece um registo predefinido de informação. A pesquisa das soluções foi restrita ao contexto agrícola e a contextos de registos genéricos, sendo estas filtradas de modo a ter em conta apenas as soluções que estão directamente dependentes de protocolos de recolha de informação ou que apresentem funcionalidades úteis ao contexto. Em cada uma das seguintes soluções, é apresentado o seu funcionamento geral, assim como comentários à sua eficácia para resolução do problema descrito nesta dissertação.

2.2.1 SafeBrócolo

Esta aplicação foi desenvolvida em contexto académico, no âmbito do projecto SafeBrócolo [25] pela equipa do NOVA LINCS. O SafeBrócolo é um projecto português que pretende melhorar o processo produtivo do brócolo, tentando reduzir o efeito das pragas. O objectivo desta ferramenta foi substituir as folhas de registo em papel, utilizadas pelos técnicos do projecto para registar dados em campo relativos ao estado das culturas, por uma aplicação móvel capaz de registar toda essa informação com suporte GPS e multimédia. A aplicação está especializada para o registo de informação relativo às culturas de brócolos, tendo sido estabelecido um protocolo de recolha de informação estático. Esse protocolo implica o registo da seguinte informação:

- Coordenadas GPS para a identificação de parcelas e plantas;
- Identificador do [estado fenológico](#) da cultura;
- A data da observação;
- Um técnico, caracterizado por um email e nome de utilizador;
- Número de ovos, larvas e sintomas observados;
- Texto de observações gerais;
- Fotografias;
- Vídeos.

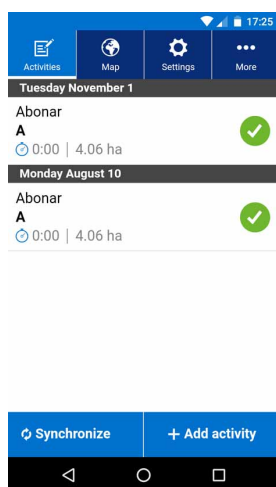
Os registos são realizados de forma *offline* e automaticamente sincronizados, na presença de Wi-Fi, para o servidor desenvolvido no mesmo contexto.

Visto que esta solução contempla apenas um protocolo de recolha, não está preparada para abordar outras culturas nem alterações ao protocolo existente sem que haja a necessidade de alterar a implementação base da solução. No entanto, a restante informação que é registada de forma complementar, é semelhante à que se pretende abordar na solução desta dissertação.

2.2.2 Agroptima

A Agroptima [12] é uma aplicação móvel paga com uma vertente *desktop*, que oferece ao utilizador um período de testes. A vertente móvel (figura 2.1a) permite definir e localizar campos e colheitas, agendar tarefas, e realizar registos em campo. A informação é armazenada localmente e posteriormente sincronizada para a *cloud*. Oferece ainda um vasto catálogo de fertilizantes que pode ser consultado pelo utilizador. A aplicação *desktop* (figura 2.1b) tem como propósito fornecer ao utilizador uma ferramenta para consultar os dados registados pela aplicação.

A informação é registada segundo um formulário, que permite indicar os fertilizantes, o operador, o tractor e anotações textuais complementares. Esta solução é escassa em termos de registos, pois está restrita a estes campos em qualquer que seja o contexto. O protocolo associado a esta solução é maioritariamente constituído por informação que descreve a situação do registo e não os dados a registar. O facto de a marcação das parcelas ter de ser realizada pelo utilizador, não é uma solução favorável tendo em conta o problema que se pretende resolver, visto que estas devem estar predefinidas para que todos os utilizadores, no mesmo contexto de recolha, tenham acesso às mesmas zonas de interesse.



(a) Aplicação móvel

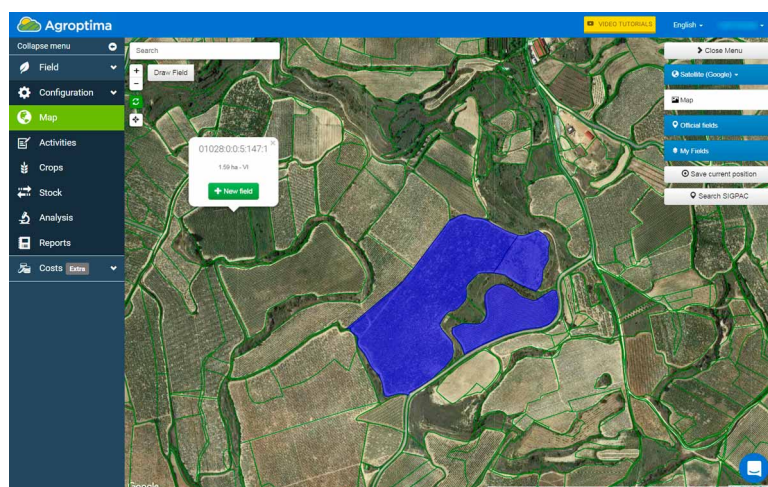
(b) Aplicação *desktop*

Figura 2.1: Agroptima [4]

2.2.3 PestFax

A PestFax [24] é uma aplicação móvel australiana que permite reportar a presença de pragas e doenças encontradas no campo. A aplicação fornece ao utilizador um catálogo referente às culturas, variedades e problemas associados, restringindo o registo de informação aos campos que são disponibilizados neste catálogo. A informação seleccionada pode ser complementada com uma anotação textual ou com a associação de informação multimédia como fotografias e áudio. Na figura 2.2 é apresentada a página relativa

ao registo de uma ocorrência, onde se pode observar que a maioria dos campos é de preenchimento restrito às opções disponíveis, sendo apenas o campo de comentários de preenchimento livre. A aplicação não necessita de estar ligada à Internet pois os registos são armazenados localmente e posteriormente sincronizados.

Mais uma vez, é apresentada uma solução que contempla um protocolo de registo predefinido, que está dependente do catálogo disponibilizado. Para além da associação de ficheiros multimédia e notas adicionais, não permite o registo de informação relativa a elementos específicos da coerência em questão. Há semelhança da aplicação do SafeBrocolo, caso seja adicionada nova informação nos catálogos é necessário alterar a implementação base da solução.

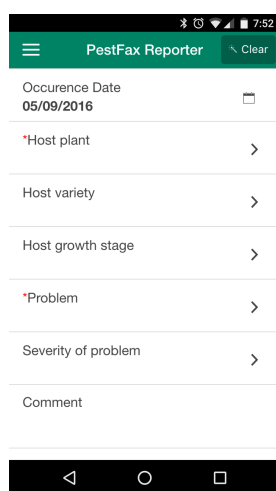


Figura 2.2: Registo de uma ocorrência na PestFax [24]

2.2.4 Vitiplan

A Vitiplan [30] é uma aplicação nativa iOS, desenvolvida pela Bayer CropScience Portugal, que permite ao agricultor tomar notas e gerir os tratamentos fito-sanitários na sua vinha em modo *offline*. Proporciona ao utilizador informação textual e visual sobre problemas comuns e as suas soluções e permite introduzir soluções alternativas quando a informação disponível não é suficiente. Para cada praga é apresentada a sua biologia, os sintomas que provoca, os meios de luta eficazes e vídeos didáticos com explicações de investigadores e professores. Cada utilizador pode criar uma secção relativa à sua vinha e registar os tratamentos a serem aplicados, com um intervalo de tempo de segurança, e registar informação relativa ao estado actual da cultura.

Esta aplicação facilita o registo da informação, principalmente quando o utilizador não se encontra familiarizado com as pragas e doenças em questão, podendo consultar a informação relativa às mesmas durante a utilização da aplicação. No entanto, apenas contém informação relativa às vinhas, não sendo reutilizável noutros projectos em que a cultura seja diferente.

2.2.5 GeoFarmer

A GeoFarmer é uma aplicação móvel, utilizada em África e na América Latina, que permite o registo de dados agrícolas no campo [28]. Permite partilhar a informação entre agricultores e especialistas para que seja possível desenvolver as melhores práticas de agricultura, com base na experiência de ambos.

A aplicação oferece uma ferramenta gratuita de formulários personalizáveis com a possibilidade de associar fotografias, mensagens de áudio e comentários textuais. Funciona de forma *offline* o que facilita o registo de dados mesmo quando o acesso à Internet é precário.

Esta solução apresenta uma vantagem, no contexto de registo de dados genéricos, sobre as que foram abordadas até ao momento. Graças à criação de formulários, o utilizador pode alterar o contexto de recolha. No entanto, estes são estáticos após serem estabelecidos, não havendo alterações consoante o local e o período associado.

2.2.6 Magpi

A Magpi é uma ferramenta gratuita, com planos *premium*, que permite criar formulários com capacidade de abranger as áreas da medicina, agricultura e sector industrial [21]. Os formulários são criados numa aplicação web e posteriormente integrados na aplicação móvel através de SMS. O preenchimento dos formulários pode ser feito totalmente *offline*, com suporte para associação de elementos multimédia e informação GPS. Esta ferramenta tem como objectivo reduzir os erros resultantes do registo de dados nos meios tradicionais e eliminar o desperdício de papel, fornecendo um sistema bastante acessível à população. No entanto, a vertente gratuita desta aplicação tem alguns limites, tanto na quantidade de elementos disponíveis para a criação dos formulários como na quantidade de *uploads* anuais.

De forma semelhante ao GeoFarmer, esta solução permite alterar o registo com base na criação prévia de formulários, permitindo variar o formulário disponibilizado sem que haja a necessidade de implementar directamente no código da aplicação.

2.2.7 Fulcrum

A Fulcrum [15] é uma ferramenta especializada na criação de formulários, composta por uma aplicação móvel (figura 2.3) e uma plataforma web. A aplicação é paga, no entanto, é oferecido um período gratuito de testes. Permite recolher informação georreferenciada em campo com um dispositivo Android ou iOS, suportando edição de formulários para o ajuste a diferentes situações. Na plataforma web é disponibilizado um editor *drag-and-drop* onde o utilizador pode construir de base o seu formulário, fornecendo elementos para o registo dos mais diversos tipos de dados, desde simples campos textuais a anotações vocais e códigos de barra. Uma vez submetido, o formulário passa a estar disponível na aplicação móvel.

De igual forma, esta solução apresenta as mesmas vantagens e desvantagens que foram mencionadas no caso do GeoFarmer e do Magpi.

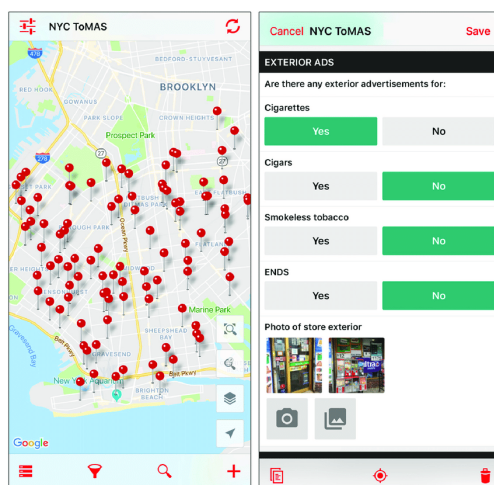


Figura 2.3: Registo de uma ocorrência na Fulcrum [26]

2.3 Conclusão

Após a análise das aplicações existentes, ficou claro que a maioria oferece os requisitos mínimos para o contexto agrícola, como a noção de zonas de interesse e o registo de informação *offline*, com posterior sincronização. As soluções apresentadas podem ser divididas em duas categorias distintas, sendo que as aplicações SafeBrócolo (2.2.1), Agroptima (2.2.2), PestFax (2.2.3) e Vitiplan (2.2.4) se encontram no contexto de recolha de informação agrícola e as restantes soluções permitem registar dados em contextos adaptáveis.

Os tipos de dados que são recolhidos na aplicação SafeBrócolo são os que mais se aproximam do desejado para o sistema desta dissertação, no entanto, apenas suporta um protocolo estático, o que implica que esta ferramenta não se encontra preparada para registar dados num contexto não relacionado com as culturas de brócolos, nem para alterações consoante o tempo e o local.

A aplicação australiana PestFax apresenta um carácter mais variável, no entanto, os relatórios estão dependentes do catálogo de plantas e doenças que é proporcionado, havendo apenas liberdade para o registo de uma nota textual e associação de ficheiros multimédia.

Os sistemas GeoFarmer (2.2.5), Magpi (2.2.6) e Fulcrum (2.2.7) são as soluções mais interessantes pois apresentam um comportamento adaptável ao contexto desejado. Todas estas soluções permitem adaptar os formulários apresentados nas vertentes móveis com base no domínio e nas preferências do utilizador. No entanto, estas soluções disponibilizam apenas um formulário durante a sua utilização, podendo ser interpretado como um protocolo estático. A vantagem sobre, por exemplo, a aplicação SafeBrocolo, está no facto de que não é necessário mexer directamente no código da aplicação para alterar o

protocolo estabelecido. Para além disso, os dados registados são suportados apenas por uma etiqueta descritiva e não por um desencadeamento lógico de observações associadas ao protocolo.

Concluindo, existem diversas soluções que estão preparadas para registar dados *in situ*, no entanto, a maioria está vinculada a um contexto específico, não havendo uma margem de manobra para abordar outras temáticas. Nestes casos, caso se pretenda realizar alterações sobre o protocolo de recolha associado, é necessário implementar uma nova versão da aplicação. As soluções com carácter mais genérico implicam que seja o utilizador a criar o formulário, sendo que este é predefinido e único no momento da recolha de dados, não havendo uma adaptação dos registos nem ao local nem ao tempo associado. Nenhuma destas soluções permite registar informação associada a vários protocolos em simultâneo, os quais dependentes do local e da altura do ano, com a associação de observações, resultantes de um procedimento realizado pelo utilizador, ao valor registado. Esta dissertação vem proporcionar uma ferramenta que é capaz de adaptar a recolha dos dados, com base em protocolos predefinidos, possibilitando o registo paralelo de informação associada aos protocolos aplicáveis na circunstância em que o utilizador se encontra. Os protocolos podem ser alterados a qualquer momento, pois o sistema está preparado para processar essa informação e readaptar o contexto de recolha.

PROTOCOLLECTOR

Neste capítulo é apresentada uma visão geral da solução ProtoCollector, a qual se destina à recolha dados com base em protocolos. No início, são levantados os requisitos que levaram ao conjunto de funcionalidades desenvolvidas (3.1). De seguida, é apresentada a arquitectura do sistema (3.2). Por fim, para cada componente que faz parte do ProtoCollector, são detalhadas as suas funcionalidades e modo de funcionamento.

3.1 Requisitos

No início da realização desta dissertação foi necessário estudar alguns procedimentos e metodologias associadas ao projecto. Mesmo apresentando um carácter genérico, o comportando e preferências dos técnicos do projecto FitoAgro influenciaram o desenho das funcionalidades do sistema. Nesta secção vai ser referido o estudo realizado antes de se começar o desenvolvimento da solução.

3.1.1 Protocolos de recolha de informação

Como foi referido em 1.2.2, os protocolos são o fundamento de todo o registo de dados que é realizado em campo e em laboratório, pelo qual foi necessário estudá-los. Durante uma visita são executados vários protocolos em simultâneo pelo qual foi necessário desenvolver uma solução que permitisse registar informação relativa a qualquer uma das pragas aplicáveis. É de notar que cada protocolo tem um período associado, relativo aos meses em que se encontra em vigor.

Os protocolos implicam a observação de EOIs, isto é *elements of interest*. No caso concreto do projecto FitoAgro, existem dois tipos de EOIs distintos, as árvores de fruto e as armadilhas instaladas nos POBs. O mesmo protocolo pode ser aplicado especificamente ou genericamente. Se na parcela em questão, o inimigo for considerado como principal,

vão ser realizadas observações específicas, mais aprofundadas sobre essa praga. Caso o inimigo não seja o foco de estudo, em norma, as observações são sucintas. Posto isto, a folha de registo contém a totalidade dos inimigos que implicam observações em campo, no entanto, é adaptada consoante os inimigos principais em estudo na parcela.

Para além da informação relativa aos protocolos, a seguinte informação, actualmente registada no cabeçalho da folha de registo, foi tida em conta:

- Data da visita;
- Parcela onde se realiza a visita;
- A ocorrência de chuva;
- A realização de tratamentos na parcela;
- O calibre dos frutos, caso aplicável;
- O estado fenológico, caracterizado por uma letra de A a K, sendo que por vezes não é possível identificar o estado inequivocamente ou o pomar não se encontra homogéneo, sendo expresso por um intervalo de estados.

3.1.2 Modo de actuação

Houve um cuidado especial para satisfazer as preferências dos utilizadores. Foi necessário entender o seu modo de actuação durante o processo de registo.

Como foi referido em 1.2.2, no início de uma visita é consultado um pequeno resumo referente às visitas passadas. Esta ferramenta é de autoria própria dos técnicos, servindo de um meio de consulta para perceber uma visão geral das visitas realizadas. Após tomar conhecimento desta prática, um dos requisitos da aplicação passou a ser a possibilidade de gerar resumos automaticamente, que os técnicos passaram a poder consultar no início das visitas. De forma semelhante, foi decidido que se iria proporcionar uma ferramenta para consultar os dados que são registados. No caso concreto deste projecto, as visitas são realizadas no máximo por dois técnicos em simultâneo, pelo qual ficou decidido que os registos pudessem ser realizados de forma colaborativa entre dois utilizadores.

Relativamente ao registo fotográfico, os ficheiros actualmente captados são subvalorizados. Muitas vezes são apenas partilhados no grupo do WhatsApp e não chegam a ser colocados na Google Drive, não contribuindo de suporte para a informação presente na folha de registo. Para tal, foi definido como uma prioridade a associação de elementos multimédia a uma visita (fotografias e áudios), devidamente descritos, se tal for pretendido pelo utilizador, sendo que estes elementos devem ter meta-informação associada, nomeadamente, se possível, a localização do dispositivo no momento da criação do ficheiro.

Segundo os técnicos de campo, o registo realizado sobre os diferentes elementos pode ser alternado, não sendo estritamente obrigatório registar toda a informação relativa árvores de fruto e posteriormente às armadilhas, ou vice-versa. Ficou então definido que o utilizador teria sempre a possibilidade de registar informação em qualquer destes contextos alternadamente.

Como a maioria das observações são realizadas em campo, foi ainda necessário ter em atenção as diversas condições características desse meio, nomeadamente os factores externos como vento, chuva e luz intensa, sendo que os dois primeiros dificultam o processo de registo actual. A utilização de um dispositivo móvel vem resolver esse problema, no entanto, a luz intensa pode causar problemas de visualização. Para tal, foi utilizado um esquema de cores simples e de fácil percepção.

Para terminar, acordou-se que seria interessante identificar o técnico que realiza a visita e obter o seu trajecto.

3.1.3 Funcionalidades

Para resumir o que foi referido nesta secção, é apresentado o conjunto de funcionalidades indispensáveis à solução:

- Registo e consulta de informação no campo com base em protocolos;
- Registo e consulta de informação complementar à visita com base em protocolos;
- Criação de resumos;
- Registos colaborativos;
- Associação de elementos multimédia;
- Autenticação;
- Captação do percurso;
- Sincronização.

3.2 Arquitectura

O sistema desenvolvido está dividido em três componentes, a aplicação móvel, o *website* e o servidor (figura 3.1). No entanto, paralelamente ao desenvolvimento da aplicação, foram desenvolvidos módulos genéricos que serviram como fundamento para a maioria das suas funcionalidades.

Os utilizadores fazem uso da aplicação para registar a informação necessária consoante os protocolos. Os registos são armazenados na base de dados local do dispositivo e posteriormente, com acesso à Internet, enviados para o servidor. O *website* serve como suporte à aplicação móvel pois permite consultar os registos presentes no servidor. O

sistema de informação do projecto FitoAgro (que está fora do âmbito desta dissertação) é responsável por aceder aos registos armazenados no servidor e integrar os dados na base de dados do projecto.

Nas seguintes secções são abordadas cada uma das componentes, sendo que no caso da aplicação móvel e do *website*, a informação é complementada com a interface.

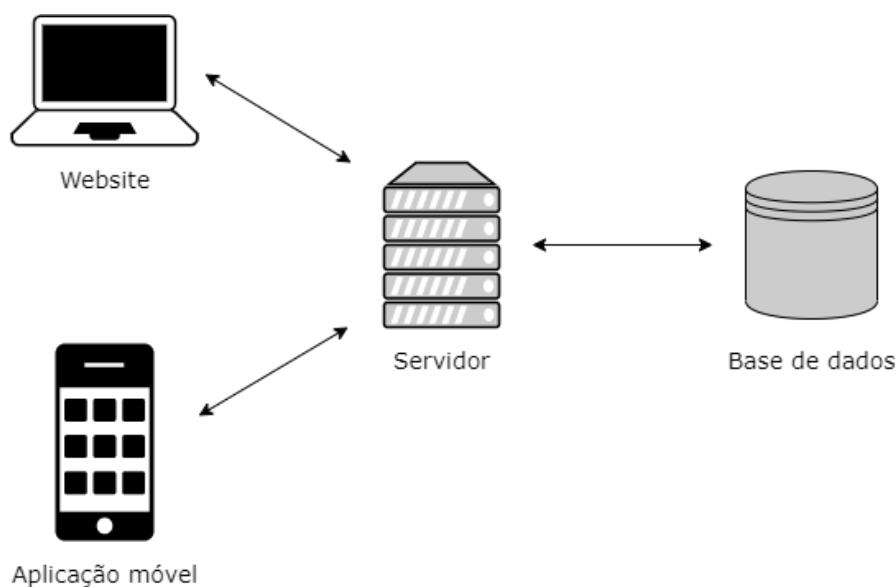


Figura 3.1: Arquitectura do sistema

3.3 Servidor

Durante a fase inicial do desenvolvimento, surgiu a necessidade de utilizar um servidor para armazenar os dados registados pela aplicação móvel. Definiu-se como uma solução temporária a utilização da Google Drive. O sistema de informação do projecto proporciona uma API REST, no entanto, não faria sentido utilizá-la para armazenar os dados da aplicação na sua fase inicial, visto que não correspondiam aos dados reais. Como a Google Drive já era utilizada para armazenar os registos e informação adicional, decidiu-se que seria uma boa opção para armazenar os dados provenientes da aplicação. Para tal, foi utilizada a API REST V3 da Google Drive.

Foi construído um sistema de pastas para armazenar os registos da aplicação. Para cada utilizador, é criada uma directoria, com o seu email respectivo, que visa armazenar todos os registos realizados por este. Por sua vez, é colocada uma pasta para cada um dos dispositivos utilizados por essa conta. Juntamente, é gerado um ficheiro de resumo, que contém a informação chave de todas as visitas realizadas por essa conta. Quando a aplicação envia um registo, é criada uma pasta dentro da pasta do dispositivo, identificada pela sigla da parcela e a data da visita (ver figura 3.2). No interior são armazenados os seguintes ficheiros:

- Ficheiros multimédia;
- *Logs* relativos ao consumo de bateria e ligações Bluetooth;
- Ficheiro JSON com a informação da visita;
- Ficheiro JSON com a informação de laboratório;
- Ficheiro GPX com o trajecto do utilizador e a localização associada a cada ficheiro multimédia.

Visto que a informação proveniente da aplicação é dependente do contexto, foi utilizado o formato JSON para armazenar essa informação, pois é um formato flexível. Quando uma visita é editada e novamente enviada para o servidor, é criado um ficheiro relativo à nova versão, mantendo o registo original. Foi escolhido o formato GPX para armazenar o trajecto, pois é um formato de dados leve, otimizado para a troca de dados GPS entre aplicações e servidores *web* [16].

A utilização da Google Drive como servidor foi acordada como definitiva. O sistema de informação ficou encarregue de processar os registos da aplicação, preencher as folhas de registo com base na informação e consequentemente integrar os dados. Sendo assim, a directoria foi estendida para armazenar também os ficheiros de configuração, utilizados mutuamente pela aplicação e pelo *website*, e os comentários relativos ao *website*. Na figura 3.2 é apresentado um exemplo relativo à disposição das directorias.

3.4 ProtoCollector Framework

A solução ProtoCollector foi desenvolvida com base numa componente adicional, implementada paralelamente. O objectivo desta componente é proporcionar uma base para a criação de aplicações móveis Android que visam o registo de dados dependentes de protocolos em contextos de projectos fitossanitários. Para este efeito, foi desenvolvido um conjunto de módulos, onde a aplicação móvel está assente, que permitem criar soluções aptas a registar dados de forma colaborativa em campo, com posterior associação de registos complementares. Esta componente é constituída pelos módulos mencionados de seguida, com as dependências ilustradas na figura 3.3.

- Módulo de dados: A base de dados desenvolvida foi implementada de forma genérica para acomodar diversos contextos. O módulo de dados é composto pelas tabelas que permitem armazenar a informação proveniente dos restantes módulos;
- Módulo Bluetooth: Para habilitar os registos colaborativos, foi desenvolvido um módulo que faz a gestão da conexão e viabiliza a troca de mensagens entre dois dispositivos ligados por Bluetooth. Possibilita a consulta dos dispositivos emparelhados directamente na aplicação, assim como a procura e ligação a dispositivos desconhecidos;

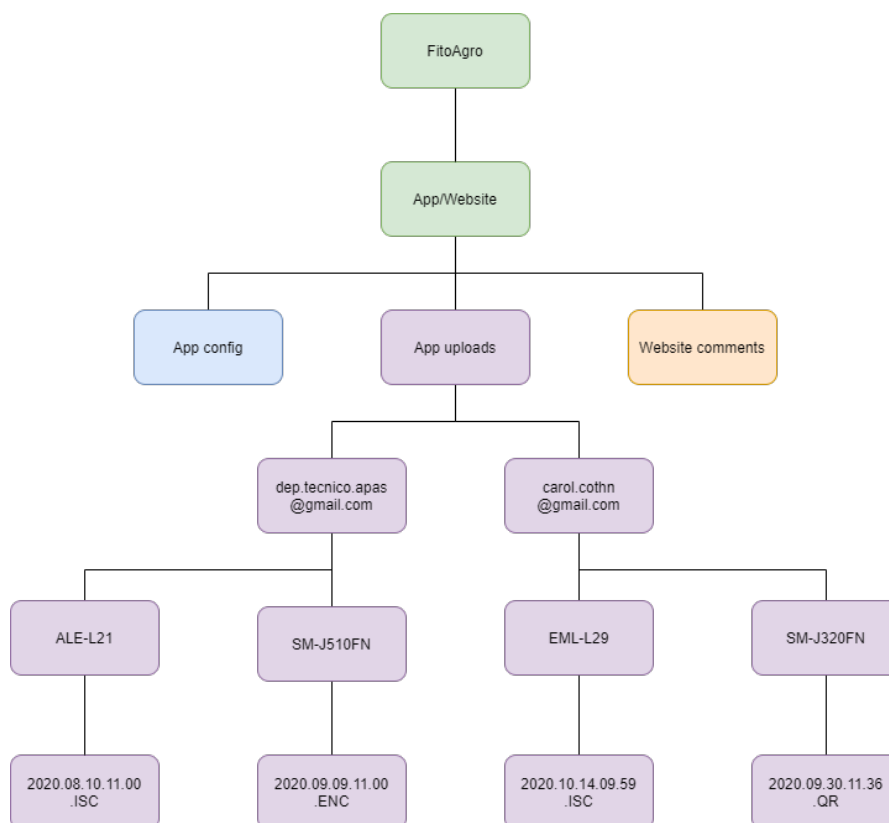


Figura 3.2: Disposição das directorias no servidor

- **Módulo de localização:** Foi desenvolvido um módulo responsável por processar toda a informação geográfica. Permite criar zonas de interesse, delimitadas por um polígono, e controlar a localização do utilizador dentro do mesmo. Fornece uma associação directa com os mapas disponibilizados pela Mapbox, para marcar a localização de pontos de interesse. Oferece ainda um serviço para obter e acompanhar a localização do utilizador, com posterior exportação do trajecto para um ficheiro GPX;
- **Módulo multimédia:** Para facilitar o registo de informação multimédia, foi criado um módulo apropriado que permite o registo de fotografias e áudios, fazendo a gestão das permissões necessárias para a captação destes ficheiros. Este módulo pode ser complementado com informação proveniente do módulo de localização para associar informação geográfica aos ficheiros;
- **Módulo de registos:** O módulo de registos permite gerir ficheiros de configuração, visitas e as observações complementares associadas, sendo constituído por controladores da base de dados relativos a estas entidades;
- **Módulo de interface:** Este módulo disponibiliza um conjunto de vistas personalizadas, desenvolvidas sobre as vistas nativas do Android. Permite gerar componentes

de interface para diferentes tipos de dados ao processar as estruturas que explicitam os protocolos de recolha de informação.

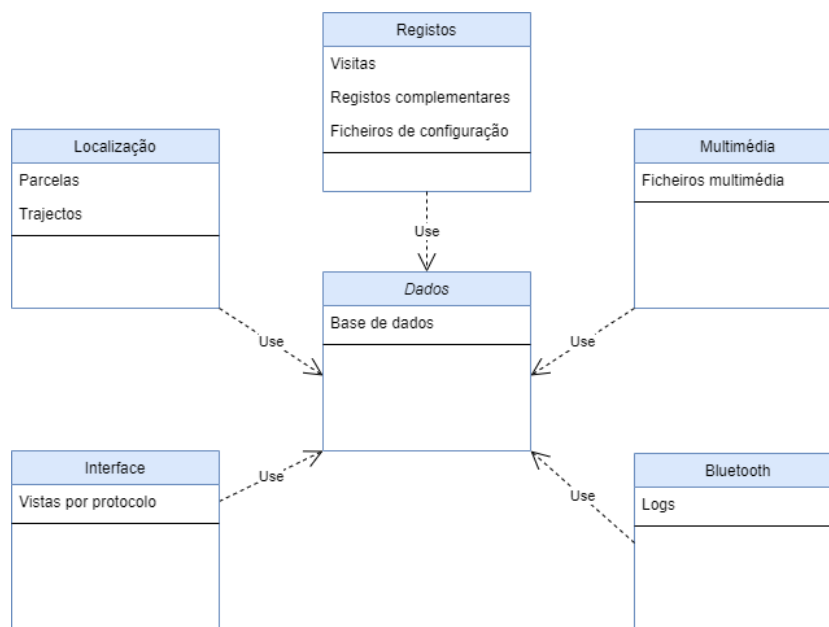


Figura 3.3: Dependências dos módulos

3.5 ProtoCollector FitoAgro Mobile

A aplicação destinada ao projecto FitoAgro foi desenvolvida sobre os módulos apresentados em 3.4. A aplicação visa registar a informação associada aos protocolos de recolha de informação no campo e em meio laboratorial, exportando os dados para o servidor para que estes possam ser processados e apresentados no *website* complementar. Apesar de propor uma abstracção, houve o cuidado adaptar os termos utilizados de tal forma que fossem mais adequados e específicos ao projecto FitoAgro.

Para além das funcionalidades que a *framework* disponibiliza, foram ainda associadas funcionalidades específicas para o contexto do projecto FitoAgro, como por exemplo, o registo de acções e eventos. De seguida, é apresentado o seu funcionamento geral.

3.5.1 Visão geral

Para um melhor entendimento do modo de funcionamento da aplicação, na figura 3.4 é apresentado o diagrama de estados. Para simplificar, foram omitidos os momentos de sincronização e os casos de erro. O funcionamento da aplicação pode ser separado em quatro secções distintas, as quais são distinguidas pelas diferentes cores no diagrama:

1. Verde: Inicialização da aplicação. Esta secção diz respeito ao processo de preparação da aplicação, abordando o momento da configuração inicial, a autenticação do utilizador e o contexto da página inicial, onde são realizadas actualizações.
2. Amarelo: Processo de realização dos registos. Uma vez na página inicial, o utilizador pode iniciar uma visita ou adicionar registos complementares a uma existente. No primeiro caso, é apresentada uma vista composta por um mapa, onde estão assinaladas as zonas de interesse. Neste momento, é possível iniciar o processo de registo baseado em protocolos na zona pretendida. Uma vez terminado o registo com base nos protocolos, é ainda solicitado o registo de informação geral à realização da visita. Caso seja pretendido associar observações complementares, é apresentada a lista de visitas compatíveis. Após a selecção, é desencadeado o registo em meio laboratorial.
3. Azul: Consulta de informação. Após a realização de uma visita ou de registos complementares, é apresentada a informação registada durante estes processos. Esta informação pode também ser consultada ao aceder à listagem das visitas realizadas pelo dispositivo através de uma opção disponibilizada na página inicial.
4. Vermelho: Configurações. A restante secção diz respeito à configuração de aspectos de interação e *feedback* relativos à execução de determinadas acções. Neste ecrã são disponibilizadas várias opções para que o utilizador adapte a aplicação às suas preferências.

3.5.2 Primeira utilização

No início da primeira utilização é solicitada permissão para escrever no armazenamento do dispositivo e ligação à Internet. Após o consentimento, é criada a base de dados local, referida em 3.4, e processada a informação relativa às parcelas, que se encontra nos ficheiros de configuração. De seguida, é carregada uma porção do mapa para que o utilizador consiga consultar os mapas sem ligação à Internet. Neste caso, é carregada a região do Oeste. Após este processo, é apresentada a página de *login*.

3.5.3 Login

Visto que foi utilizada a Google Drive para armazenar os registos, utilizou-se o mecanismo de *login* da Google para autenticar o utilizador na aplicação. Ao abrir a aplicação é apresentado o ecrã da figura 3.5a. Para iniciar sessão basta que o utilizador clique no botão e serão-lhe apresentadas as contas actualmente associadas ao dispositivo. Para utilizar a aplicação, deve ser seleccionada uma conta específica que tenha permissões para escrever na pasta partilhada do FitoAgro. Uma vez autenticado, a aplicação vai consultar os ficheiros de configuração presentes no servidor. Caso detecte novas versões, os ficheiros locais são actualizados. De seguida, o utilizador é redireccionado para o ecrã inicial.

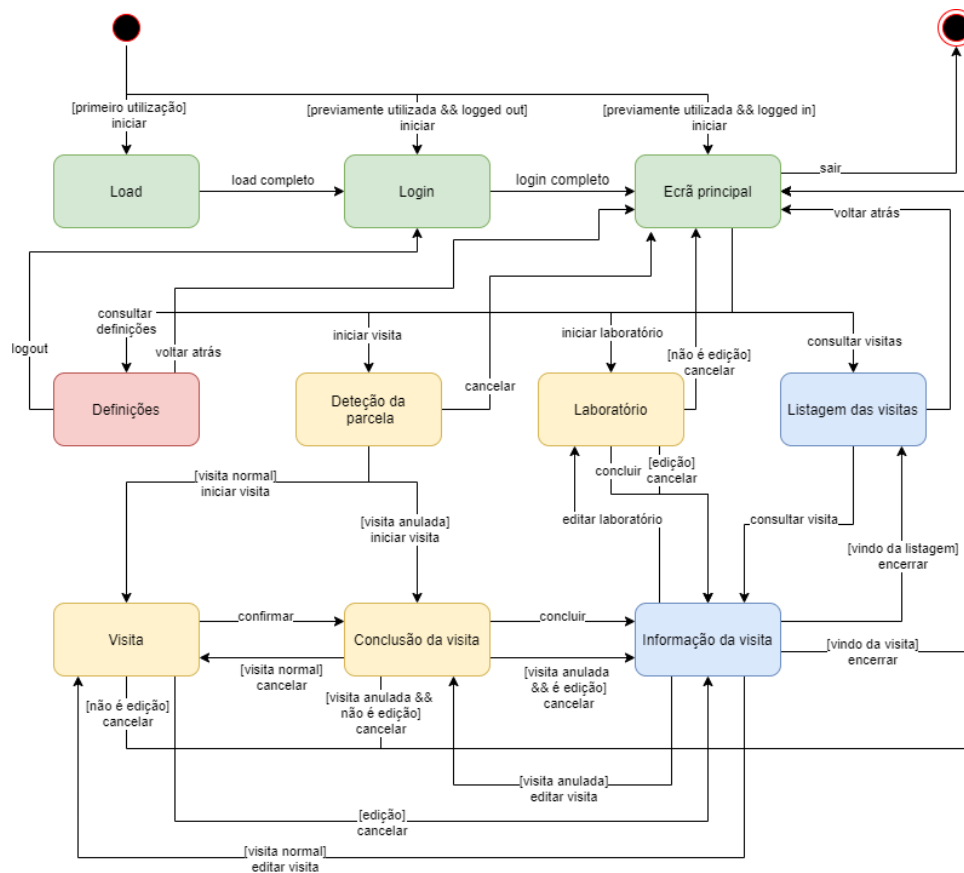


Figura 3.4: Diagrama de estados da aplicação

3.5.4 Início

Após o primeiro *login*, o utilizador é direccionado para o ecrã principal sempre que ligar a aplicação. Neste ecrã são apresentadas as quatro opções principais (figura 3.5b). O utilizador pode escolher entre iniciar uma nova visita de campo (1ª opção), consultar os registos realizados (2ª opção), associar observações complementares a uma visita (3ª opção) e aceder a um conjunto de preferências nas definições da aplicação (4ª opção).

Quando o utilizador se encontra neste ecrã, um serviço encontra-se a correr em segundo plano. Este serviço é utilizado para fazer verificar se houve alterações nos ficheiros de configuração presentes no servidor. Caso seja permitido pelo utilizador (a partir das preferências disponibilizadas na aplicação), o serviço actualiza automaticamente os ficheiros de configuração locais da aplicação conforme os ficheiros remotos. Se o procedimento for desencadeado, é apresentado um *pop-up* a informar que está a ser realizada uma actualização. O utilizador deve aguardar a conclusão do processo. Adicionalmente, para facilitar o processo de aprendizagem e alertar os utilizadores de alterações aos ficheiros de configuração, foi desenvolvido um manual de instruções junto de um mecanismo para apresentar as *release notes* de cada actualização. Ambos podem ser consultados ao clicar no botão situado no canto superior direito.

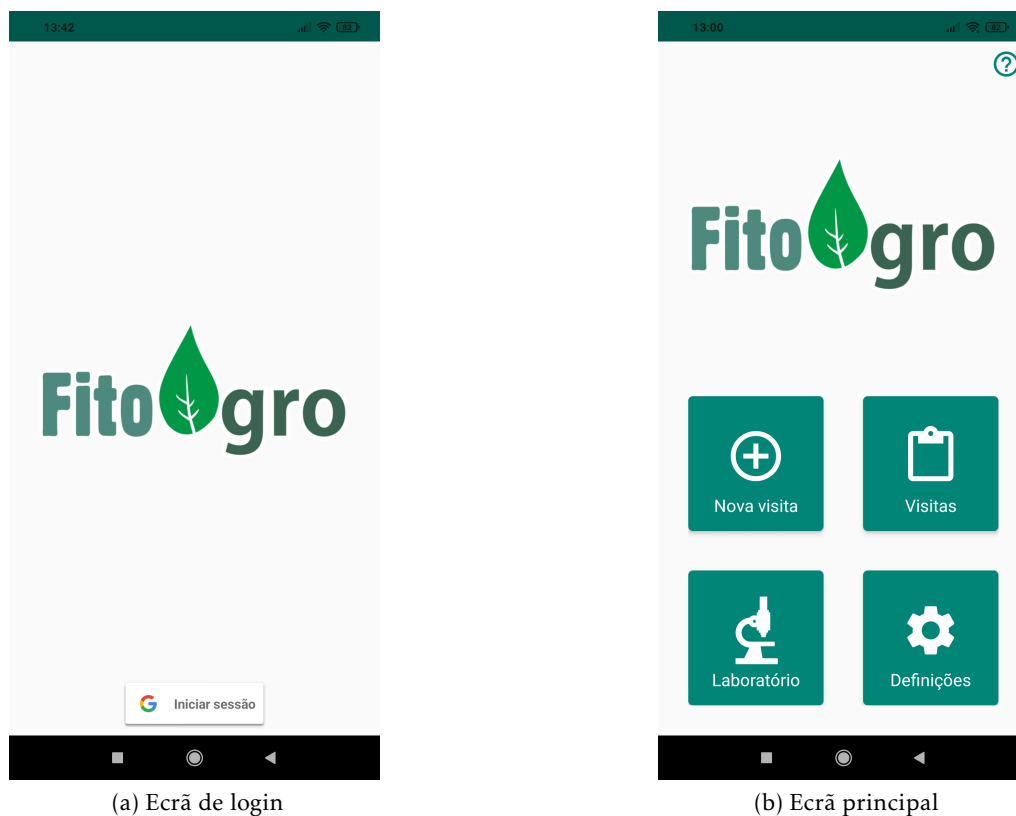


Figura 3.5: Inicialização

3.5.5 Detecção de parcelas

Ao iniciar uma nova visita, é apresentado um mapa com todas as parcelas assinaladas, ou seja, com os polígonos respectivos marcados no mapa. Neste momento a aplicação vai detectar a localização do dispositivo a partir do GPS. Após a obtenção da localização, é apresentado no mapa (figura 3.6a) um marcador na posição actual. A partir desse momento, o utilizador pode clicar no botão no canto inferior direito para iniciar a visita. Ao clicar no botão, caso sejam detectas várias parcelas num raio de 500 metros, estas são apresentadas numa listagem ordenada por proximidade. Se por algum motivo, não for detectado sinal GPS, o utilizador pode forçar o início da visita ao clicar no botão que passa a apresentar a lista de todas as parcelas conhecidas.

Ao seleccionar a parcela ou quando apenas é detectada uma, é apresentado um *pop-up* de confirmação (figura 3.6b). Neste momento o utilizador tem duas opções, inicializar a visita ou marcar a visita como "anulada". A segunda opção é utilizada quando não é possível realizar a visita por motivos externos, como por exemplo, chuva excessiva. Ao seleccionar esta opção, será apresentado apenas o formulário relativo à informação obrigatória ao registo da ocorrência de uma visita.

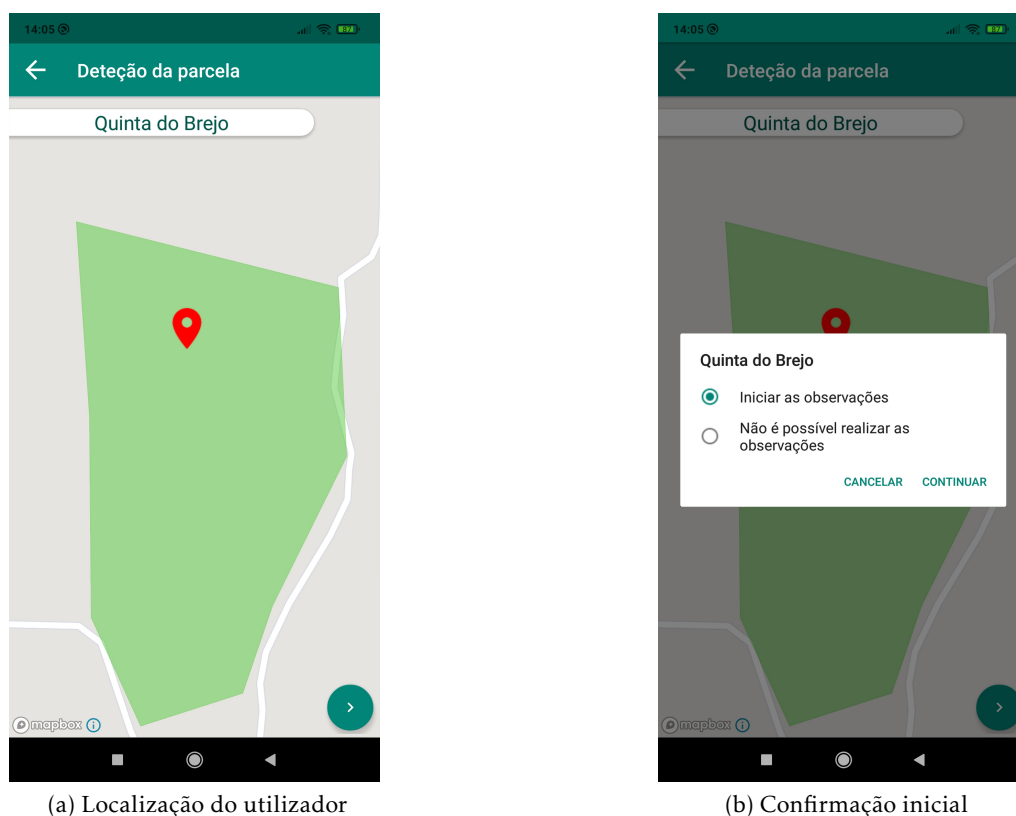


Figura 3.6: Ecrã do mapa

3.5.6 Decorrer da visita

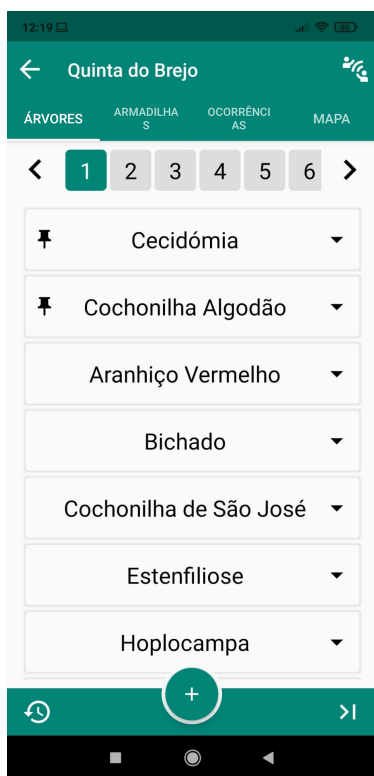
No momento em que a visita é iniciada, são criadas vistas personalizadas para cada uma das observações e definidos o número de EOIs a serem visitados, com base na informação presente nos ficheiros de configuração. Após o processamento dos ficheiros, é apresentada uma vista composta por quatro abas distintas e diversas funcionalidades comuns. As duas primeiras abas fazem a distinção entre os dois tipos de EOIs (árvores e armadilhas). A terceira aba possibilita o registo de ocorrências, distinguidas entre acções realizadas pelo utilizador e eventos externos. A quarta aba disponibiliza um mapa de referência.

3.5.6.1 Árvores

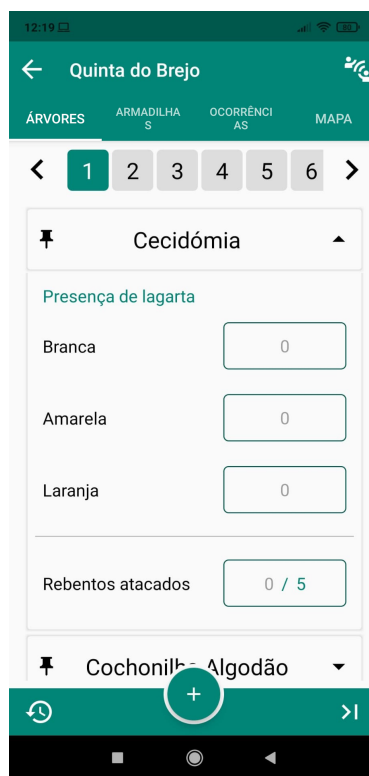
A primeira aba permite registar a informação associada aos EOIs referentes às árvores (figura 3.7a), segundo os protocolos aplicáveis na parcela actual, na altura do ano respectiva. No topo desta aba foi colocado um *scroll* horizontal para navegar entre os diferentes EOIs, identificados por um número inteiro de 1 até ao seu número máximo. Cada EOI tem associado um conjunto de vistas que são apresentadas ao clicar no quadrado respectivo. Cada vista pertencente a este conjunto diz respeito a um protocolo, identificado pelo seu nome. Por defeito, as vistas apresentam-se colapsadas para diminuir o espaço ocupado no ecrã, no entanto, podem ser expandidas ao clicar (figura 3.7b). Como foi referido em 3.1.1,

cada parcela pode ter um conjunto de protocolos principais, sendo que nesse caso estes protocolos vão implicar a realização de observações específicas, enquanto que os restantes protocolos são aplicados de forma genérica. Quando um protocolo é considerado como principal na parcela actual, a vista respectiva é marcada com um pionés no lado esquerdo e movida para o topo da listagem.

Como foi referido na descrição do problema (1.4), os protocolos são aplicáveis no tempo, sendo apresentados apenas os protocolos actualmente activos. Caso o utilizador pretenda registar informação relativa a um protocolo que não está em vigor, no fundo da listagem foi colocado um botão (figura 3.8a) que permite consultar os protocolos que não estão activos (figura 3.8b). Na listagem apresentada, podem ser seleccionados vários protocolos em simultâneo, os quais se pretende tornar visíveis. Após a confirmação, os protocolos seleccionados passam a estar disponíveis no conjunto de vistas associadas a cada EOI.

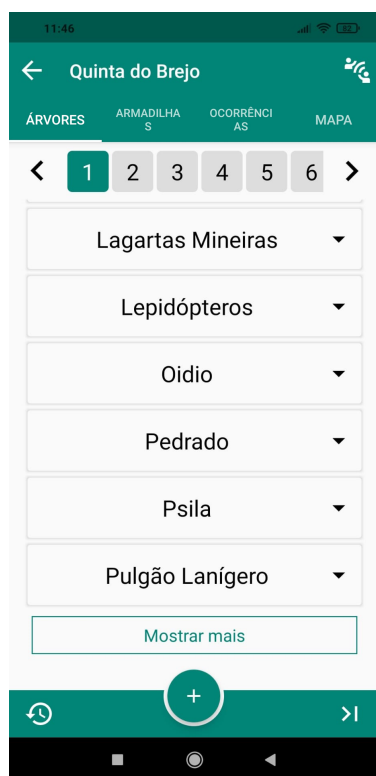


(a) Protocólos colapsados

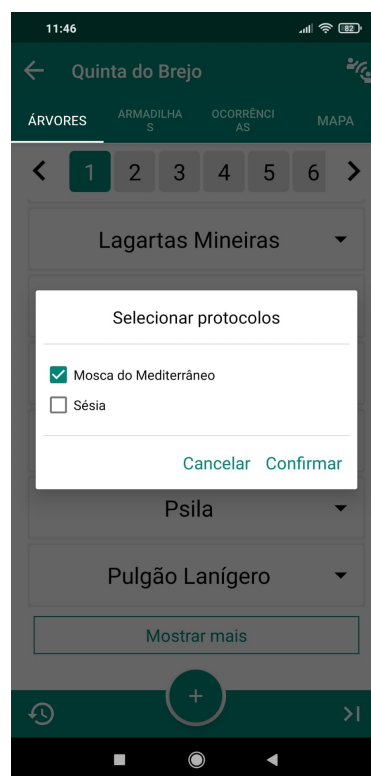


(b) Protocolo expandido

Figura 3.7: Aba de registo nas árvores



(a) Botão para consultar protocolos inactivos



(b) Listagem de protocolos inactivos

Figura 3.8: Activação de protocolos

3.5.6.2 Armadilhas

A segunda aba diz respeito aos mecanismos de captura, que são o segundo tipo de EOIs associados ao projecto (figura 3.9a). Neste caso, cada EOI é identificado pelo nome da armadilha, ou seja, o nome da observação, visto que cada protocolo contém apenas uma observação, associada exclusivamente a um EOI. A ordem de apresentação dos campos pode ser alterada entre a original (relativa à folha de registo) ou de forma alfabética.

Se tiver ocorrido o registo de informação relativo a alguma armadilha numa visita passada à parcela, esse valor é apresentado junto do nome da armadilha para referência.

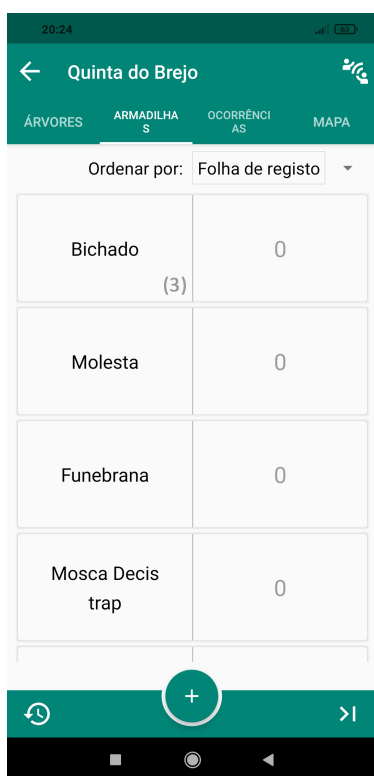
3.5.6.3 Ocorrências

A terceira aba disponibiliza a listagem das ocorrências (figura 3.10a) e a possibilidade de registar novas (figura 3.10b). As ocorrências são distinguidas entre acções, as quais implicam uma actuação por parte do técnico, e eventos, os quais descrevem acontecimentos externos. A acção pode ser seleccionada de um conjunto de acções disponíveis, onde cada uma pode implicar o preenchimento de campos adicionais. Os eventos, assim como o registo de novas acções, são caracterizados por um nome e descrição. Ambas as ocorrências podem ter associado uma data, EOI, protocolo, localização e notas.

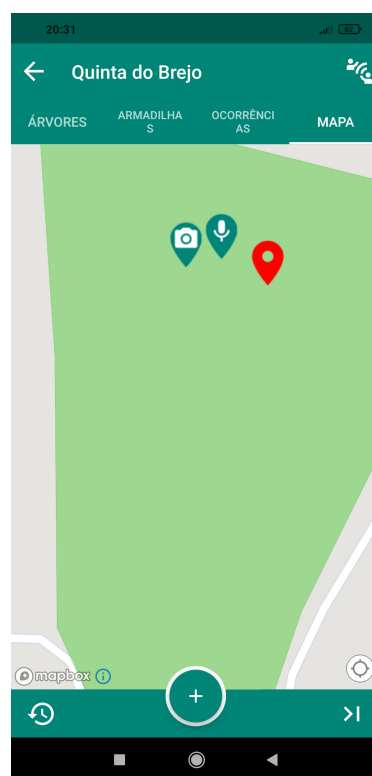
3.5.6.4 Mapa

Por fim, na última aba foi colocado um mapa para que o utilizador possa situar-se e verificar os locais onde foram captados os ficheiros multimédia (figura 3.9b).

Caso o utilizador abandone os limites da parcela, a aplicação vai começar a emitir alertas vibratórios. Os alertas não só permitem avisar o utilizador que saiu da zona onde a visita está a ser realizada, mas também impede que o utilizador se esqueça de dar a visita como terminada antes de abandonar completamente o local.

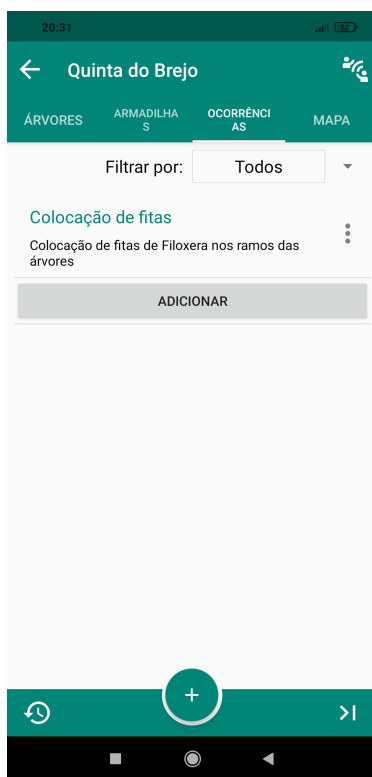


(a) Aba de registo nas armadilhas



(b) Aba do Mapa

Figura 3.9: Abas adicionais



(a) Listagem de ocorrências



(b) Criar ocorrência

Figura 3.10: Ocorrências

3.5.6.5 Ficheiros multimédia

No canto inferior do ecrã foi colocado um rodapé com opções distintas. No centro deste, foi colocado um botão expansível que, ao clicar, disponibiliza um conjunto de opções relativas aos ficheiros multimédia (figura 3.11a). Nesse momento, o utilizador pode optar por tirar uma fotografia, realizar uma anotação vocal ou consultar os registos multimédia associados à visita. Após a captação de um destes ficheiros, é apresentado o *pop-up* da figura 3.11b para associar uma descrição. Ao seleccionar a opção de consulta dos ficheiros, o utilizador é redireccionado para a listagem dos ficheiros da visita (figura 3.12a), onde pode editar as descrições, partilhar no WhatsApp, localizar no mapa e eliminar o ficheiro. Pode ainda filtrar os ficheiros pelo seu tipo (fotografia ou áudio).

Caso seja pretendido associar directamente um ficheiro a uma observação ou ocorrência, basta manter premido sobre o campo na aba desejada e será apresentado um *pop-up* semelhante ao conjunto de opções multimédia. Ao captar um ficheiro desta forma, o mesmo fica marcado com a informação do elemento em questão. Numa versão anterior, isto não era possível, tornando difícil associar o momento, consequentemente a razão da existência, ao ficheiro, não sendo motivador para os técnicos utilizarem este recurso. Para abordar estes assuntos, foi implementada a funcionalidade de associação directa.

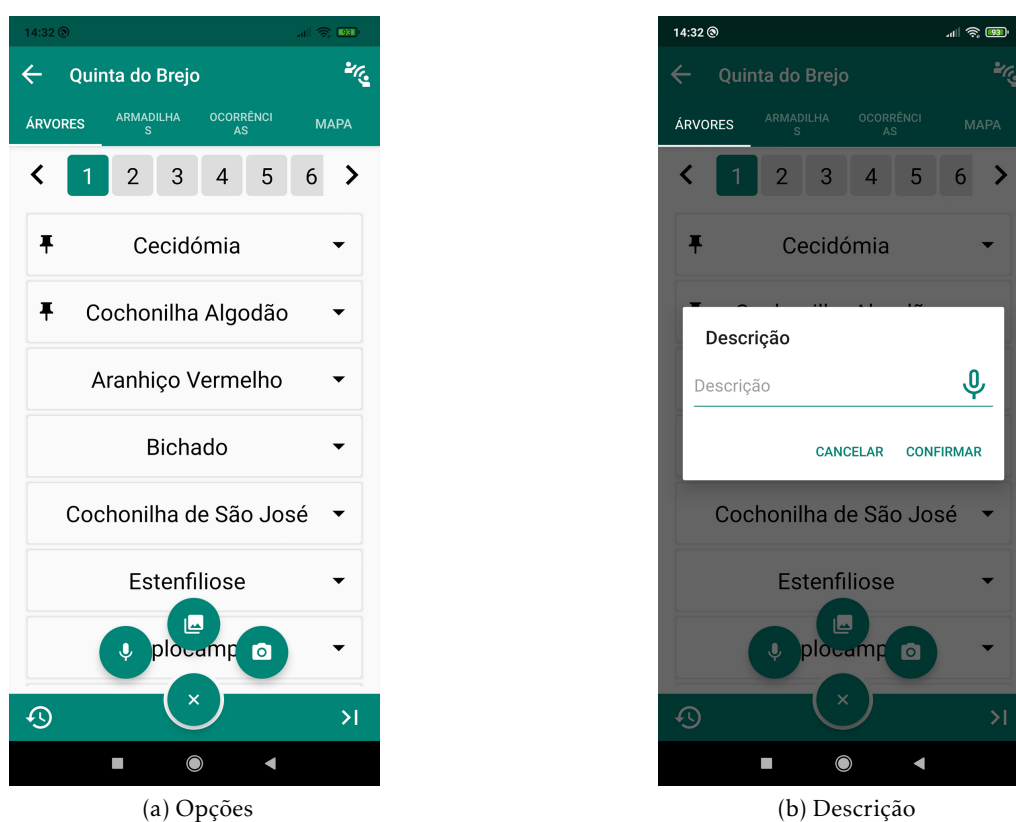


Figura 3.11: Captação de ficheiros multimédia

3.5.6.6 Consulta dos resumos

O ícone situado no lado esquerdo do rodapé permite consultar o histórico. Ao clicar nesse botão, o utilizador é redireccionado para um ecrã que contém a listagem dos resumos das visitas anteriores na mesma parcela (figura 3.12b). Visto que no contexto do projecto, ocorre no máximo uma visita por dia numa parcela, estes resumos estão ordenados por data, sendo que ao clicar numa data é apresentada a informação relativa a essa visita.

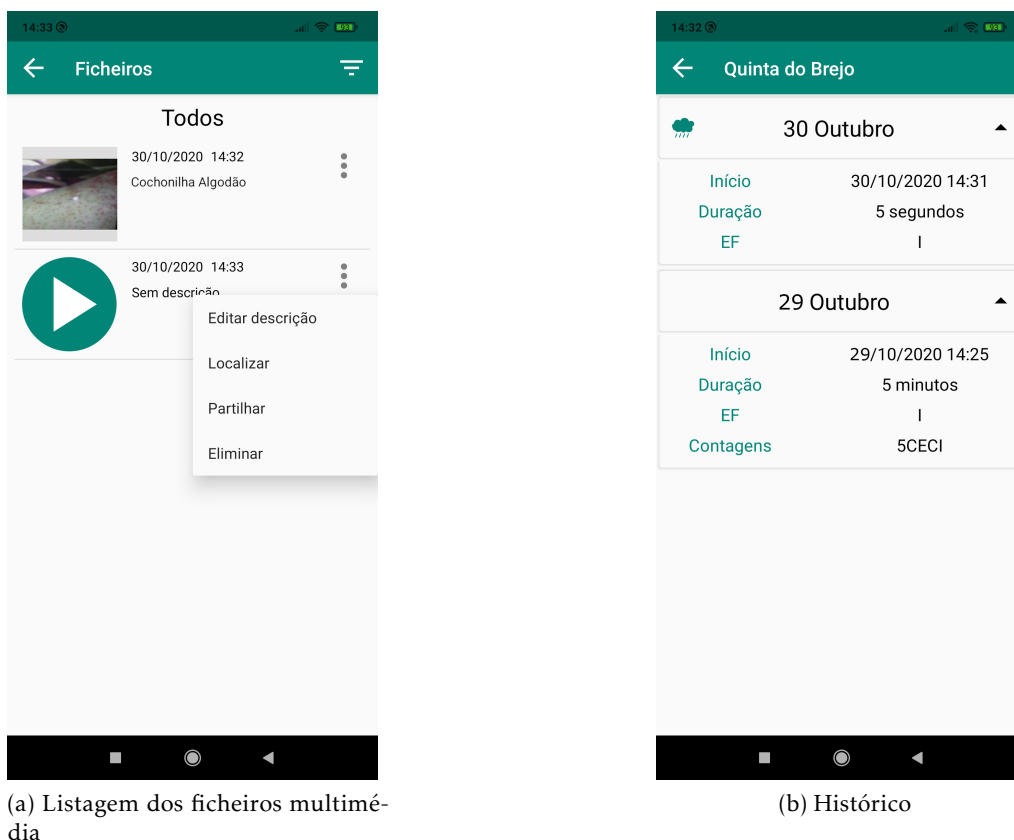


Figura 3.12: Consulta de informação

3.5.6.7 Terminar observações

No canto direito do rodapé foi colocado um botão para terminar a fase de observações relativa aos protocolos. Ao manter o dedo premido sobre o botão, o utilizador dá por concluídas as observações e é redireccionado para o último ecrã da visita, onde é registada informação geral à sua realização.

3.5.6.8 Colaboração

No canto superior direito do ecrã da visita foi colocado um botão para conectar dois dispositivos por Bluetooth. Ao clicar, são apresentados os dispositivos actualmente emparelhados (figura 3.13a), com possibilidade de emparelhar com um novo. Ao seleccionar o dispositivo que é pretendido, é estabelecida uma conexão entre ambos. Os dispositivos tomam conhecimento do seu parceiro (só pode haver dois intervenientes durante toda a visita).

Após a conexão, um dos dispositivos é considerado o principal, sendo que o botão de conexão é ligeiramente alterado para o identificar (figura 3.14). A partir desse momento, quando qualquer utilizador clicar no botão, cada dispositivo envia o seu registo para o outro, juntamente dos ficheiros multimédia caso essa opção esteja activa. Ao receber os registos, são procurados conflitos, isto é, diferentes valores para a mesma observação. Caso não ocorra nenhum conflito, os registos são agregados e os campos são identificados com um pequeno ícone, azul caso seja um valor que não estava previamente preenchido, verde caso tenha sido um valor registado por ambos (3.13b). Se for detectado um conflito, os campos são marcados com um ícone vermelho e o dispositivo principal fica encarregue de resolvê-lo. Neste momento, no dispositivo principal é apresentado um *pop-up* (figura 3.13c) onde são apresentados os valores em conflito. Quando o conflito é resolvido, os campos são actualizados e marcados com o ícone verde.

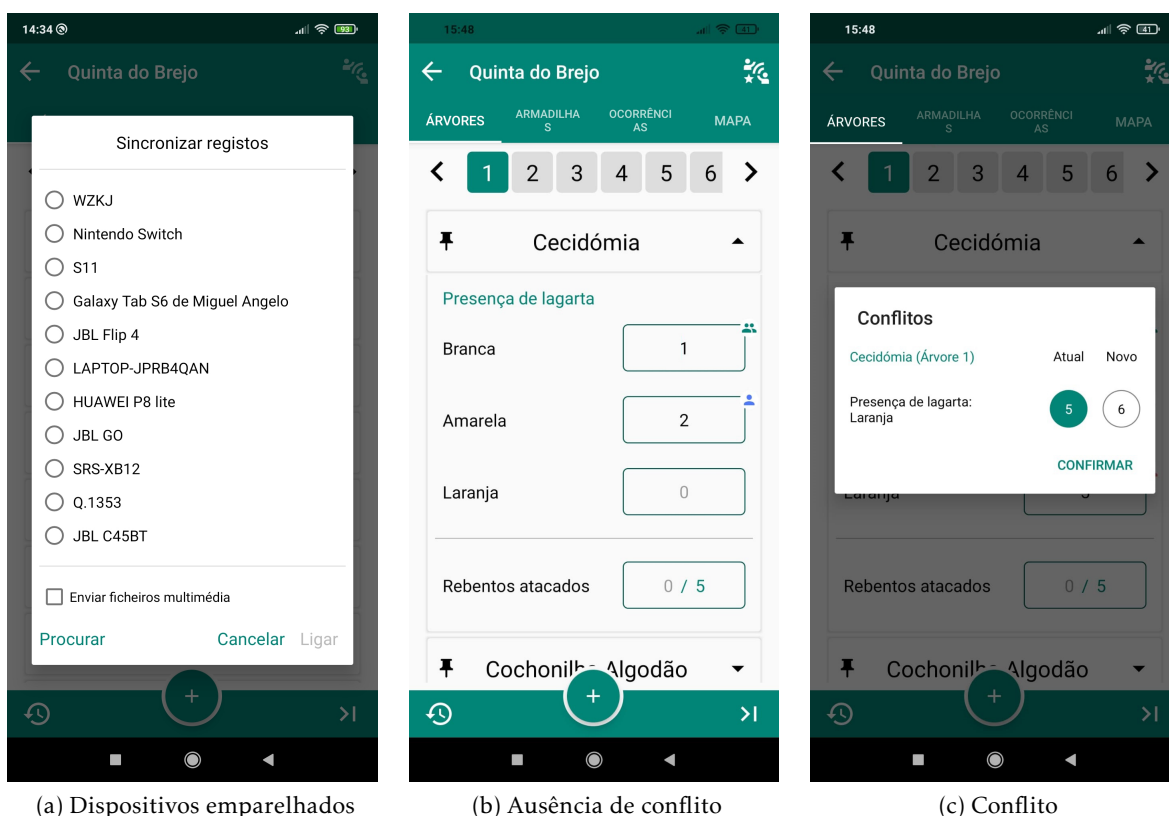


Figura 3.13: Registo colaborativo



Figura 3.14: Botão de conexão

3.5.7 Conclusão da visita

Os dados relativos ao cabeçalho da folha de registo (apresentados em 3.1.1) são preenchidos numa fase final da visita, tendo sido necessário criar um ecrã separado para o registo destes dados. O ecrã ilustrado na figura 3.15a é apresentado ao clicar no botão que foi referido em 3.5.6.7. Este ecrã não só é apresentado após a conclusão da fase de observações, mas também quando a visita é anulada durante a fase de detecção da parcela (3.5.5).

Neste ecrã deve ser indicado o estado fenológico, que pode ser expresso por um intervalo. Junto à etiqueta é apresentado o valor registado na última visita à parcela. Deve também ser indicado a presença de chuva, de tratamentos e o calibre dos frutos. Pode ainda ser adicionada uma nota textual, com suporte para reconhecimento de voz. Caso seja necessário, o utilizador pode voltar a consultar os resumos através do botão que foi colocado no canto superior direito do ecrã, ou retornar ao ecrã da visita através da seta no canto superior esquerdo.

Ao confirmar, é apresentado um *pop-up* que sugere uma última sincronização dos registos entre dispositivos. Caso esta opção seja confirmada, para além dos registos, é também trocado o traçado GPS.

3.5.8 Resumo

Após a conclusão da visita, o utilizador é redireccionado para o ecrã do resumo (figura 3.15b). É apresentado um mapa que marca o percurso realizado pelo utilizador e os ficheiros multimédia. Foi colocado um rodapé para consultar a informação relativa aos registos nos diferentes tipos de EOIs, as ocorrências e as observações complementares em laboratório. O utilizador pode consultar os ficheiros multimédia ou editar a informação da visita ao clicar no botão no canto superior direito.

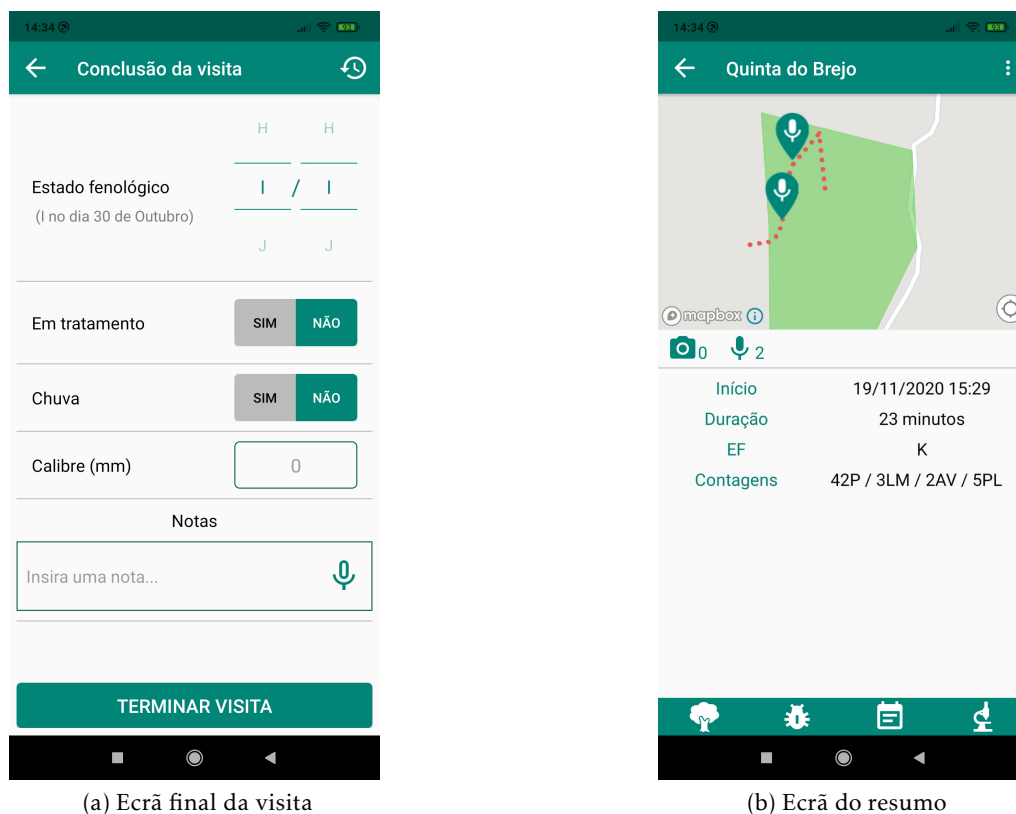


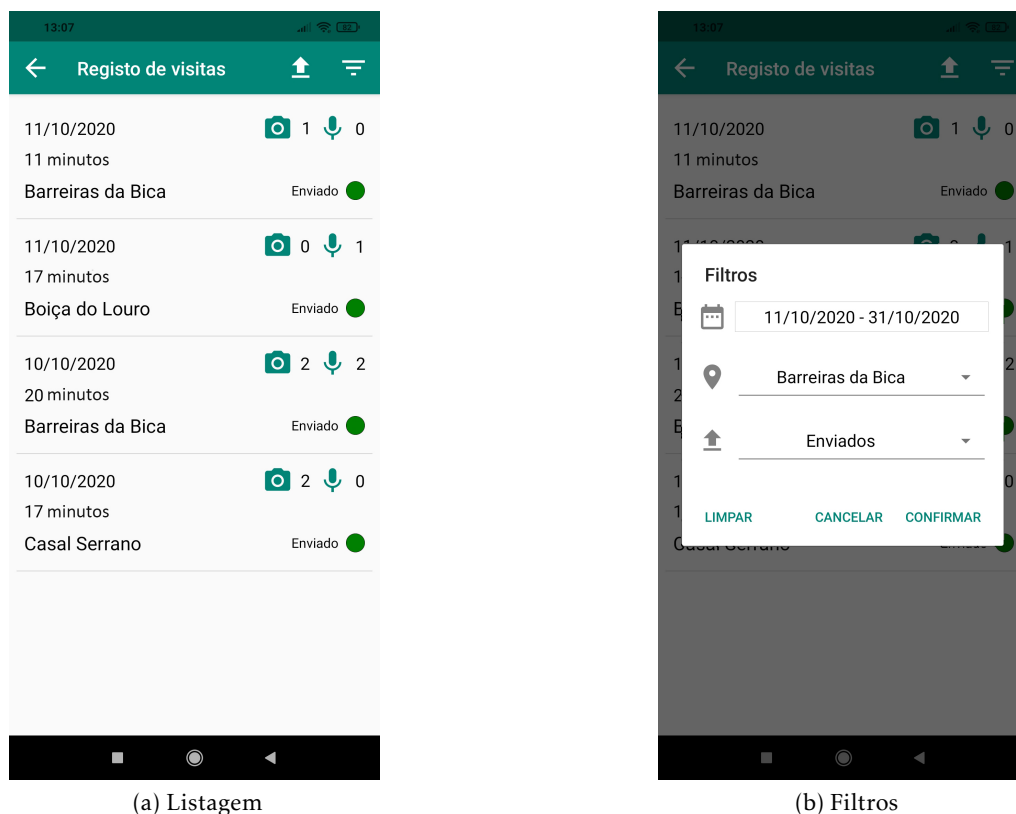
Figura 3.15: Conclusão da visita

3.5.9 Listagem

A listagem das visitas presentes no dispositivo (figura 3.16a) pode ser consultada ao seleccionar a segunda opção na página inicial, referida em 3.5.4. Ao clicar num elemento da listagem, o utilizador é direccionado para o ecrã do resumo da visita correspondente (3.15b). Cada visita é identificada pela sua data, duração, parcela, número de ficheiros multimédia e estado. O estado pode assumir um dos seguintes valores:

- **Enviado:** o envio para o servidor foi bem sucedido;
- **Por enviar:** ainda não foi enviado para o servidor;
- **Por actualizar:** a visita foi editada após o envio;
- **Falha:** o envio para o servidor não foi bem sucedido.

No topo do ecrã foram colocadas duas opções. A primeira desencadeia o processo de *upload* dos registos. A aplicação tem um serviço responsável por enviar os registos em falta para o servidor em segundo plano, no entanto, esse procedimento pode ser forçado ao clicar neste botão. A segunda opção permite filtrar a listagem por intervalo de tempo, parcela e estado (figura 3.16b).



(a) Listagem

(b) Filtros

Figura 3.16: Listagem das visitas

3.5.10 Registos complementares

Como referido em 3.5.4, a terceira opção no ecrã principal permite associar a uma visita, registos complementares. Ao clicar nesta opção, são apresentadas as visitas elegíveis, ou seja, as visitas que foram realizadas em parcelas onde se aplicam os protocolos complementares (figura 3.17a), sendo possível procurar visitas de outros técnicos. Ao confirmar a visita, são geradas as vistas para a inserção dos dados associados às observações destes protocolos (figura 3.17b).

No projecto FitoAgro, são realizadas observações complementares em laboratório apenas relativas à Filoxera. Especificamente para este inimigo, foi adicionado o cálculo automatizado do nível económico de ataque, visto que é um indicador importante para a análise do impacto da praga.

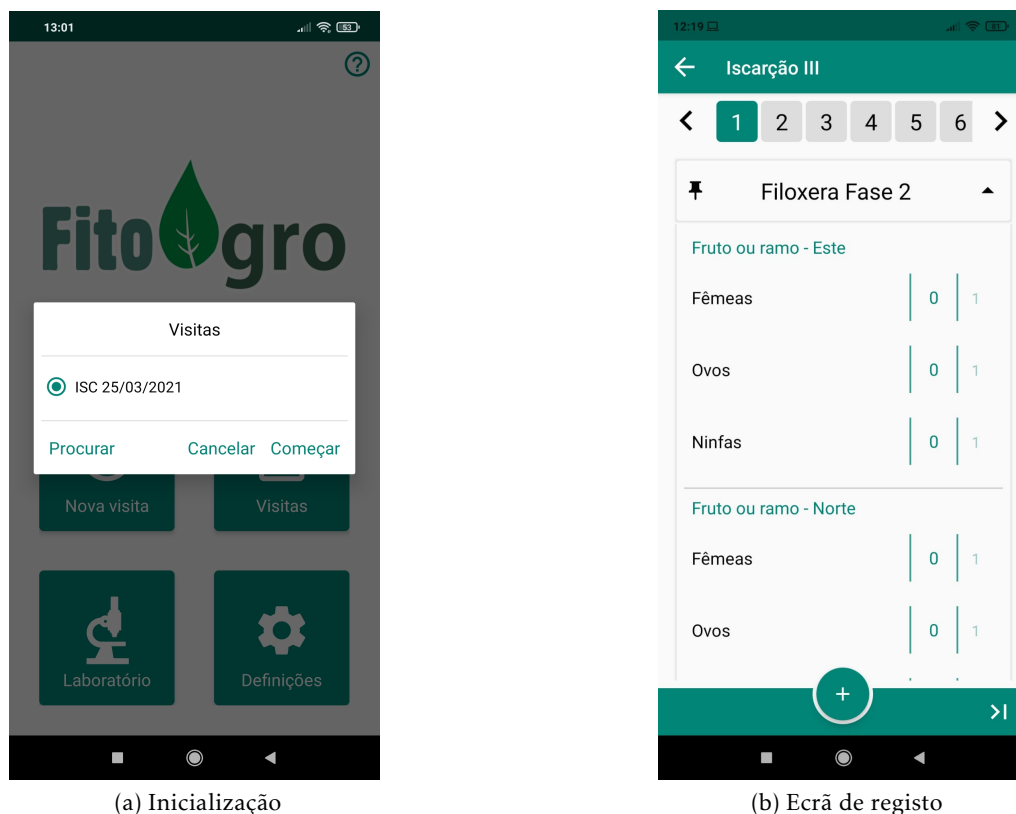


Figura 3.17: Registo em laboratório

3.5.11 Preferências e sincronização

Por fim, a última opção permite consultar as definições da aplicação (figura 3.18). Nas definições o utilizador pode ajustar diversos aspectos às suas preferências, nomeadamente:

- O *feedback* ao seleccionar um novo EOI durante a visita: vibrar ou *pop-up*;
- O tipo de clique para alterar o EOI actual: normal ou longo;
- Expandir automaticamente o protocolo principal ao mudar de EOI;
- Tipo de *input* na aba das armadilhas: teclado ou *number picker*;
- Envio automático dos registos: Apenas por Wi-Fi, através de qualquer rede ou desligado;
- Actualização automática dos ficheiros de configuração: Apenas por Wi-Fi, através de qualquer rede ou desligado.

Para além disso, pode ainda descarregar as visitas associadas à conta Google ou terminar sessão.

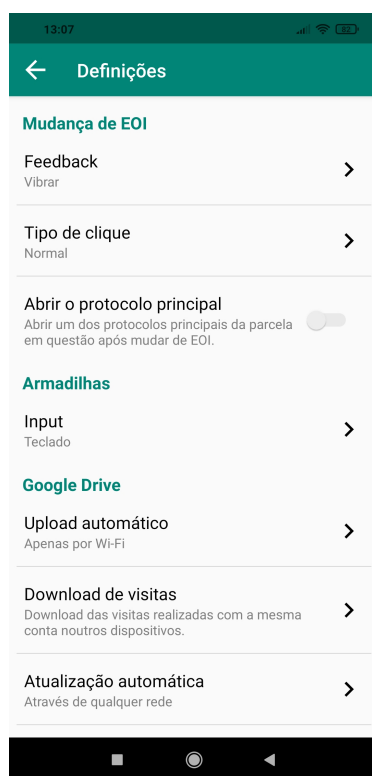


Figura 3.18: Ecrã de definições

3.6 ProtoCollector FitoAgro Web

Durante o desenvolvimento da aplicação móvel, decidiu-se fornecer aos técnicos uma ferramenta de consulta dos registos que são efectuados. Para tal, foi desenvolvida um *website* que permite consultar a informação associada a cada visita.

3.6.1 Login

Visto que o *website* é de acesso público, foi necessário criar um sistema de *login* de forma a restringir os utilizadores com acesso à informação. Para tal, foi utilizado o sistema de *login* da Google, sendo que deve ser utilizada uma conta com permissões de consulta na directoria da aplicação na Google Drive (referida em 3.3). Ao aceder ao *website* é apresentada a página da figura 3.19. Após o *login*, o utilizador é redireccionado para a página principal.

3.6.2 Página principal

Na página inicial estão presentes os resumos de todas as visitas, apresentados sobre a forma de quadrados (figura 3.20). No cabeçalho foi colocada a opção para consultar estatísticas e fazer *logout*. No topo da página é apresentado o número actual de visitas no sistema. O utilizador pode agrupar estes resumos por parcela, ou então filtrar pelo mesmo critério. Cada resumo contém a seguinte informação:

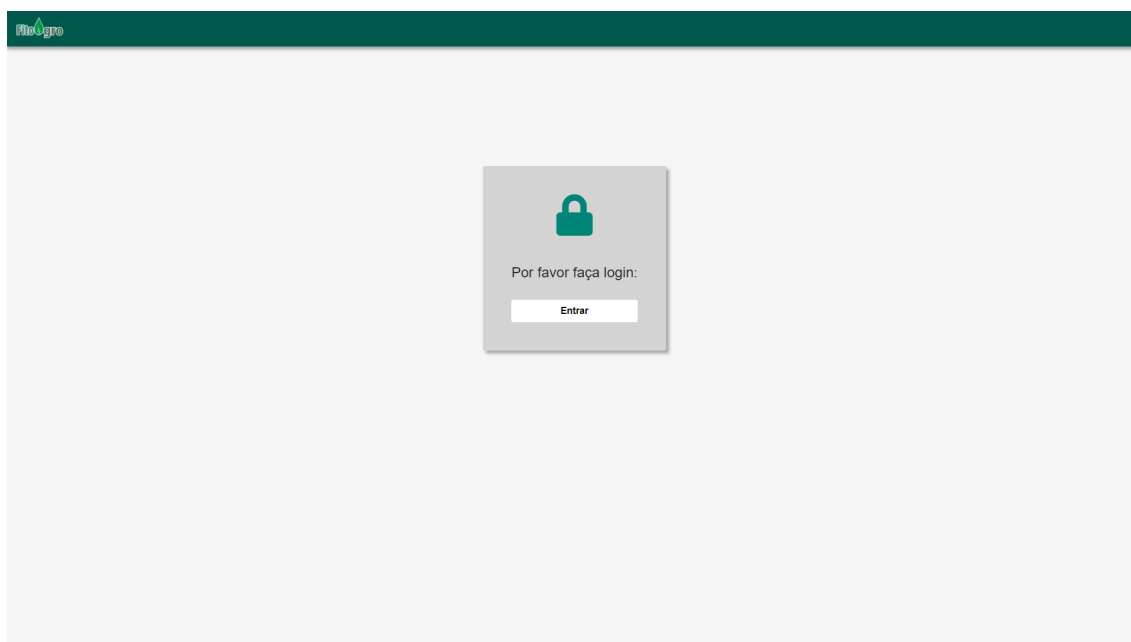


Figura 3.19: Página de login

- Sigla da parcela;
- Data da visita;
- Ícone representativo de chuva ou tratamento;
- Estado fenológico;
- Nível económico de ataque, apenas para a Filoxera;
- Notas do utilizador;
- Total de contagens;
- Número de elementos multimédia por tipo;
- Ícone representativo da ausência de sinal GPS;
- Ícone representativo do técnico.

Ao clicar num resumo, o utilizador é redireccionado para a página da visita.

3.6.3 Visita

Na página da visita, apresentada na figura 3.21, é exibida toda a informação associada.

No topo da página foi colocada uma secção com o nome da parcela, onde é possível navegar entre as visitas realizadas na mesma, clicando no lado esquerdo para consultar a visita anterior ou no lado direito para consultar a seguinte.

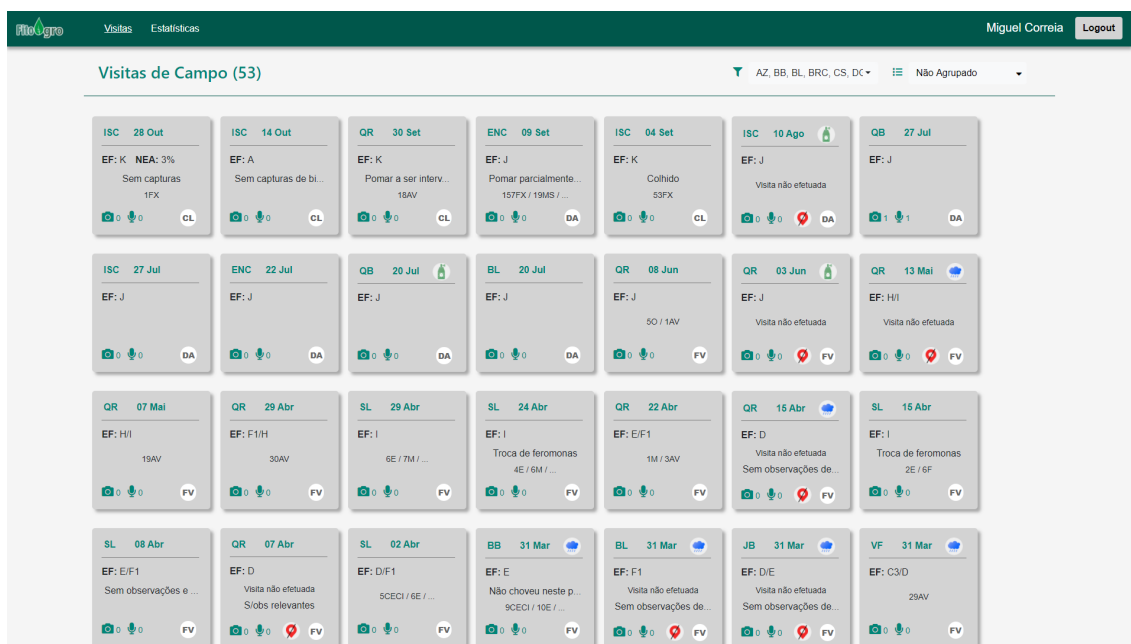


Figura 3.20: Página inicial

Na zona central, do lado esquerdo foi colocada a informação que consta no resumo, assim como os ficheiros multimédia. Ao clicar na nota da visita, é apresentado um *pop-up* com uma zona de comentários, onde os utilizadores admissíveis podem deixar comentários textuais. De igual forma, ao clicar num elemento multimédia, é apresentado o ficheiro, a sua descrição e uma zona de comentários (figura 3.22). O utilizador pode ainda seleccionar o ícone para localizar o elemento no mapa adjacente a esta informação. Foi utilizado o mapa do Mapbox, pelos mesmos motivos referidos em 3.5.2, com uma vista básica, exterior e satélite. Neste mapa foi marcada a parcela (polígono a verde), o trajecto realizado pelo utilizador (traçado a vermelho) e *markers* relativos aos ficheiros multimédia. Caso se trate de uma visita realizada de forma colaborativa, um dos traçados será apresentado a azul.

Por fim, no final da página foi colocada uma visualização do Tableau Online, a qual faz parte de uma dissertação de mestrado desenvolvida paralelamente. A visualização apresenta os valores acumulados das observações relativas a cada praga, apresentando as árvores no lado direito e as armadilhas no lado esquerdo. O utilizador tem à sua disposição um filtro para consultar apenas os inimigos que pretende.

CAPÍTULO 3. PROTOCOLLECTOR

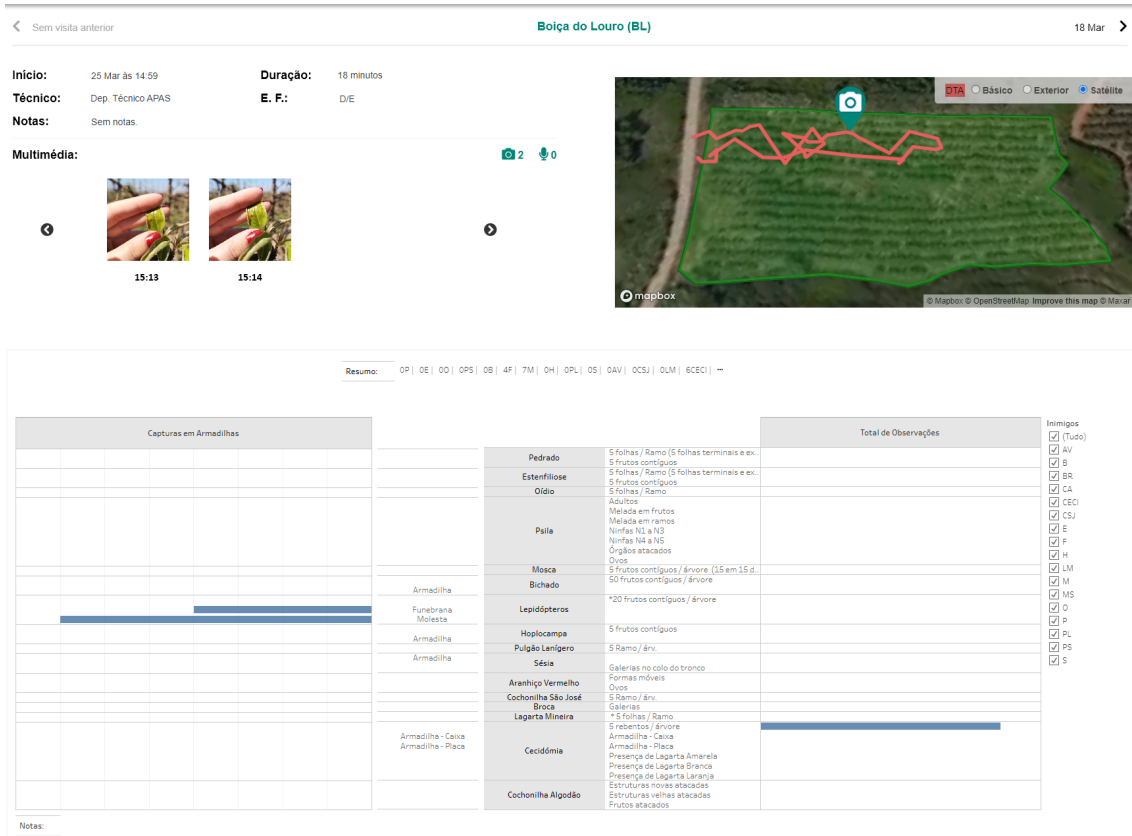


Figura 3.21: Página da visita

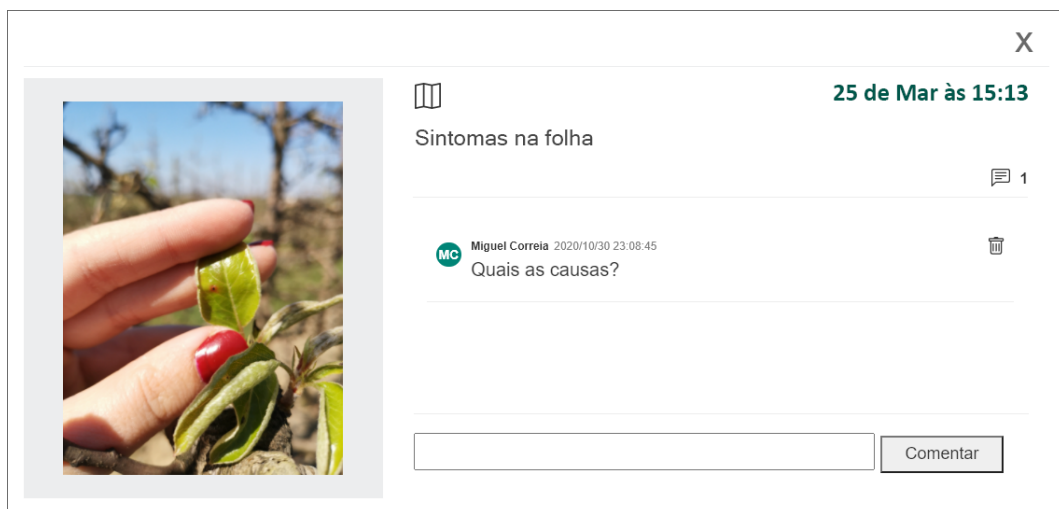


Figura 3.22: Ficheiro multimédia

3.6.4 Estatísticas

Ao seleccionar a aba das estatísticas na página principal, é apresentada a visualização da figura 3.23. Esta visualização está também incorporada através do Tableau Online

e é da mesma autoria da que foi referida em 3.6.3. Esta visualização está dividida em duas partes. O gráfico de barras permite observar a evolução do número de visitas e observações ao longo do projecto. O *heatmap* permite consultar o número total de registos relativos a todas as pragas por parcela, filtrados por campanha.

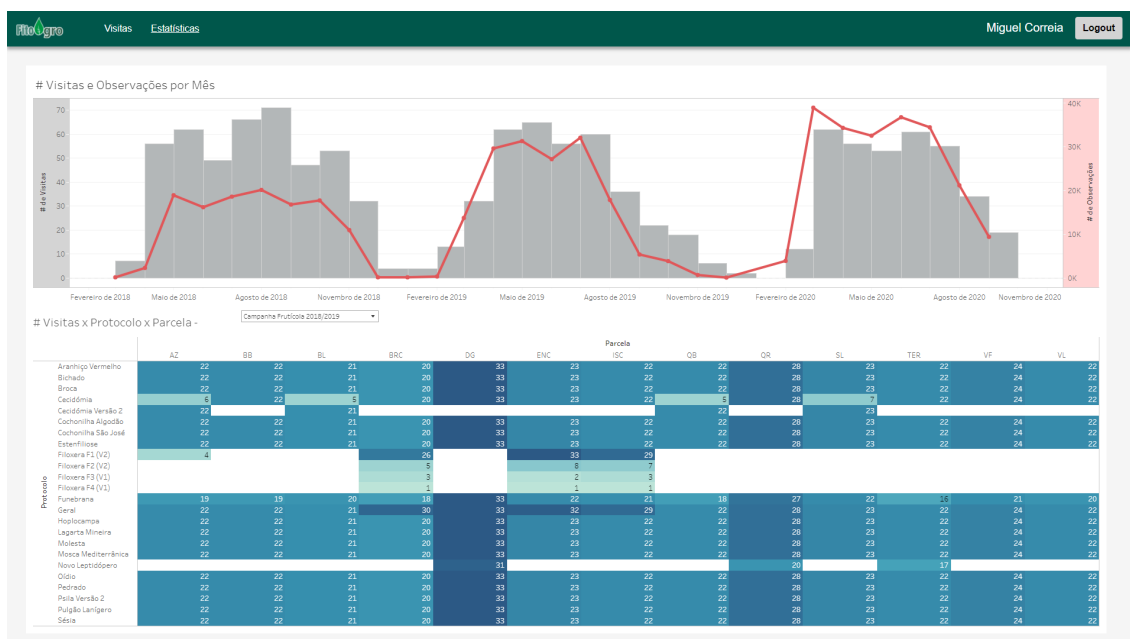


Figura 3.23: Estatísticas dos registos

3.7 Conclusão

Neste capítulo foi apresentado o sistema criado ao longo desta dissertação. A solução desenvolvida visa uma utilização específica para o projecto FitoAgro, contribuindo para a qualidade dos dados que são registados, a rápida integração dos mesmos no sistema de informação e a fácil adaptação dos registos às constantes mudanças. No entanto, o sistema fornecido ao grupo operacional do FitoAgro teve como base uma *framework* desenvolvida para o registo de dados em contextos genéricos. Esta *framework* faculto o registo de diversos tipos de dados através da geração dinâmica da interface ao processar uma linguagem concebida para expressar protocolos de recolha de informação. Esta vertente visa facilitar o desenvolvimento de futuras soluções no contexto de recolha de dados em campo.

IMPLEMENTAÇÃO DO PROTOCOLLECTOR

Neste capítulo são apresentados os detalhes mais importantes de implementação associados a cada uma das componentes da solução. De início, são explicados os ficheiros de configuração (4.1). De seguida, é mencionado o funcionamento dos diversos módulos reutilizáveis (4.2) e alguns aspectos da aplicação móvel, os quais a realização colaborativa das visitas (4.3) e o mecanismo de recuperação (4.4). Por fim, é descrito o processo de sincronização (4.5) e de disponibilização dos dados registados (4.6).

4.1 Ficheiros de configuração

Como foi referido em 3.3, foram colocados alguns ficheiros de configuração no servidor para uso simultâneo da aplicação e do *website*. Estes ficheiros permitem actualizar o contexto de recolha de dados da aplicação, sem que haja a necessidade de gerar uma nova versão da mesma. No caso do *website*, os ficheiros são apenas consultados para obter a informação mais recente associada às parcelas.

4.1.1 Protocolos

A informação relativa aos protocolos foi dividida em três ficheiros distintos. Um protocolo no ponto de vista destes ficheiros, é um conjunto de regras que permitem registar informação. Como já foi referido, no contexto do projecto FitoAgro, o mesmo protocolo pode implicar diferentes tipos de observações, que dependem do local onde é aplicado. Além do mais, existe um protocolo que é dividido por fases, em que cada uma pode ser vista como um outro protocolo. Desta forma, foi abstraído o conceito de "protocolo de monitorização de uma praga", o qual contém fases, instruções, conjuntos de acções e observações específicas e genéricas, de forma a criar protocolos de recolha de dados. Deste modo, um protocolo de monitorização pode dar origem a vários protocolos de recolha de dados. Por

exemplo, o protocolo associado à Cecidómia, apresentado em 1.2.2, implica a variação das observações (específicas ou genéricas) a realizar consoante o local associado. Neste caso, o protocolo de monitorização deu origem a dois protocolos de recolha de dados distintos, um protocolo "Cecidómia específico" e outro "Cecidómia genérico".

Dois ficheiros armazenam separadamente a informação dos protocolos aplicáveis em campo e de posterior complementaridade de registos. Ambos são ficheiros JSON, constituídos por um vector de objectos. Cada objecto é constituído pelos seguintes campos:

- *name*: nome do protocolo;
- *date_min*: a data de início do protocolo, no formato MM/dd;
- *date_max*: a data limite do protocolo, no formato MM/dd;
- *eoí*: objecto composto pelo nome atribuído aos EOIs do protocolo (por exemplo "árvore") e o número de EOIs a observar;
- *general_data*: informação geral a registar durante a visita, não associada a EOIs. Este campo pode ser omitido. Pode ser utilizado, por exemplo, para indicar a data em que se prevê a realização da próxima visita.
- *observations*: observações a realizar em cada EOI.

Ao omitir os campos *date_min* e *date_max*, o protocolo é aplicável durante todo o ano. O campo *eoí* tem como objectivo identificar o tipo e o número de EOIs a percorrer no protocolo. É apresentado um exemplo da sua declaração no código 4.1. Neste caso, o protocolo em questão implica a realização de observações em 20 árvores.

Listagem 4.1: Especificação dos EOIs

```
1 "eoí": {  
2   "name": "Árvore",  
3   "number": 20  
4 }
```

O campo relativo às observações sobre os EOIs (*observations*) é constituído por objectos semelhantes ao que é apresentado na listagem 4.2, onde o campo *name* corresponde ao nome da observação e o campo *iterations* às iterações a realizar sobre esta. O campo *limited_to* é opcional e permite restringir a observação a determinados EOIs, expressando um vector de inteiros com os identificadores dos mesmos. No caso apresentado na listagem 4.2, a observação é apenas aplicável aos três primeiros EOIs. O campo relativo à informação geral (*general_data*) é expresso da mesma forma que o campo *iterations*, sendo que esta informação não está associada a nenhuma observação. Numa versão posterior, a linguagem de especificação foi estendida para incorporar mensagens de ajuda, denominadas de *helpers*, para auxiliar o utilizador a executar um protocolo. Estes elementos não foram utilizados na aplicação FitoAgro, devido ao facto de não serem definidas *guidelines*

pelo projecto, no entanto, a aplicação está preparada para processar a informação caso sejam incorporadas nos protocolos. O campo *helper* é um vector de objectos caracterizados pela posição, um campo necessário pois não há garantia que o formato JSON preserve a ordem, um título, uma mensagem e um campo livre a ser processado a critério da aplicação. No exemplo apresentado na listagem 4.2, é utilizado para especificar um ficheiro que se pretende apresentar no *helper*.

Listagem 4.2: Observações rebentos atacados

```

1 {
2   "name": "Rebentos_atacados",
3   "iterations": [...],
4   "helper": [
5     {"position":1,
6      "title":"Observação visual",
7      "message":"Analisar_los_rebentos",
8      "extra":"/resources/rebentos.png"}
9   ],
10  "limited_to": [1,2,3]
11 }

```

Visto que podem ser registados diversos tipos de dados, o campo *iterations* é composto por objectos variáveis consoante o tipo. O módulo responsável por gerar as componentes gráficas, suporta o registo de sete tipos de dados distintos. Consoante o tipo de dados atribuído à iteração, para além do nome e da indicação do tipo associado, pode ser necessário definir campos extra. Na tabela 4.1 são apresentados os diferentes tipos de dados, o seu identificador e os campos de preenchimento associados.

Identificador	Tipo	Campos
0	Booleano	-
1	Numérico	<i>value_type</i> , <i>units</i> , <i>min</i> e <i>max</i>
2	Textual	-
3	Temporal	<i>subtype</i>
4	Categorico	<i>values</i> e <i>unique</i>
5	Contagens	<i>value_type</i> e <i>offset</i>
6	Intervalos	<i>first</i> e <i>last</i>

Tabela 4.1: Diferentes tipos de dados

Segue-se a explicação dos campos, assim como os valores que podem assumir:

- *units*: campo textual utilizado para associar unidades aos valores numéricos. Pode ser omitido.
- *value_type*: utilizado para definir o tipo do valor numérico e contagens (*integer* ou *real*).
- *offset*: utilizado para definir os valores possíveis das contagens, através de um vector de triplos. Cada triplo indica o valor inicial, o valor final e o passo entre valores. Pode ainda ser complementado com valores textuais. Por exemplo, se o *offset* for expresso da seguinte forma, [(0,20,1),20+,100+], a contagem é linear de 0 a 20, com um passo de 1 entre os valores, e após o valor 20, é possível seleccionar a opção 20+ ou 100+;
- *min*: utilizado para definir o valor numérico mínimo;
- *max*: utilizado para definir o valor numérico máximo;
- *values*: utilizado para indicar o domínio de valores possíveis nas observações categóricas. É definido por um vector de valores;
- *unique*: utilizado para restringir a selecção das categorias. Caso assuma o valor *true*, apenas uma das categorias pode ser seleccionada. Se for omitido, é assumido como *true*;
- *subtype*: utilizado para definir o tipo de registo nas observações temporais. Se for pretendido registar uma data, o campo deve assumir o valor *date*, caso seja pretendido registar uma hora deve assumir o valor *datetime*;
- *first*: utilizado para definir o domínio do limite esquerdo do intervalo. É definido por um vector de valores;
- *last*: utilizado para definir o domínio do limite direito do intervalo. À semelhança do campo *first*, é definido por um vector de valores. Se for omitido, o limite direito assume o mesmo domínio que o esquerdo.

Para uma melhor compreensão, é apresentado em 4.3, a declaração do protocolo da Cecidómia, resultante da abstracção sobre a vertente específica. A mesma linguagem de especificação foi utilizada para definir as acções referidas em 3.5.6.3.

Listagem 4.3: Protocolo da Cecidómia

```

1 { "name": "Cecidómia",
2   "date_min": "4/1",
3   "date_max": "10/30",
4   "eoi": {
5     "name": "Árvore",
6     "number": 25},
7   "observations": [
8     { "name": "Rebentos_atacados",
9       "iterations": [{
10        "name": "Número_de_rebentos_atacados",
11        "data_type": 1,
12        "value_type": "integer",
13        "max": 5,
14        "min": 0}],
15     { "name": "Presença_de_lagarta",
16       "iterations": [{
17        "name": "Branca",
18        "data_type": 1,
19        "value_type": "integer",
20        "min": 0},
21        { "name": "Amarela",
22          "data_type": 1,
23          "value_type": "integer",
24          "min": 0},
25        { "name": "Laranja",
26          "data_type": 1,
27          "value_type": "integer",
28          "min": 0}]]}]

```

Por fim, o último ficheiro de configuração associado aos protocolos é um CSV que faz o mapeamento do nome dos protocolos para a sua sigla (tabela 4.2). Este ficheiro permite simplificar a representação dos protocolos com base nas siglas utilizadas pelos técnicos.

4.1.2 Parcelas

A informação relativa às parcelas encontra-se dividida em dois ficheiros. Ambos são provenientes do sistema de informação, não tendo sido formulados para o propósito desta dissertação.

Um dos ficheiros é um ficheiro GeoJSON, o qual armazena os limites de cada parcela. Para além disso, num campo "properties", associado a cada parcela, é registado o seu nome e o seu identificador inteiro proveniente do sistema de informação, o mesmo identificador utilizado na base de dados móvel.

A restante informação das parcelas encontra-se noutra ficheiro JSON, o qual armazena uma colecção de objectos, compostos pelos campos apresentados em 4.4:

Sigla	Protocolo
P	Pedrado
E	Estenfiliose
O	Oidio
PS	Psila
MS	Mosca do Mediterrâneo
B	Bichado
L	Lepidópteros
H	Hoplocampa
PL	Pulgão Lanígero
S	Sésia
AV	Aranhão Vermelho
CSJ	Cochonilha de São José
BR	Broca
LM	Lagartas Mineiras
CECI	Cecidómia
CA	Cochonilha Algodão
M	Molesta
F	Funebrana
CG	Cryptoblabes gnidiella
FX	Filoxera

Tabela 4.2: Mapeamento dos protocolos

Listagem 4.4: Informação da parcela

```

1 { "entidade": "GRANFER",
2   "fruto": "Maça",
3   "idparcela": 6,
4   "codigo": "QR",
5   "parcela": "Quinta_do_Rato",
6   "zona": "Vale_Maceira",
7   "coordenadas": "39.4759553212144 , -9.12011354680032",
8   "inimigo": ["Novo_Lepidóptero"] }

```

4.1.3 Resumos

Os resumos são uma forma de sintetizar a informação registada durante as visitas ao campo. No caso do FitoAgro, já era uma prática comum formular resumos durante a fase de conclusão da visita. De forma a disponibilizar uma ferramenta genérica para gerar resumos, foi definido um ficheiro de configuração de forma a explicitar a informação que deve ser tida em conta.

A informação foi dividida em duas categorias, a informação que é possível obter ao aceder à base de dados e a informação complementar, necessária conforme o contexto a ser aplicado. Deste modo, o ficheiro de configuração é composto por um conjunto de *flags*, as quais permitem controlar a informação da base de dados que se pretende incorporar. Os seguintes campos mapeiam um conjunto de dados em cada tabela:

- *visit_data*: identificador, data de início e data de terminação da visita;
- *visit_info*: informação armazenada na coluna *info* da tabela das visitas;
- *complementary_data*: identificador, data de início e data de terminação da observação complementar;
- *complementary_info*: informação armazenada na coluna *info* da tabela das observações complementares;
- *plot_data*: identificador, sigla e nome da parcela;
- *plot_info*: informação armazenada na coluna *info* da tabela das parcelas;
- *multimedia_count*: contagem dos ficheiros multimédia por tipo.

Para além disto, é possível apontar métodos, presentes no projecto, cujo valor retornado deve constar no resumo, ao especificar a classe onde o método se encontra implementado, o nome do método e o tipo dos argumentos que este recebe. Em 4.5 é apresentado um exemplo.

Listagem 4.5: Configuração de resumos

```

1 {
2   "Flags":{
3     "visit_data":true,
4     "visit_info":true,
5     "complementary_data":true,
6     "complementary_info":true,
7     "plot_data":false,
8     "plot_info":false,
9     "multimedia_count":false
10  },
11  "Methods":[
12    {
13      "package_class_name":"com.example.myapplication",
14      "method_name":"myMethod",
15      "args_type":[
16        "java.lang.String"
17      ]
18    }
19  ]
20 }
```

4.2 Módulos reutilizáveis

A *framework* e consequentemente a aplicação FitoAgro foram desenvolvidas para Android. Visto que os dispositivos dos actuais técnicos são Android, não se justificou a aquisição de novos dispositivos com sistemas operativos diferentes.

O desenvolvimento foi realizado num sistema nativo, com linguagem Java. Por norma, as aplicações desenvolvidas nestes ambientes são mais rápidas e totalmente compatíveis com o *hardware* e características do dispositivo. O problema com este tipo de *frameworks* surge quando é necessário desenvolver uma aplicação que abranja várias plataformas, o que não se aplica ao sistema desta dissertação.

A ProtoCollector Framework oferece uma biblioteca, composta por módulos, os quais são constituídos por diversas classes Java, com diferentes finalidades. A *framework* foi disponibilizada num repositório [GitHub](#), juntamente da documentação de apoio, que explicita as funcionalidades da mesma. De seguida, são apresentados os detalhes de cada módulo que constitui a *framework*.

4.2.1 Módulo de dados

Para armazenar os dados de forma persistente, foi necessário ter em conta as diversas bases de dados disponíveis. O SQLite é uma biblioteca, disponível no Android, que implementa um banco de dados SQL, sendo este transaccional, *open-source* e *stand-alone*, idealmente ocupando pouco espaço em disco e em memória, o que a torna numa excelente escolha no âmbito dos dispositivos móveis [20]. Este sistema está, no entanto, limitado a armazenar valores numéricos, campos textuais e *blobs* [11]. Caso o valor que se pretende armazenar não faça parte de nenhuma destas classes, é necessário fazer a sua conversão ou, se possível, utilizar extensões da base de dados. Existe uma extensão do SQLite que suporta informação geográfica, no entanto foi evitada, recorrendo a simples conversões destes dados para valores numéricos e textuais.

De seguida, são abordadas as diferentes tabelas que constituem a base de dados desenvolvida (figura 4.1). Todas as tabelas têm três *timestamps* distintas para a criação, edição e eliminação de linhas. Foi estabelecido que nunca se apagaria definitivamente nenhum elemento da base de dados, recorrendo ao *timestamp* de eliminação quando se pretende eliminar alguma entidade.

4.2.1.1 Parcelas

Uma parcela tem um identificador inteiro único, um nome e a sigla associada. Tem também associada informação geográfica, a qual um polígono expresso por um JSONArray de coordenadas e as coordenadas do ponto central. Na coluna *info* é armazenada informação descritiva complementar que, no caso concreto da aplicação FitoAgro, tem o identificador textual da cultura e os protocolos principais.

No contexto da aplicação, a tabela das parcelas é alterada apenas na primeira inicialização e quando são detectadas alterações nos seus ficheiros de configuração. Quando isso acontece, as parcelas em falta na nova configuração são marcadas como "eliminadas", mas continuam no sistema para permitir a consulta das visitas nessas parcelas.

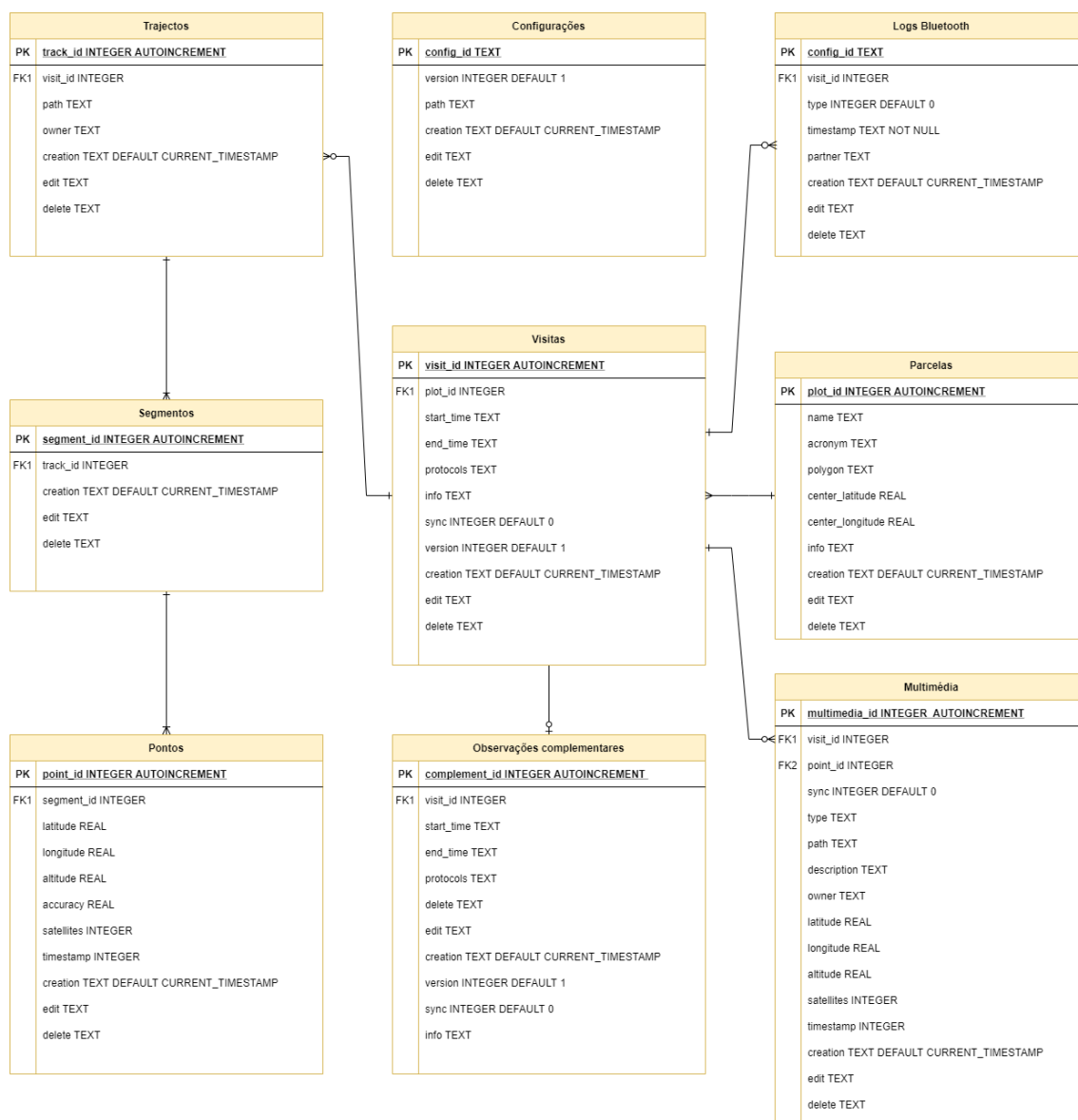


Figura 4.1: Diagrama da base de dados

4.2.1.2 Visitas

Ao iniciar uma visita, é criada uma entrada na tabela com o identificador da parcela associada e um *timestamp* relativo ao início efectivo da visita. Por defeito, a *flag* do estado de envio assume o valor 0, correspondente a "Não enviada". A coluna da versão permite verificar o número de edições realizadas na visita e assume o valor de 1 após a criação. Ao terminar a visita, é editada a linha correspondente para inserir o *timestamp* relativo ao seu concluir e preencher as colunas dos registos. Para acomodar a generalidade dos dados, foram criadas duas colunas distintas para armazenar os dados no formato de um JSON.

Na coluna *protocols* é armazenada a informação proveniente dos registos sobre os protocolos de recolha de informação. Visto que cada observação pode implicar o registo de

diferentes tipos de dados, foi criado um objecto próprio para expressar os dados registados (4.2.1.2).

```
1 HashMap<Integer, HashMap<String, HashMap<String, List<ComponentData>>>> mEOI
```

Para cada EOI, identificado por um número inteiro, é guardado um conjunto de protocolos. Um protocolo é identificado pelo seu nome e é composto por um conjunto de observações. Por sua vez, uma observação é caracterizada por uma etiqueta descritiva e contém um conjunto de diferentes dados a registar. Cada valor a registar é armazenado sobre a forma de um objecto da classe `ComponentData`. Este objecto armazena uma etiqueta descritiva, o tipo de valor (apresentados em 4.1) e o valor. A estrutura utilizada é convertida para uma string JSON recorrendo ao *Gson*. O *Gson* é uma biblioteca que permite converter objectos Java para a sua representação no formato JSON e vice-versa.

A coluna *info* tem o intuito de armazenar campos adicionais que possam ser úteis para a análise dos dados registados. Na vertente `ProtoCollector Mobile FitoAgro`, é armazenada a informação relativa à conclusão da visita (informação previamente registada no cabeçalho da folha de registo).

4.2.1.3 Observações complementares

As observações complementares têm um comportamento muito próximo do que foi referido nas visitas (4.2.1.2). Ao associar novas observações, é criada uma entrada na tabela correspondente, com o identificador da visita associada e um *timestamp* de início efectivo. De forma semelhante, a *flag* do estado de envio assume o valor 0 e a coluna da versão assume o valor de 1 após a criação. Ao concluir as observações, é editada a linha correspondente para inserir o *timestamp* relativo à conclusão e são preenchidas as colunas relativas aos registos.

No contexto da solução actual, a coluna *protocols* armazena os dados relativos a protocolos aplicáveis em meio laboratorial. A coluna *info* é utilizada para registar a informação adicional aos protocolos, como por exemplo, a data da colheita e o nível económico de ataque, ambos associados ao protocolo da Filoxera.

4.2.1.4 Logs Bluetooth

Esta tabela é utilizada para armazenar *logs* relativos às conexões Bluetooth. Cada momento é identificado por uma chave incremental, o *timestamp* do momento, o identificador textual do interveniente, o identificador da visita e um tipo. O tipo pode ser adaptável ao contexto, tendo sido utilizado na aplicação para distinguir os diferentes momentos de troca de dados.

4.2.1.5 Trajectos, Segmentos e Pontos

Visto que o SQLite não tem suporte para informação geográfica, foram criadas três tabelas distintas para armazenar os trajectos GPS. Um trajecto é composto por um ou mais

segmentos, que por sua vez são compostos por um ou mais pontos.

Um trajecto, identificado por um inteiro incremental, está associado a uma visita. Para além de um campo textual referente ao proprietário do trajecto, é armazenado o caminho para o ficheiro GPX resultante. Os segmentos do trajecto permitem dividir o traçado GPS em porções que são separadas quando ocorre um intervalo de tempo adaptável entre a captação de pontos. Estes momentos podem ocorrer devido à falta de sinal, à ausência de movimento do utilizador ou a períodos em que a aplicação é encerrada ou colocada em segundo plano. Um ponto é caracterizado por diversos campos que são proporcionados pelo objecto devolvido pelo *LocationListener*, os quais:

- Latitude em graus;
- Longitude em graus;
- Altitude em metros acima do elipsóide de referência WGS 84;
- Exactidão horizontal estimada em metros;
- Número de satélites utilizados;
- *Timestamp* de captação UTC em milissegundos desde 1 de Janeiro de 1970.

Na aplicação, a criação do trajecto, conseqüentemente do primeiro segmento, é realizada logo após a captação do primeiro ponto durante a visita. A criação do trajecto pode também ocorrer no final da visita, caso seja recebido algum traçado GPS vindo de outro dispositivo.

4.2.1.6 Multimédia

Os ficheiros multimédia são associados às visitas. Logo após a captação do ficheiro, é criada uma entrada na tabela. Nesse momento, é armazenado o tipo do ficheiro (fotografia ou áudio), o caminho do ficheiro na memória externa, o *timestamp* associado, a informação geográfica disponível no momento da captação e o identificador do autor. Por defeito, a *flag* de envio assume o valor 0. Os ficheiros podem ser editados para associar uma descrição.

4.2.1.7 Configurações

Os ficheiros de configuração permitem actualizar a aplicação conforme as actualizações que são realizadas no servidor. Cada ficheiro é identificado pelo seu nome, versão e o caminho para o mesmo no armazenamento externo.

Ao iniciar a aplicação FitoAgro com acesso à Internet, são consultadas as versões dos ficheiros colocados na Google Drive. Quando é detectada uma nova versão, é inserida ou editada a linha correspondente ao ficheiro na tabela.

4.2.2 Módulo Bluetooth

Este módulo assegura a comunicação entre dispositivos utilizando a tecnologia Bluetooth. Tendo em conta que a utilização do servidor para realizar as comunicações implicaria acesso à Internet, o qual se torna difícil no contexto de campo, foi necessário recorrer a outra tecnologia para possibilitar a comunicação *on-the-fly*. Foram ponderadas duas tecnologias distintivas, o Bluetooth e o Wi-Fi Direct. O Wi-Fi Direct seria uma boa opção, pois a velocidade de transferência é superior, no entanto, os gastos de bateria também. Visto que os dados registados são maioritariamente contagens, não se justificou sacrificar bateria por uma velocidade superior.

Deste modo, foi utilizada a API Bluetooth disponibilizada pelo Android. A API Bluetooth possibilita a conexão sem fios entre dispositivos, oferecendo uma ferramenta para consultar os dispositivos nas proximidades e emparelhados, estabelecer canais de ligação seguros e realizar trocas de dados. O Android disponibiliza dois serviços Bluetooth distintos, o *Classic Bluetooth* e o *Bluetooth low energy*, também conhecido como BLE [29]. O BLE deve ser utilizado quando o sistema visa a troca de dados muito reduzidos, o que pode não ser o caso nesta aplicação. Como já foi referido, a maioria dos dados enviados são os registos relativos aos protocolos, no entanto, pode também ser necessário enviar fotografias que são ficheiros consideravelmente maiores. Foi então adoptado o *Classic Bluetooth*.

Sendo assim, foi desenvolvido um módulo que disponibiliza um mecanismo de envio de mensagem, utilizando um canal seguro, restringindo a conexão a dispositivos que partilham o mesmo *UUID*. A actualização do estado é comunicada para uma *Activity* ao receber o seu *Handler* respectivo no construtor do módulo. Estas mensagens permitem saber o estado da conexão em tempo real, através das seguintes constantes:

- **MESSAGE_RECEIVE**: recepção de uma mensagem;
- **MESSAGE_ENABLED**: activação do serviço de descoberta;
- **MESSAGE_CONNECTED**: conectado com sucesso a um dispositivo;
- **MESSAGE_ERROR**: ocorreu um erro;
- **MESSAGE_HOSTING**: indicação que o actual dispositivo é o *host* da conexão.

Para gerir os dispositivos Bluetooth, foram implementados dois *BroadcastReceiver*. O primeiro, apresentado em 4.6, permite receber actualizações do estado de emparelhamento. Ao detectar um novo dispositivo emparelhado é chamado o método *showPairedDevices* que apresenta um *AlertDialog* (3.13a) na *Activity* corrente, recebendo como argumento um dispositivo para selecção automática do mesmo.

Listagem 4.6: BroadcastReceiver para emparelhamentos

```

1 private final BroadcastReceiver mPairReceiver = new BroadcastReceiver() {
2     public void onReceive(Context context, Intent intent) {
3         String action = intent.getAction();
4
5         if (BluetoothDevice.ACTION_BOND_STATE_CHANGED.equals(action)) {
6             final int state =
7                 intent.getIntExtra(BluetoothDevice.EXTRA_BOND_STATE,
8                     BluetoothDevice.ERROR);
9             final int prevState =
10                intent.getIntExtra(BluetoothDevice.EXTRA_PREVIOUS_BOND_STATE,
11                    BluetoothDevice.ERROR);
12            BluetoothDevice device =
13                intent.getParcelableExtra(BluetoothDevice.EXTRA_DEVICE);
14
15            if (state == BluetoothDevice.BOND_BONDED &&
16                prevState == BluetoothDevice.BOND_BONDING) {
17                showPairedDevices(device);
18            } else if (state == BluetoothDevice.BOND_NONE &&
19                prevState == BluetoothDevice.BOND_BONDED) {
20                showPairedDevices(null);
21            }
22        }
23    }
24 };

```

O segundo *BroadcastReceiver*, apresentado em 4.7, permite receber actualizações relativas aos dispositivos Bluetooth nas proximidades. Foi estendido um *BaseAdapter*, para que os dispositivos possam ser apresentados em tempo real numa *ListView*. Quando é detectado um dispositivo, é verificado se este já se encontra emparelhado. Caso não seja esse o caso, o dispositivo é adicionado à estrutura que armazena os dispositivos encontrados e o *BaseAdapter* é notificado.

Listagem 4.7: BroadcastReceiver para procura

```

1 private final BroadcastReceiver mSearchingReceiver = new BroadcastReceiver() {
2     public void onReceive(Context context, Intent intent) {
3         String action = intent.getAction();
4         Set<BluetoothDevice> pairedDevices =
5             mBluetoothAdapter.getBondedDevices();
6         if (BluetoothDevice.ACTION_FOUND.equals(action)) {
7             BluetoothDevice device =
8                 intent.getParcelableExtra(BluetoothDevice.EXTRA_DEVICE);
9             if (!pairedDevices.contains(device)) {
10                mDevices.add(device);
11                if (mAdapter != null) mAdapter.notifyDataSetChanged();
12            }
13        }
14    }
};

```

Após a ligação de dois dispositivos, é criado um objecto do tipo *ConnectedThread* que estende a classe *Thread*. Este objecto possibilita a troca de mensagens através de *streams* e disponibiliza os seguintes métodos:

- *validStreams*: verifica se as *streams* estão válidas;
- *endConnection*: fecha todas as *streams* e o *socket* Bluetooth;
- *write*: escreve um vector de *bytes* no *OutputStream*;
- *run*: consulta o estado do *InputStream* para averiguação de novas mensagens. Ao detectar uma nova mensagem, a informação é enviada para o *Handler* respectivo.

Como base neste módulo, foi formulada a lógica para a troca de dados e resolução de conflitos especificamente para o caso do projecto FitoAgro (4.3).

4.2.3 Módulo de localização

O módulo de localização fornece um conjunto de métodos que permitem gerir as tabelas das parcelas, trajectos, segmentos e pontos, através de operações *CRUD*.

Foi utilizada a *API* do Mapbox, para associar mapas à informação geográfica. Recorreu-se ao Mapbox, pois este oferece gratuitamente 25 000 instâncias mensais, o que acomoda perfeitamente a dimensão deste sistema que é orientado a uma amostra muito reduzida de utilizadores específicos. Foram desenvolvidos alguns métodos que permitem manipular o comportamento do mapa, os quais:

- *setMap*: inicializa a *MapView*, associando um *Style*.
- *setMarkerClickListener*: associa um evento *onClick* aos símbolos presentes no mapa;
- *addSymbol*: adiciona um marcador no mapa;
- *addPolygon*: adiciona um polígono no mapa;
- *addPath*: adiciona uma linha no mapa.

A captação dos pontos é feita com recurso ao *GPS_PROVIDER*, o qual fornece a localização mais precisa possível, recorrendo aos diversos sensores do dispositivo, à rede Wi-Fi e aos dados móveis. Foram disponibilizados dois *LocationListener* distintos, alterando a definição do método *onLocationChange* em cada um deles. É também possível associar um *LocationListener* personalizado.

O primeiro *listener* (4.8) permite armazenar os pontos GPS captados e marcar a localização corrente num mapa. Cada vez que é detectado um ponto fora da zona da parcela, é incrementado um contador de erros. Este é reiniciado quando é captado um ponto admissível. Quando são detectados um número predefinido de erros, é emitido um alerta vibratório acompanhado de um *AlertDialog*. Os pontos captados vão sendo armazenados

na base dados, separados em segmentos quando ocorre um intervalo de tempo predefinido entre as captações.

Listagem 4.8: *LocationListener* para captação de pontos

```

1 @Override
2 public void onLocationChanged(android.location.Location location) {
3     double latitude = location.getLatitude();
4     double longitude = location.getLongitude();
5     Point actualPosition = new Point(latitude, longitude);
6     if(mMapBox != null && mSymbolManager != null){
7         focusOnMap(new LatLng(latitude, longitude))
8     }
9     if(mActualPolygon != null) {
10        if (!mActualPolygon.contains(actualPosition)) {
11            current_errors++;
12        } else {
13            current_errors = 0;
14        }
15    }
16    if(current_errors == ACCEPTED_ERRORS){
17        current_errors = 0;
18        vibrate();
19        if(mOutsidePlotDialog != null && !mOutsidePlotDialog.isShowing())
20            mOutsidePlotDialog.show();
21    }
22    if(segmentId == null || mLastKnownLocation == null ||
23        location.getTime() - mLastKnownLocation.getTimestamp() > MAX_INTERVAL)
24        segmentId = mSegmentsTable.createSegment(trajectoryId);
25
26    mLastKnownLocation = new LocationData(latitude, longitude, location.getTime(),
27        location.getAltitude(), location.getAccuracy(),
28        location.getExtras().getInt("satellites"));
29    mPointTable.addPoint(segmentId, mLastKnownLocation);
30    mLocations.add(mLastKnownLocation);
31 }

```

O segundo *listener* (4.9) é utilizado para comparar a localização actual às parcelas conhecidas. Ao captar um ponto, a localização no mapa é actualizada. Se este ponto estiver contido nos limites de um dos polígonos, é apresentado um *TextView* com o nome da parcela na *Activity* corrente, de forma a proporcionar um *label* no mapa.

Listagem 4.9: *LocationListener* para parcelas

```

1 @Override
2 public void onLocationChanged(android.location.Location location) {
3     double latitude = location.getLatitude();
4     double longitude = location.getLongitude();
5     mLastKnownLocation = new LocationData(latitude, longitude,
6         location.getTime(), location.getAltitude(), location.getAccuracy(),
7         location.getExtras().getInt("satellites"));
8     if(mMapBox != null && mSymbolManager != null){
9         focusOnMap(new LatLng(latitude, longitude))
10    }
11    mActualPlot = getActualPlot(latitude, longitude, mPlots);
12    if(infoTextView != null && mActualPlot != null) {
13        showTextView(actualPlot);
14    }
15 }

```

4.2.4 Módulo multimédia

Com o intuito de facultar uma ferramenta que possibilite o registo de informação multimédia, foi desenvolvido um módulo destinado à captação de elementos multimédia, os quais fotografias e áudios. Todos estes elementos são associados a uma entidade visita, pelo qual é disponibilizada uma *API* com os seguintes métodos:

- *addMultimedia*: associada uma entidade multimédia a uma entidade visita;
- *getMultimediaById*: devolve a entidade multimédia associada ao identificador;
- *getMultimediasByType*: devolve as entidades multimédia associadas a uma entidade visita, cujo tipo corresponde ao indicado;
- *getMultimedias*: devolve as entidades multimédia associadas a uma entidade visita;
- *editDescription*: edita a descrição associado ao elemento multimédia;
- *deleteMultimedia*: marca a entidade multimédia como "eliminada".

Para além destes, são fornecidos cinco métodos distintos associados à informação multimédia:

- *takePicture*: oportuna o registo de fotografias. Invoca o *Intent* associado à câmara e utiliza um *FileProvider*, previamente definido no *Manifest*, para armazenar, na memória externa, o ficheiro com o seu tamanho original;
- *decodePicture*: utiliza a classe *BitmapFactory* para converter um ficheiro fotográfico num objecto *Bitmap*, com a dimensão indicada;

- *startAudioRecording*: Cria uma instância da classe *MediaRecorder* e inicia o processo de gravação de áudio;
- *endAudioRecording*: termina o processo actual de gravação de áudio, salvaguardando o ficheiro;
- *requestAudioInput*: possibilita o preenchimento de campos textuais através de reconhecimento de voz, criando uma instância da classe *SpeechRecognizer* e associando um *RecognitionListener*. Após a captação do áudio, é devolvido o melhor resultado, que por sua vez, é apresento na *view* passada como argumento.

Antes de executar os métodos associados à captação dos ficheiros multimédia, são verificadas as permissões da aplicação. Os métodos apenas são executados se o utilizador fornecer as permissões correspondentes. Ambos os ficheiros necessitam da permissão *WRITE_EXTERNAL_STORAGE* para serem armazenados na memória externa. As fotografias necessitam da permissão adicional *CAMERA* e os áudios da permissão *RECORD_AUDIO*. Os métodos de criação dos ficheiros recebem como argumento opcional um objecto *LocationData*, proveniente do módulo de localização, que permite georreferenciar os elementos.

4.2.5 Módulo de registos

Este módulo permite fazer a gestão dos registos associados às visitas e suas observações complementares, assim como dos ficheiros de configuração, disponibilizando um conjunto de métodos *CRUD*. Toda a lógica relativa à associação dos registos provenientes dos protocolos e observações gerais às visitas, está presente neste módulo. Oferece os seguintes métodos de consulta, úteis para a listagem dos registos com base em filtros:

- *getVisitsByProtocols*: obter as visitas que implicaram o registo de dados consoante determinados protocolos;
- *getVisitsByPlot*: obter as visitas realizadas numa determina parcela;
- *getVisitsByTime*: obter as visitas realizadas entre um intervalo de datas;
- *getVisitsByStatus*: obter as visitas com o estado de sincronização desejado.

De igual forma, disponibiliza métodos semelhantes para as observações complementares. Para além destes, foi implementado um método para converter toda a informação associada a estas entidades para o formato JSON. Esta informação é adquirida ao consultar a base de dados, extraindo toda a informação associada à entidade, desde os registos dos protocolos, aos ficheiros multimédia e informação da parcela. A estrutura resultante é utilizada pela componente de sincronização, desenvolvida especificamente para o contexto do projecto FitoAgro, para enviar a totalidade da informação da visita para o servidor, para que esta possa ser processada pelo sistema de informação.

O módulo de registos é também responsável por gerar resumos das visitas, com base no ficheiro de configuração apresentado em 4.1.3. Foi implementado um método que devolve um objecto com os dados desejados, com base na informação contida no ficheiro de configuração, assim como nos argumentos que são passados caso seja contemplada a chamada de um outro método. Este método recebe como argumento o identificador da visita e um objecto que mapeia para cada classe, os métodos e os seus argumentos. A assinatura do método é apresentada em 4.10.

Listagem 4.10: Método para gerar resumo

```
1 /**
2  * Processes the abstract configuration and generates the abstract
3  * object data with the desired information
4  *
5  * @param visit_id:      visit's identifier
6  * @param argsByMethod: structure that maps for each method
7  *                       and array of arguments
8  * @return abstract object data with the desired information
9  */
10 AbstractData getAbstractForVisit(String visit_id,
11                                 HashMap<String, HashMap<String, Object[]>> argsByMethod)
```

4.2.6 Módulo de interface

As vistas para inserção dos dados são geradas conforme o ficheiro de configuração referido em 4.1.1. Para cada protocolo, são iteradas as observações e extraída a informação associada aos tipos de dados (apresentados em 4.1).

Ao iterar sobre os protocolos, são gerados objectos do tipo *ComponentBuildInfo*, os quais permitem armazenar a informação necessária para gerar as *views*, ou seja, a informação relativa aos campos mencionados em 4.1.1. Para cada *ComponentBuildInfo*, é chamado o método apresentado em 4.11, que extrai todos os campos do objecto e, conforme o tipo de dados, chama o método correspondente para construir a componente. A *view* resultante é devolvida no formato do objecto *ComponentView*. Este objecto é composto por um objecto *View* e o indicador inteiro do tipo de dados.

Listagem 4.11: Método para gerar componentes

```

1 public ComponentView setComponent(ComponentBuildInfo buildInfo){
2     int type = buildInfo.getType();
3
4     String name = buildInfo.getLabel();
5     String observation_name = buildInfo.getObservationName();
6     String protocol_name = buildInfo.getProtocol();
7
8     String value_type = buildInfo.getValue_type();
9     int min = buildInfo.getMin();
10    int max = buildInfo.getMax();
11    String[] values = buildInfo.getFinalValues();
12    String temporal_type = buildInfo.getTemporalType();
13    String units = buildInfo.getUnits();
14    String[] firstValues = buildInfo.getFirstValues();
15    String[] lastValues = buildInfo.getLastValues();
16    boolean unique = buildInfo.getUniqueness();
17
18    switch (type){
19        case COMPONENT_BOOLEAN :
20            return setComponentBoolean(name, observation_name, protocol_name);
21        case COMPONENT_NUMBER :
22            return setComponentNumeric(name, value_type, min, max, units,
23                observation_name, protocol_name);
24        case COMPONENT_TEXT :
25            return setComponentText(name, observation_name, protocol_name);
26        case COMPONENT_TIME :
27            return setComponentTemporal(name, temporal_type,
28                observation_name, protocol_name);
29        case COMPONENT_COUNT :
30            return setComponentCount(name, values, units,
31                observation_name, protocol_name);
32        case COMPONENT_INTERVAL :
33            return setComponentInterval(name, firstValues, lastValues,
34                observation_name, protocol_name);
35        case COMPONENT_CATEGORY :
36            return setComponentCategory(name, observation_name,
37                protocol_name, values, unique);
38    }
39    return null;
40 }

```

As *views* geradas são armazenadas na estrutura apresentada em 4.2.6, a qual permite associar a cada observação de um protocolo, uma lista de objectos do tipo *ComponentView*.

```

1 HashMap<String,HashMap<String,List<ComponentView>>> mViewPerProtocol;

```

De seguida, são apresentadas as diferentes componentes resultantes dos diferentes tipos de dados. Visto que em alguns casos, as *views* disponibilizadas pelo Android não

satisfaziam as necessidades de inserção dos dados, foi necessário estender a classe *View* para construir vistas com comportamentos personalizados.

4.2.6.1 Booleano

Para implementar a componente booleana foi estendida a classe *View*, construindo uma *view* composta por dois botões adjacentes (figura 4.2). Ao clicar em um dos botões, os atributos *textColor* e *background* são adaptados para o realçar, enquanto que o demais é atenuado.

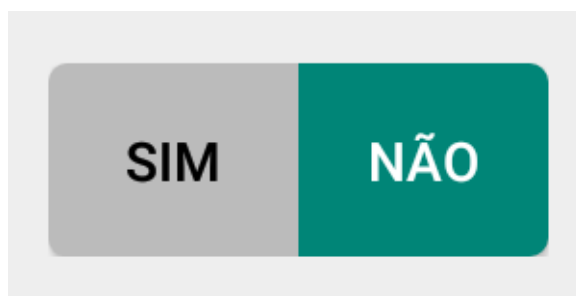


Figura 4.2: Componente booleana

4.2.6.2 Numérico

Foram utilizadas duas *views* distintas para o tipo de dados numérico, dependentes dos argumentos que são recebidos. Caso seja indicado o valor máximo de inserção, é criada uma *view* que estende a classe *FrameLayout* e sobrepõem um *TextView* e um *EditText*. Desta forma, é apresentado o limite máximo do valor a ser inserido directamente no *EditText* (figura 4.3a). Caso contrário, é utilizado apenas o *EditText* (4.3b).

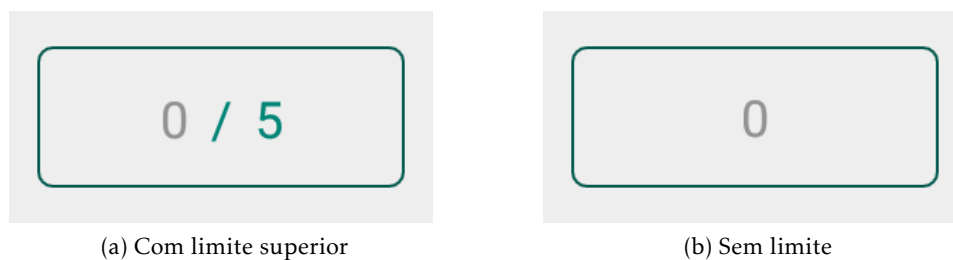


Figura 4.3: Componente numérica

Conforme os argumentos, são aplicados alguns filtros ao *EditText*. No código apresentado em 4.12, é exposta a lógica de aplicação do *InputFilter*. Foi criado um filtro personalizado, ao qual foi atribuído o nome de *EditTextInputFilter*, que restringe a inserção dos valores a um intervalo. Antes da actualização do valor presente no *EditText*, é feita a verificação apresentada em 4.13. Após a aplicação do filtro, é alterado o *InputType*. É feita a distinção entre os valores inteiros e os valores reais, aplicando o tipo respectivo. Por fim,

é verificado o valor mínimo, com o intuito de averiguar a possibilidade de inserir valores com sinal.

Listagem 4.12: Aplicação de filtros

```

1 EditText et = new EditText(context);
2 et.setFilters(new InputFilter[]{ new EditTextInputFilter(min, max)});
3
4 if(value_type.equals("real"))
5     et.setInputType(min < 0 ? InputType.TYPE_CLASS_NUMBER |
6         InputType.TYPE_NUMBER_FLAG_DECIMAL | InputType.TYPE_NUMBER_FLAG_SIGNED :
7         InputType.TYPE_CLASS_NUMBER | InputType.TYPE_NUMBER_FLAG_DECIMAL);
8 else{
9     et.setInputType(min < 0 ? InputType.TYPE_CLASS_NUMBER |
10        InputType.TYPE_NUMBER_FLAG_SIGNED :
11        InputType.TYPE_CLASS_NUMBER);
12 }

```

Listagem 4.13: Verificação dos limites

```

1 private boolean isInRange(double min, double max, double value) {
2     return max > min ? value >= min &&
3     value <= max : value >= max && value <= min;
4 }

```

4.2.6.3 Textual

A componente textual permite realizar anotações recorrendo ao mecanismo *SpeechRecognizer* do Android. O mesmo só pode ser utilizado com acesso à Internet, no entanto, a *view* pode ser utilizada para inserções directas de texto (figura 4.4).

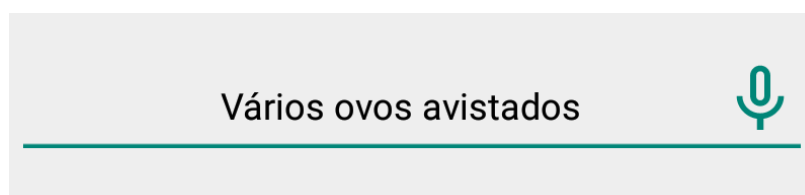


Figura 4.4: Componente textual

4.2.6.4 Temporal

Conforme o subtipo de dados indicado, a componente assume dois *layouts* distintos. Visto que o *DatePicker* do Android está associado a um calendário e se pretende manter o registo de dados o mais simples e conciso possível, em ambos os casos, foram criadas *views* personalizadas, recorrendo ao *NumberPicker*.

Quando o subtipo assume o valor *date*, a componente permite registar uma data no formato dd/MM/yyyy (figura 4.5a). Ao assumir o valor *datetime*, possibilita o registo temporal no formato hh:mm:ss (figura 4.5b).

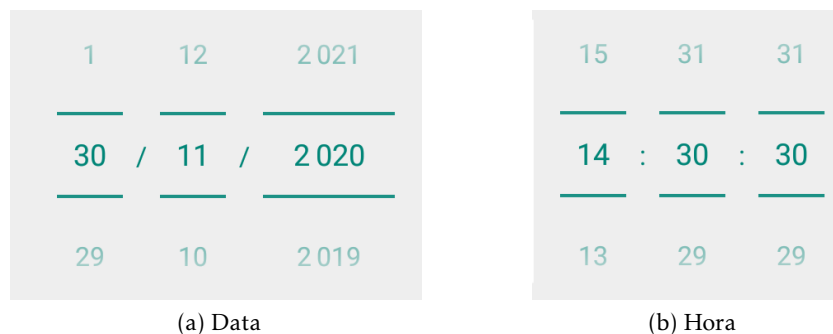


Figura 4.5: Componente temporal

4.2.6.5 Categórico

As categorias permitem simplificar a inserção dos dados quando estes se restringem a um domínio de valores. Podem ser seleccionados vários valores, caso a campo *unique* assumo o valor *false*. Para implementar esta *view*, foi estendido um *BaseAdapter* a fim de utilizar *layouts* personalizados num *GridView*. Cada *layout* é composto por um *TextView* que varia os atributos *background* e *textColor* ao seleccionar uma das categorias (figura 4.6).

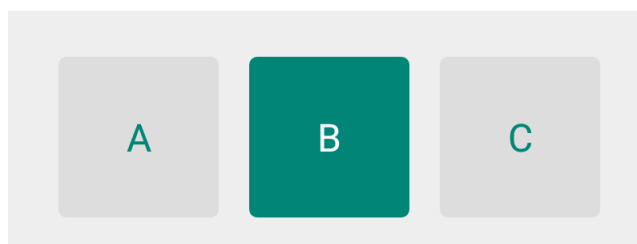


Figura 4.6: Componente categórica

4.2.6.6 Contagens

As contagens foram tidas em conta para abordar os momentos em que a inserção de valores numéricos segue uma certa distribuição. A implementação restringiu-se ao recurso de um *NumberPicker* (figura 4.7), sendo este adaptado para conter apenas as opção admissíveis.



Figura 4.7: Componente de contagens

4.2.6.7 Intervalos

Do mesmo modo da componente temporal (4.2.6.4), a componente dos intervalos ficou assente na implementação de uma *view* personalizada, com base em *NumberPickers* (figura 4.8). A declaração dos domínios foi otimizada para expressar cadeias de caracteres com o intuito de possibilitar o registo do estado fenológico, no contexto específico do projecto FitoAgro. Todavia, a declaração do domínio de cada limite pode ser constituída por valores numéricos, declarando os campos *first* e/ou *last* com o vector de valores possíveis.



Figura 4.8: Componente de intervalos

4.3 Visitas colaborativas

O módulo Bluetooth, apresentado em 4.2.2, permite gerir a conexão entre dois dispositivos, no entanto, a lógica da troca de registos foi implementada especificamente para o projecto FitoAgro, não sendo reutilizável noutros projectos. O processo de troca de dados foi dividido em quatro momentos distintos. Na figura 4.9 é apresentado o diagrama de estados do procedimento explicado nesta secção, sendo que as diferentes fases estão divididas por cores:

1. Verde: Conexão (4.3.1). Fase inicial do processo que envolve a descoberta, emparelhamento e ligação a outro dispositivo através de Bluetooth;
2. Amarelo: Troca dos registos (4.3.2). Fase desencadeada após a conexão, onde são trocados os registos realizados sobre os protocolos de recolha de informação;
3. Azul: Troca de informação multimédia (4.3.3). Fase opcional, que envolve a troca dos elementos multimédia, após a troca dos dados relativos aos protocolos;
4. Vermelho: Troca de informação GPS e duração (4.3.4). Fase final, que permite trocar informação no contexto da conclusão da visita.

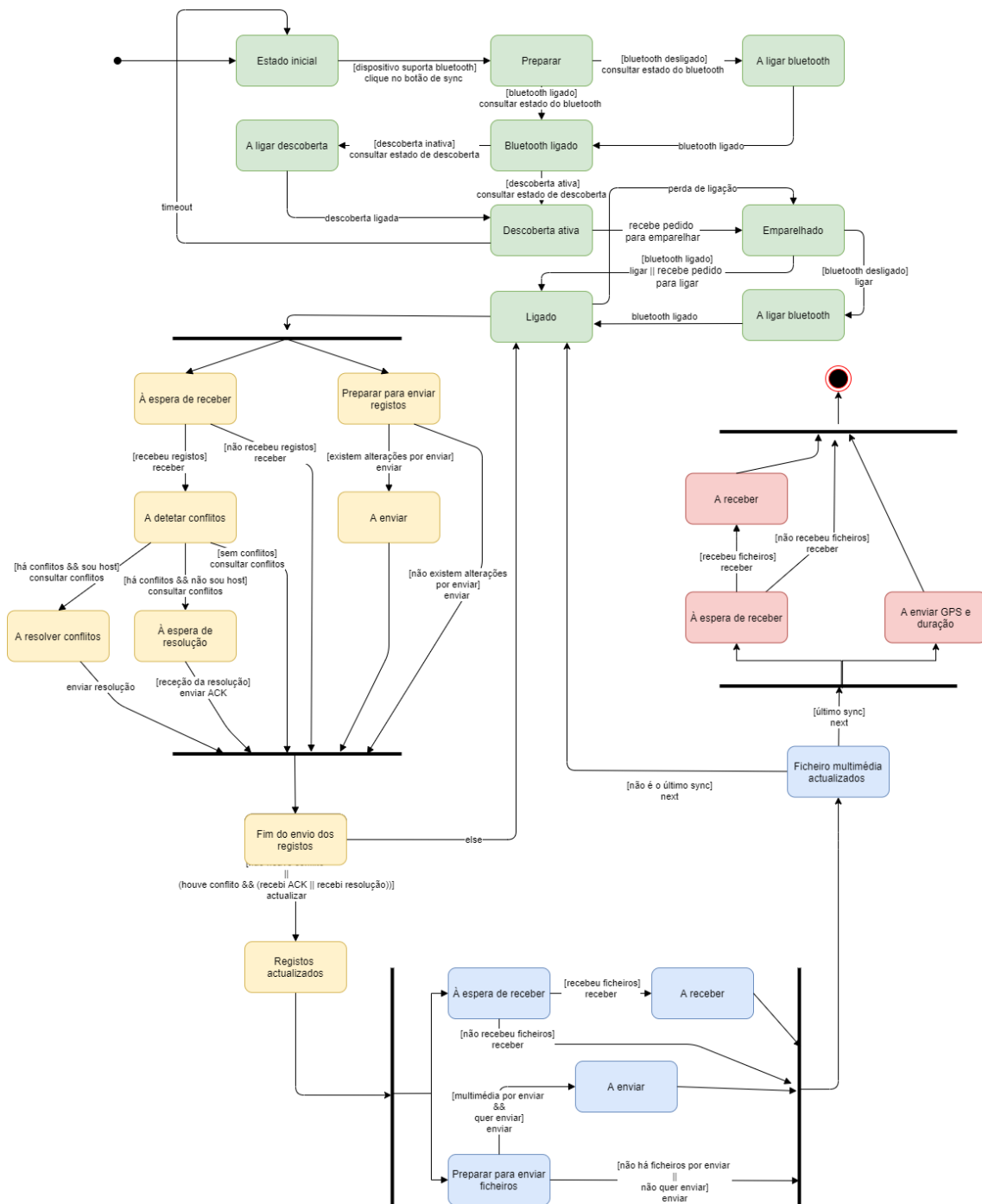


Figura 4.9: Diagrama de estados da colaboração

4.3.1 Conexão

A primeira fase corresponde à conexão. Antes de começar a trocar informação, é necessário que os dispositivos estejam ligados. Ao clicar no botão de *sync*, referido em 3.5.6.8, é inicializada uma instância do módulo Bluetooth (4.2.2) e verificada a compatibilidade do dispositivo com a tecnologia Bluetooth. Caso este seja compatível, o Bluetooth do dispositivo é accionado e a descoberta fica activa.

Para garantir que as ligações ficam restritas às instâncias da aplicação, foi gerado um *UUID* próprio que é utilizado para ficar à escuta num canal seguro através do protocolo *RFCOMM*. Este *UUID* é ligeiramente manipulado para garantir que as ligações ficam restritas aos utilizadores no mesmo contexto de recolha. No pedaço de código 4.14 são apresentadas as alterações realizadas sobre o *UUID* base. Pegando no identificador da parcela, os últimos dígitos do *UUID* são alterados para garantir que a visita está a ser realizada na mesma parcela em ambos os dispositivos. Visto que existem dois momentos distintos em que a troca dos registos pode ser efectuada (durante ou no final da visita), foi ainda alterado o primeiro dígito para diferenciar tais momentos. Por fim, o segundo dígito é alterado nos casos em que a visita é marcada como "anulada".

Seguidamente, é registado o *BroadcastReceiver* responsável pelas actualizações dos emparelhamentos (4.6). Assumindo que o dispositivo desejado se encontra emparelhado, ao seleccioná-lo na listagem, é enviado um pedido para estabelecer ligação. Se não for o caso, é registado o *BroadcastReceiver* para a procura de dispositivos (4.7). Ao seleccionar o dispositivo pretendido, é enviado um pedido para emparelhar, o qual deve ser confirmado em ambos os dispositivos. Em caso de sucesso, é actualizada a listagem dos dispositivos emparelhados, acrescentando o novo dispositivo.

Listagem 4.14: Manipulação do *UUID*

```

1 //get base UUID from string resources
2 String baseUUID =
3     mContext.getResources().getString(R.string.UUID);
4 //change the last digits according to plot id
5 baseUUID =
6     baseUUID.substring(0, baseUUID.length() - plot_id.length()) + plot_id;
7 if(ending) //last state of the visit
8     baseUUID = "1" + baseUUID.substring(1);
9 if(canceled) //visit tagged as "canceled"
10    baseUUID = baseUUID.charAt(0) + "0" + baseUUID.substring(2);
11 mUUID = UUID.fromString(baseUUID);

```

4.3.2 Troca dos registos

Após a ligação, a estrutura de dados que armazena os registos é convertida para uma string JSON, com recurso ao *Gson*, e escrita para o *OutputStream*. Simultaneamente, o módulo Bluetooth corre uma *thread* que consulta o estado do *InputStream*. Ao detectar a chegada de *bytes*, os dados de entrada do *InputStream* são iterados até receber todos os

pacotes. Uma vez recebido o JSON na totalidade, este é convertido para a estrutura de dados utilizada, no entanto, não é feito imediatamente o *merge*.

Após a recepção dos valores, são procurados conflitos, iterando sobre todos os dados anteriormente registados. Ao detectar uma observação comum às duas estruturas com um valor distintivo associado, essa observação é marcada com conflituosa. Ao terminar a iteração, se foram detectados conflitos, o dispositivo nomeado de *host* deve seleccionar os valores pretendidos (como apresentado na figura 3.13c). De igual forma, os dados relativos à resolução do conflito são transformados numa string JSON e enviados para o parceiro. Quando o dispositivo recebe estes dados, envia um *ACK* de volta para o *host* e faz *merge* aos registos. O *host* apenas faz *merge* quando recebe o *ACK* vindo do parceiro. Se por algum motivo, o conflito não for resolvido, na próxima troca de dados o conflito já está identificado em ambos os dispositivos e vai passar pelo processo de resolução novamente.

Sempre que ocorre troca de dados, é enviado junto da mensagem um *timestamp* local do dispositivo. Quando este é recebido, é calculado o máximo entre ambos para acordar o *timestamp* efectivo para o registo do *log* respectivo.

4.3.3 Troca de informação multimédia

Os ficheiros multimédia apenas são enviados se o processo referido em 4.3.2 terminar com sucesso. De uma forma semelhante, os ficheiros são convertidos para o formato JSON, juntamente com a sua meta-informação, e escritos no *OutputStream*. Após a recepção e envio dos ficheiros multimédia, o processo de troca de dados termina, no entanto, se este for desencadeado no contexto da conclusão da visita, é tida em conta mais uma fase.

Devido à natureza da tecnologia Bluetooth e ao tamanho dos ficheiros multimédia, o tempo despendido nesta fase pode ser significativo, tendo sido disponibilizada uma alternativa. Durante a visita, a fase de troca dos ficheiros pode ser ignorada graças a uma definição colocada junto da listagem dos dispositivos emparelhados (figura 3.13a). Após a conclusão da visita e o envio da mesma para o servidor, passa a estar disponível uma nova opção junto da listagem dos ficheiros multimédia (figura 3.12a). Ao seleccionar esta opção, são procurados no servidor ficheiros multimédia captados por outros técnicos na visita em questão. Os ficheiros encontrados são copiados para a directoria remota da visita, associada ao dispositivo, e passam a estar disponíveis para consulta na aplicação.

4.3.4 Troca de informação GPS e duração

A fase final permite trocar a informação GPS e acordar uma duração efectiva para a visita. Como foi referido em 4.3.3, esta fase apenas é tida em conta quando ambos os técnicos estão prestes a dar por concluída a visita e optam por realizar uma sincronização final dos dados.

Nesse momento, são enviados os pontos GPS captados ao longo da visita e a duração local. Ao receber esta informação, é criado o ficheiro GPX e registado na base de dados

um novo trajecto com o identificador do parceiro. A duração recebida é comparada à duração local, sendo que a duração efectiva da visita passa a assumir o valor do máximo entre as duas.

No final, cada um dos dispositivos envia um *ACK* para o parceiro a informar que a visita está terminada. Neste momento a conexão é cortada e o utilizador é redireccionado para a página da informação da visita.

4.4 Recuperação

Visto que a aplicação é utilizada exclusivamente para o registo de dados, foi necessário ter especial atenção aos momentos de falhas para evitar que os mesmos se percam. Para tal, para além da base de dados, foi feito uso das *SharedPreferences* para armazenar informação temporária, útil para a recuperação do estado das visitas quando estes eventos ocorrem. As *SharedPreferences* oferecem um mecanismo de consulta e gravação de dados num arquivo que contém pares de chave-valor. Devem ser apenas utilizadas quando se pretende armazenar informação pouco complexa, como *flags* ou informação útil para a sessão corrente. Deste modo, foi implementado um mecanismo de recuperação que está presente durante o processo de registo, na vertente FitoAgro do ProtoCollector Mobile. Visto que a informação armazenada é específica à implementação da solução do FitoAgro, o mecanismo não é reutilizável noutros projectos.

Ao iniciar uma visita, é imediatamente guardado nas *SharedPreferences* o identificador desta. Caso a aplicação seja reiniciada durante a visita, os ecrãs iniciais são ignorados e o utilizador é directamente redireccionado para a visita. A partir deste identificador, é obtida da base de dados a informação da parcela, os ficheiros multimédia e a lista de localizações. Em relação aos registos, foram criadas duas chaves distintas para armazenar a informação relativa aos diferentes EOIs. Para cada chave, é armazenado o estado actual dos dados num formato JSON, que é facilmente recuperado para a estrutura de dados utilizada. Quando o valor de um campo é alterado, a entrada respectiva das *SharedPreferences* é actualizada com o novo estado. Relativamente aos registos colaborativos, é associado a uma chave um JSON com os valores em conflito, permitindo recuperar o estado caso a aplicação seja desligada durante uma resolução de conflitos.

Para além da informação referida até ao momento, são também armazenados os seguintes dados:

- Endereço MAC do *host*, para futuro reconhecimento;
- EOI actualmente seleccionado, para iniciar o registo a partir do estado onde foi deixado;
- JSON relativo às ocorrências registadas;
- JSON relativo à informação registada na conclusão da visita, para recuperação dos dados nessa fase;
- Booleano indicativo da edição, para distinguir os casos em que a visita se encontra a ser editada;
- Nível de bateria no início da visita, para o cálculo final do consumo total.

É importante referir que os JSON mencionados nesta secção são resultantes da conversão da estrutura de dados utilizada, recorrendo às classes *JSONObject* e *Gson*.

4.5 Sincronização

A componente de sincronização foi desenvolvida especificamente para o projecto Fito-Agro. O envio dos registos para o servidor pode ser desencadeado automaticamente ou manualmente pelo utilizador na página dos registos. Antes do envio, são consultadas as *SharedPreferences* para averiguar se existe alguma chave relativa ao identificador da directoria remota do dispositivo. Caso não exista, é feito um pedido à Google Drive para criar uma directoria para o dispositivo dentro da pasta da conta. Em caso de sucesso, o identificador da nova directoria é armazenado nas *SharedPreferences*. No momento do envio vão ser iteradas as visitas com um estado diferente de "Enviado".

Caso a visita se encontre no estado "Por enviar" ou "Falha", é feito um pedido para criar uma directoria, associada ao dispositivo, identificada pela sigla da parcela e a data de realização da mesma. No interior da directoria são criadas duas pastas, uma para as fotografias e outra para os áudios. Quando um ficheiro multimédia é enviado, é colocado na sua pasta respectiva e a sua descrição é vinculada ao enviar a mesma na meta-informação do pedido. De igual forma, é enviado o ficheiro de *logs* da visita. São criados dois ficheiros JSON, um relativo à visita e outro às observações complementares em laboratório, e os ficheiros GPX. Cada ficheiro JSON armazena os valores registados na tabela correspondente da base de dados (referido em 4.2.1.2 e 4.2.1.3). O ficheiro GPX armazena o trajecto, com os segmentos e pontos contendo a mesma informação que foi referida em 4.2.1.5. Por fim, na directoria associada à conta, é criado ou editado caso já exista, um ficheiro CSV que contém a informação resumida de todas as visitas. O ficheiro armazena a seguinte informação para cada visita:

- Identificador da directoria da visita;
- Sigla da parcela;
- Nome da parcela;
- Cultura;
- Data de início no formato yyyy/MM/dd;
- Hora de início no formato hh:mm:ss;
- Hora de terminação no formato hh::mm:ss;
- Duração da visita em segundos;
- Duração efectiva da visita em segundos;
- Número de fotografias;
- Número de áudios;
- Identificador dos técnicos;
- Presença de tratamentos;
- Presença de chuva;
- Calibre dos frutos;
- Presença de sinal GPS;
- Estado fenológico;
- Nível económico de ataque;
- Notas;
- Apanhado das contagens;
- Realização normal da visita (não anulada).

Se o estado for "Por editar", é consultado o ficheiro CSV e obtido o identificador da directoria da visita. Se por algum motivo, o ficheiro não estiver presente, são iteradas as pastas do dispositivo para localizar a visita desejada. Se mesmo assim não for encontrada, é criada uma directoria. São então carregados os ficheiros multimédia em falta, caso tenham sido captados novos ficheiros após o último envio, e criada uma versão para os ficheiros JSON e GPX. É ainda actualizado o ficheiro relativo aos *logs* e a linha correspondente do ficheiro CSV.

Durante todo o processo de envio, os identificadores dos ficheiros gerados são guardados numa estrutura nas *SharedPreferences*. Caso ocorra um erro durante um envio, antes da próxima tentativa de envio, a estrutura é iterada com o intuito de consultar os ficheiros já enviados da visita.

4.6 Ferramenta de consulta

Na fase inicial do desenvolvimento, o *website* seria uma ferramenta simples, composto por uma listagem de hiperligações para a informação da visita, pelo qual não se recorreu a nenhuma *framework* para desenvolvimento *web*. Consequentemente, foi utilizado *JavaScript* puro complementado por *JQuery* e classes *CSS* do *Bootstrap*. Com o escalar da solução, não se justificou a adopção de nenhuma *framework*.

Visto que foi utilizado o repositório GitHub para fazer a gestão das versões da aplicação móvel e do *website*, foi feito uso do GitHub Pages. O GitHub Pages é um serviço para *hosting* de *websites*, que utiliza os ficheiros *HTML*, *CSS* e *Javascript*, colocados no repositório, para construir e publicar páginas *web*[2].

Nesta secção é abordada a implementação específica do ProtoCollector Web no contexto do projecto FitoAgro.

4.6.1 Dados das visitas

Os quadrados listados na página principal (3.20) são compostos pela informação que está contida no *CSV*, referido em 4.5. Durante a inicialização da página, são iteradas as directorias das diversas contas associadas à aplicação. Em cada iteração, é consultado o *CSV* e processada a informação associada a cada linha do ficheiro, que resulta num quadrado apresentado na listagem inicial das visitas. Toda esta informação é transportada para a página da informação detalhada da visita através do *sessionStorage* (3.21).

Ao instaurar a página da visita, é consultado o *sessionStorage* para obter e apresentar a informação da visita. No entanto, a informação relativa à parcela, aos traçados *GPS* e aos registos não se encontra presente no *sessionStorage*. Relativamente à parcela, é consultada a directoria de configuração, através do seu identificador estático, para aceder à informação geográfica presente no ficheiro *GeoJSON* e apresentar os limites da parcela no mapa. Visto que o resumo da visita contém o identificador da directoria onde foram carregados os ficheiros da aplicação, é feito um pedido para listar os ficheiros presentes e são obtidos os traçados *GPS*. Relativamente aos dados associados aos protocolos, definiu-se que não seria necessário processar os ficheiros *JSON*. Tendo em conta que o sistema de informação processa automaticamente os ficheiros da aplicação e integra os dados no sistema, os dados relativos à visita já se encontram incorporados. Foi então utilizado o *Tableau Online* para embutir as visualizações existentes em torno dos dados registados no sistema de informação, como foi apresentado em 3.21.

4.6.2 Comentários

A zona de comentários foi desenvolvida para um número restrito de utilizadores. Foi criada uma directoria no servidor para armazenar os comentários realizados. Estes foram separados por utilizador, ao criar directorias para cada uma das contas. Esta técnica foi adoptada devido ao facto de não ser possível utilizar uma conta da Google Drive própria para o *site*. Esta conta seria responsável pela criação prévia das directorias associadas a cada ficheiro, onde se colocariam os comentários dos utilizadores. Na solução implementada, a consulta dos comentários é prejudicada porque implica a iteração sobre as diferentes pastas dos utilizadores. Por outro lado, visto que o número de utilizadores com permissões para comentar é muito reduzido, não constitui um problema.

Quando o utilizador submete um comentário, é criada uma pasta com o seu email na directoria dos comentários, caso não tenha sido criada previamente. De seguida, é gerado um ficheiro JSON (editado caso já exista), cujo nome corresponde ao identificador do ficheiro a ser comentado. Posto que, para além de comentários a ficheiros multimédia, é também possível comentar as notas da visita, neste caso o nome do ficheiro vai corresponder ao identificador da pasta relativa à visita. Nesse ficheiro são registados todos os comentários realizados pelo utilizador sobre o ficheiro alvo, num vector de objectos. Cada objecto armazenado nesta estrutura é composto pelo texto do comentário e um *timestamp* no formato ISO 8601.

4.7 Conclusão

A implementação da componente móvel foi onde se concentrou o maior esforço aplicado durante o desenvolvimento da solução apresentada nesta dissertação. Ao implementar a vertente específica e genérica paralelamente foi possível acordar funcionalidades novas que podem ser utilizadas para soluções futuras, como aconteceu quando surgiu a necessidade de associar, às visitas do FitoAgro, observações completares em laboratório.

Graças aos resumos gerados para o FitoAgro, foi possível implementar um *website* que processa estes ficheiros e apresenta a informação proveniente das visitas realizadas com a aplicação. Relativamente à implementação dos comentários, não se recorreu ao planeado pois, como foi referido em 4.6.2, quando se começou a desenvolver essa funcionalidade, tomou-se conhecimento que não seria possível utilizar uma conta específica para o *website* para a realização dos pedidos.

Por fim, a utilização da Google Drive como servidor, em vez da *API* disponibilizada pelo sistema de informação, foi desafiante, pois envolveu a implementação base da lógica de gestão das diversas directorias e das edições dos registos.

CAPÍTULO



AValiação

Neste capítulo são apresentados os métodos utilizados para validar a solução desenvolvida. De início é descrita a metodologia de avaliação (5.1), seguida dos testes de desempenho realizados (5.2). Posteriormente, são apresentados e discutidos os resultados obtidos na realização das visitas de validação (5.3) e nos inquéritos (5.4).

5.1 Metodologia de avaliação

Durante o processo de desenvolvimento, dois técnicos filiados ao projecto FitoAgro testaram a aplicação móvel, a qual passou por diversas entregas realizadas em intervalos médios de três semanas. Durante o período da dissertação, foram disponibilizadas onze versões da aplicação, a qual foi aperfeiçoada com base no *feedback* resultante da utilização de cada versão. Graças a estas entregas, foi possível detectar situações anómalas, desde erros relativos à informação do projecto, como observações erradas em protocolos de monitorização e falta de informação associada às parcelas agrícolas, a problemas de desempenho da aplicação, como o consumo excessivo de memória e bateria. Durante esta fase de testes foram sugeridas e acordadas novas funcionalidades, assim como modos de actuação. Visto que os testes foram realizados em cenários de uso no terreno, a amostra de utilizadores é reduzida.

Com o seguimento da solução, foram realizados diversos testes de desempenho, relativos à robustez, ou seja, a capacidade de recuperar após eventos indesejados, e aos consumos de memória e bateria. Estes testes foram realizados novamente numa fase final do desenvolvimento.

Com o intuito de validar a aplicação, foram ainda realizadas visitas finais às parcelas com intuito de comparar os dados quando registados com ambas as ferramentas. Por fim, após todo o processo de validação, foram realizados inquéritos onde os técnicos

expressaram a sua opinião relativa à adopção da solução.

5.2 Testes de desempenho

A aplicação passou por diversas versões ao longo do seu desenvolvimento, as quais são apresentadas no eixo temporal da figura 5.1. As versões *alpha* dizem respeito às entregas realizadas durante a fase inicial de desenvolvimento, quando os técnicos tiveram o primeiro contacto com a aplicação e estavam a realizar as visitas mutuamente com a folha de registo em papel e com a aplicação. A primeira versão *beta* diz respeito à versão entregue e testada nas visitas finais de validação, avaliada com inquéritos. Após esta entrega, foram feitas algumas alterações, nomeadamente, a criação de novas funcionalidades, causando impacto nos resultados obtidos nos testes dessa versão. Posto isto, nesta secção são apresentados os resultados da primeira versão *beta*, entregue em Novembro de 2020, terminando com uma comparação aos valores obtidos com a versão mais recente.

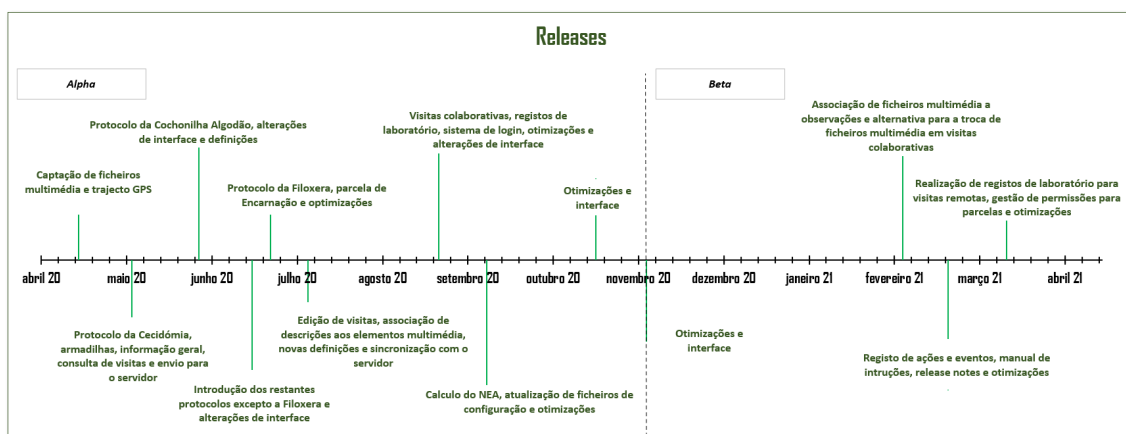


Figura 5.1: Entregas da aplicação FitoAgro

5.2.1 Robustez

Para testar a robustez da aplicação e o mecanismo de recuperação, referido em 4.4, foram realizados diversos ensaios. O registo de informação é o foco da aplicação, pelo qual teve de ser assegurado que os dados seriam salvaguardados perante a ocorrência de um evento inesperado. Assim sendo, foram realizados os testes apresentados de seguida:

- Encerramento forçado da aplicação a meio de uma visita/registos complementares. Todos os dados registados até ao momento do encerro ficaram guardados e o estado da visita/registos complementares foi recuperado. O mesmo comportamento foi obtido durante as edições dos registos.
- Lançamento forçado de uma excepção para causar uma falha na aplicação. Todos os dados registados até ao momento da falha ficaram guardados e o estado foi recuperado.

- Encerramento forçado da aplicação a meio do processo de envio de registos para o servidor. Os registos em falta são enviados no próximo envio.
- Encerramento forçado da aplicação a meio da resolução de um conflito. Ambos os dispositivos ficam com os campos marcados como "não resolvidos". Estes são tidos em conta na troca de registos posterior.

Estes testes foram repetidos antes da entrega de cada versão, assegurando que não foi introduzido nenhum erro que compromettesse os dados. Os encerramentos forçados consistiram em forçar manualmente o fecho da aplicação, sobrecarregar a memória RAM e drenar a bateria do dispositivo. Graças a estes resultados, foi possível garantir a integridade dos dados. Caso o dispositivo do técnico perca a bateria, ou até mesmo force o encerramento da aplicação por falta de memória durante uma actividade sensível, o estado da aplicação até esse mesmo momento é salvaguardado.

5.2.2 Memória interna

A aplicação ocupa 15,04 *Megabytes* no momento da instalação. Após a criação da base de dados e o popular da tabela das parcelas, este valor é incrementado de 170 *Kilobytes*. Na última etapa da inicialização, quando é carregada a porção do mapa relativa à região do Oeste, é registado um aumento de 13,92 *Megabytes*.

Em norma, as visitas são realizadas semanalmente em cada parcela. Por visita, a base de dados é expandida, em média, 250 *Kilobytes*, considerando que são captados pontos GPS contínuos durante 20 minutos. Visto que o período das visitas se inicia em Março e termina em meados de Setembro, são realizadas aproximadamente trinta visitas por cada uma das catorze parcelas. Desta forma, é possível calcular a expansão média anual da base de dados através destes indicadores:

$$250KB * 30 * 14 = 105MB \quad (5.1)$$

Em média, a base de dados é incrementada por 105 *Megabytes* anualmente. Tendo em conta que o projecto FitoAgro só vai ter mais um ano de recolha de dados, a aplicação irá ocupar aproximadamente 134 *Megabytes*. Visto que a aplicação tem como requisito mínimo a versão Android 4.4 (KitKat), a qual contempla dispositivos com armazenamento não volátil mínimo de 2 *Gigabytes* [5], o espaço ocupado é razoável em comparação ao armazenamento disponível.

5.2.3 Memória RAM

Graças ao *Memory Profiler* do Android Studio foi possível detectar os contextos onde os gastos de memória são mais evidentes. Foram realizadas diversas alterações ao longo do desenvolvimento, as quais permitiram reduzir consideravelmente os consumos.

Em norma, os momentos de maior gasto estão associados à utilização das componentes gráficas destacando-se os mapas. A transição entre o contexto estático da página principal, que ocupa cerca de 107 *Megabytes* em memória, para a apresentação do mapa, resulta num aumento próximo de 85 *Megabytes*. Com as actualizações do mapa em tempo real para a detecção da parcela, a aplicação passa a ocupar 263 *Megabytes* em memória. Ao iniciar uma visita, este mapa é descartado da memória e é desencadeado o processo de geração das *views* associadas a cada protocolo, ocupando cerca de 287 *Megabytes* durante esse momento. Numa fase inicial, o contexto da visita ocupava cerca de 308 *Megabytes*, no entanto, ao reutilizar as *views*, descartando a prática de as gerar para cada EOI, e ao retirar o mapa da visita de memória quando este não está a ser utilizado, foi possível reduzir o espaço ocupado para 183 *Megabytes*.

Na tabela 5.1, são apresentados os valores médios obtidos, com recurso ao *Memory Profiler*, em diferentes contextos, no dispositivo Samsung Tab S6 2019 6GB. Em geral, os consumos são ligeiramente altos devido ao recurso abundante de componentes gráficas, utilizadas para apresentar as diversas vistas geradas e os mapas. Visto que a aplicação visa ser utilizada num contexto profissional, ou seja, em momentos que não se prevê consumos paralelos excessivos por parte de outras aplicações, os consumos apresentados são suportados pela maioria dos dispositivos Android.

Contexto	Memória (MB)
Página inicial	107
Mapa inicial sem actualizações	192
Mapa inicial com actualizações	263
Criação das componentes dos protocolos	287
Visita sem mapa	183
Visita com mapa	285
Observações complementares em laboratório	163

Tabela 5.1: Consumo médio total de memória RAM por contexto

5.2.4 Consumos de bateria

Durante o processo de desenvolvimento, foi utilizado o *Energy Profiler* do Android Studio. Esta ferramenta permite monitorizar os consumos de bateria associados às operações que envolvem a utilização do CPU, de rede e dos sensores GPS[18]. Graças ao *Energy Profiler*, foi possível detectar os momentos onde os gastos são mais significativos, estando estes associados à captação dos pontos GPS. Como foi referido em 4.2.3, foi utilizado o *GPS_PROVIDER*, que proporciona a localização mais precisa, no entanto, pode levar a gastos significativos de bateria.

Foi testado o impacto da variação do parâmetro relativo ao intervalo mínimo entre a captação dos pontos. O *Energy Profiler* não apresenta valor concretos, no entanto, divide os consumos em três categorias distintas, *Light*, *Medium* e *High*. Foi testado um intervalo de

valores começando em 1 segundo. Ao atribuir ao parâmetro o valor 1, ocorrem momentos de gasto *Light* associados a cada captação. Ao incrementar apenas um segundo, os gastos atingem o valor *High* em cada momento. A partir do valor 5, não se notam diferenças aparentes nos gastos. Este aumento de bateria está directamente associado à qualidade da informação resultante de cada ponto. Quando o intervalo entre captções é reduzido, o número de satélites observados para captação é ligeiramente menor e a incerteza horizontal maior. Com o aumento do intervalo, a incerteza associada diminui, o que implica maiores gastos [23].

Foram simuladas catorze visitas de vinte minutos, onde em sete destas o parâmetro assumiu o valor de 1 segundo e nas restantes de 5 segundos. Durante as visitas registou-se apenas a informação relativa aos protocolos e o traço GPS. Os testes foram realizados em dois dispositivos distintos, sobre as mesmas condições iniciais, as quais:

- GPS com alta precisão;
- Wi-Fi e dados móveis desligados;
- Luminosidade automática;
- Limpeza prévia da memória RAM;
- Apenas a aplicação FitoAgro ligada.

Foram obtidos os resultados apresentados na tabela 5.2. Independente do intervalo mínimo, os valores rondam um consumo de 5%. Se forem realizadas todas as catorze visitas no mesmo dia, o que não corresponde à realidade, resultaria num gasto de 70%. No entanto, os gastos associados ao intervalo de 5 segundos são ligeiramente mais baixos e o espaço ocupado por estes vai ser cerca de cinco vezes menor. Deste modo, foi definido por defeito um intervalo mínimo de 5 segundos.

Dispositivo	Ano de fabrico	Bateria	Consumo médio de bateria (%) com 1 segundo	Consumo médio de bateria (%) com 5 segundos
Huawei P8 Lite	2015	Li-Ion 2200 mAh	5	4,7
Xiaomi Pocophone F1	2018	Li-Po 4000 mAh	5,4	5,3

Tabela 5.2: Consumo médio de bateria

Visto que os técnicos podem passar um intervalo de tempo considerável a realizar observações no mesmo local, não se justifica a captação de pontos nestas situações. Para tal, foi definida uma distância mínima entre a captação dos pontos para reduzir a amostra dos mesmos. Visto que o ser humano se desloca aproximadamente a 1,25 metros por segundo[27] e foi utilizado um intervalo mínimo de 5 segundos, o técnico deve deslocar-se aproximadamente 6 metros para que seja captado um ponto.

5.2.5 Tempos de sincronização

O tempo de sincronização depende essencialmente de dois factores, a qualidade da rede a ser utilizada e o tamanho total dos ficheiros associados a uma visita.

Foram realizados catorze registos distintos, onde em sete destes foi captada uma fotografia e nos restantes nenhum ficheiro multimédia. Em média, o tamanho das fotografias rondava os 3.8 *Megabytes* e os restantes ficheiros, resultantes da informação extraída da base de dados, cerca de 77 *kylobytes*. Estes registos foram enviados utilizando a tecnologia 4G e posteriormente com o dispositivo ligado a uma rede Wi-Fi NOS com velocidade máxima garantida de 1 *Gigabit* por segundo, através do dispositivo Huawei P8 Lite. Foram obtidos os valores apresentados na figura 5.2 para o tempo de envio médio de uma visita. É importante ter em conta que durante o envio dos dados de uma visita, são realizados pedidos para a criação de directorias no servidor, sendo que o processo só continua após a recepção dos seus identificadores. Em média, é despendido aproximadamente 1 segundo no processo de criação de uma directoria, no entanto, o factor a realçar é o envio de ficheiros multimédia.

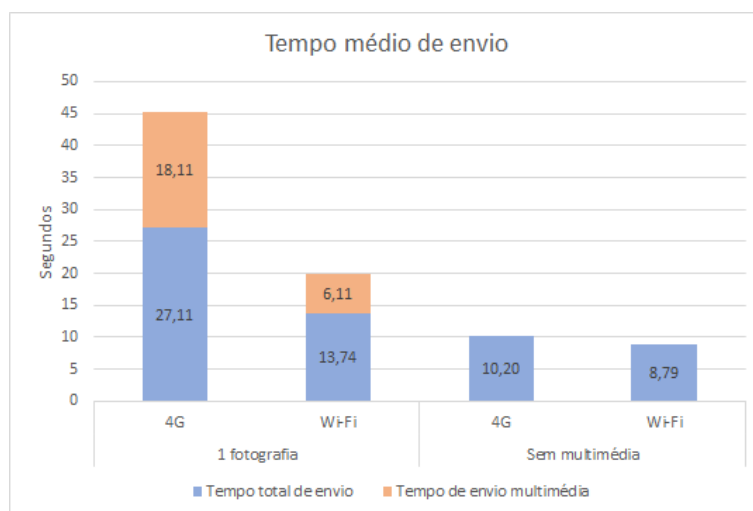


Figura 5.2: Tempo médio de envio de uma visita

5.2.6 Adaptação a diferentes contextos

Não foi possível testar a eficácia dos módulos reutilizáveis noutros projectos, devido ao foco no caso específico do FitoAgro. No entanto, para testar o comportamento perante diferentes contextos foram postos à prova as seguintes situações:

- Adopção de diferentes protocolos com diferentes tipos de dados a registar;
- Adopção de diferentes parcelas com protocolos principais associados.

Para verificar a adaptação a um domínio completamente distinto, foi pensado a criação de protocolos relativos à gestão de piscinas. Assumindo um caso em que existem quatro protocolos distintos para a manutenção das piscinas:

- Protocolo de arranque, que permite registar informação sobre o processo de iniciação da época;
- Protocolo regular, que permite registar informação relativa ao estado geral da piscina, o qual deve ser aplicado com frequência;
- Protocolo de final de época, que permite registar informação relativa ao estado final da piscina no fim da época de utilização;
- Protocolo de situação anómala, que permite registar informação relativa a acontecimentos inesperados.

Todos estes protocolos especificam locais na piscina onde as observações devem ser realizadas e pode ser necessário recolher amostras de água para posterior análise em laboratório. Para além disso, pode ser necessário suportar qualquer registo com a fotografia relativa ao elemento a ser observado.

Este exemplo, por muito distinto do caso do projecto FitoAgro, apresenta um comportamento totalmente compatível com as funcionalidades disponibilizadas pela *framework*. Os registos associados aos locais específicos das piscinas podem ser vistos como as árvores de fruto a observar nas parcelas agrícolas. De igual forma, a análise da água é comparável às observações em laboratório, realizadas em torno da Filoxera, e os elementos multi-média servem exactamente o mesmo propósito. Posto isto, foi possível confirmar que a solução está apta a adaptar as necessidades de recolha de dados baseados em protocolos em outros projectos, até fora do contexto fitossanitário.

5.2.7 Comparação entre versões

Como foi referido no início desta secção, com as alterações realizadas após a primeira versão *beta*, foi necessário refazer alguns testes de modo a comparar o impacto sobre os valores obtidos anteriormente. Posto isto, seguem-se os resultados para cada um dos testes:

- **Robustez:** Ao nível da robustez, foi ajustado o procedimento de recuperação perante falhas para ter em conta as ocorrências registadas até esses momentos. O resultado foi o pretendido.
- **Memória interna:** No momento da instalação, a aplicação passou a ocupar 15,29 *Megabytes*, sendo registado um incremento de 240 *Kilobytes* relativamente à versão anterior. O incremento inicial, resultante da configuração da base de dados e dos mapas, manteve-se igual. Por visita, o incremento da base de dados continua a

ser aproximadamente 250 *Kilobytes*, nas mesmas condições de teste. Posto isto, o armazenamento não foi significativamente afectado com a nova versão da aplicação.

- **Memória RAM:** Devido à adição de uma nova aba ao ecrã da visita, foi necessário voltar a medir os consumos associados a este contexto. Na versão anterior, quando o mapa não estava em memória, o consumo rondava os 183 *Megabytes*, subindo para 285 *Megabytes* quando este era activo. Na nova versão, é registado um consumo de 173 *Megabytes*, atingindo os 278 *Megabytes* quando a aba do mapa é colocada em memória. Seria de esperar que o consumo fosse superior devido à nova aba, no entanto, a aplicação foi ligeiramente otimizada após os testes realizados na primeira versão.
- **Consumos de bateria:** Como foi referido em 5.2.4, a captação de pontos GPS é o factor dominante no consumo de bateria. Visto que o mecanismo de localização não foi alterado, os valores medidos pelo *Energy Profiler* não sofreram um impacto visível, tendo sido obtidos gastos de aproximadamente 5% nas mesmas condições de teste. No entanto, graças aos *logs* associados às visitas realizadas pelos técnicos, foi possível verificar um consumo entre 2% e 3% na maioria das visitas, sendo uma melhoria relativamente aos valores obtidos com os dispositivos de teste.
- **Tempos de sincronização:** A única alteração realizada sobre os ficheiros que são enviados para o servidor está presente no JSON da visita, o qual passou a armazenar a informação relativa às ocorrências. Para verificar o impacto desta alteração, foram realizadas duas visitas na mesma parcela, sendo que, numa destas, foi registada uma ocorrência. Ao comparar os ficheiros JSON, apenas se verificou um incremento de 271 *Bytes* relativamente à visita em que não foi registada nenhuma ocorrência. Como foi referido em 5.2.5, o factor que tem um maior impacto nos tempos de sincronização é a quantidade de ficheiros multimédia. Devido a estes dois aspectos, não foi verificado um impacto significativo nos tempos obtidos na versão anterior.
- **Adaptação a diferentes contextos:** Com a nova versão da aplicação este teste não foi comprometido. No entanto, graças à generalização da criação de resumos, a *framework* está agora apta a gerar resumos para outros contextos de recolha de informação.

5.3 Visitas de validação

Foi acordado a realização de três visitas distintas para abordar diferentes situações de registo de dados e averiguar os dados que são registados com a primeira versão *beta* da aplicação. O objectivo desde processo foi garantir a ausência de divergências entre os dados registados em ambas as ferramentas, com o intuito de propor a substituição efectiva das folhas de registo pela aplicação móvel. Sendo assim, foram considerados dois momentos distintos, os quais:

- Um técnico realiza os registos em papel enquanto que outro utiliza a aplicação;
- Ambos os técnicos realizam a visita com a aplicação recorrendo aos registos colaborativos.

No primeiro caso, após a realização de uma visita, os técnicos trocaram os métodos de registo entre si. Foi ainda solicitado que as visitas fossem realizadas com o GPS ligado e que fossem captados alguns momentos fotográficos. Foi pedido que os utilizadores seguissem um procedimento, composto por um desencadeamento de tarefas, que permitiu abranger as funcionalidades principais da aplicação:

1. Iniciar uma visita;
2. Consultar os resumos das visitas anteriores;
3. Registrar informação relativa aos protocolos, navegando pelos EOIs;
4. Associar ficheiros multimédia;
5. Sincronizar os registos entre os dispositivos, apenas na terceira visita;
6. Terminar a fase de observações da visita;
7. Registrar informação geral à realização da visita (estado fenológico, presença de chuva, tratamentos e calibre);
8. Terminar efectivamente a visita, com uma última sincronização na terceira visita;
9. Consultar a informação da visita;
10. Accionar manualmente o envio dos registos para o servidor.

Após a conclusão das visitas, os registos em papel foram digitalizados e colocados numa pasta apropriada da Google Drive e os registos da aplicação enviados para o servidor. Para resumir a informação obtida nas visitas, foi formulada a tabela 5.3, complementada da informação das contagens na figura 5.3. As duas primeiras linhas correspondem às visitas que foram realizadas simultaneamente com a folha de registo e com aplicação. A bateria consumida é ligeiramente mais baixa do que os resultados que foram obtidos em 5.2.4, no entanto, a duração da visita é também menor. Em ambas houve a captação de ficheiros multimédia, no entanto, apenas fotografias, e o levantamento de vários protocolos. Na visita à parcela BB foi registado um traço GPS com número elevado de pontos (figura 5.4a), em comparação à visita na parcela QR (figura 5.4b).

Os restantes registos correspondem à visita realizada de forma colaborativa, no qual foi obtida a mesma informação nos registos de ambos os dispositivos. Ao contrário do que seria esperado, estas visitas tiveram uma duração superior às restantes, pois foram detectadas mais pragas, implicando um maior número de registos, incluindo elementos

multimédia. Para além disso, ocorreram quatro momentos de troca de registos e foi a primeira vez que os técnicos fizeram uso da funcionalidade de registos colaborativos. Durante esta visita surgiu uma situação relativa à troca dos ficheiros multimédia. Visto que um dos utilizadores captou um número considerável de fotografias, o processo de envio destes ficheiros alongou-se, pelo qual os técnicos ficaram impacientes. Para evitar tais demoras, optaram por desactivar a preferência relativa à troca destes ficheiros, terminando a visita sem realizar a troca. Relativamente ao traço GPS, em ambos os dispositivos foi registado um número aproximado de pontos, os quais são apresentados em conjunto na figura 5.4c.

Por fim, foram processados os registos da aplicação, gerando as suas folhas de registo. A folha relativa à parcela BB coincidiu com os registos originais, no entanto, na restante foram registadas duas contagens a menos de uma das pragas na aplicação. Visto que foi registada informação no EOI associado, comunicou-se aos técnicos a situação, concluindo-se que foi um engano por parte destes durante os registos.

POB	Duração (m)	Protocolos observados	Ficheiros multimédia	Pontos GPS	Consumo de bateria (%)	Trocas de registos
BB	15	3	2	40	3	0
QR	13	2	3	12	3	0
TER	23	5	1	13	3	4
TER	23	5	6	16	3	4

Tabela 5.3: Resultados das visitas de validação

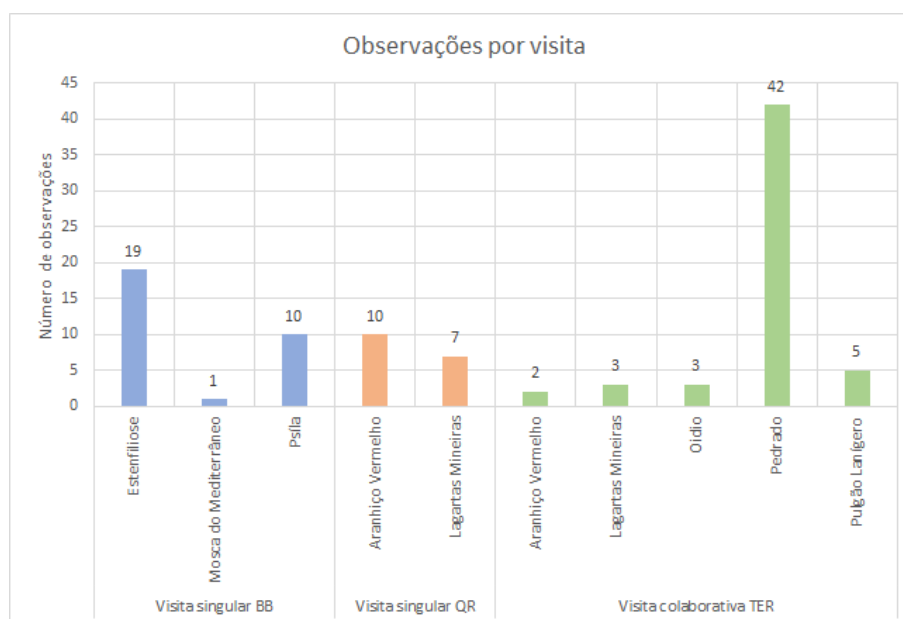


Figura 5.3: Observações registradas nas visitas de validação



(a) Trajecto BB



(b) Trajecto QR



(c) Trajectos TER

Figura 5.4: Trajectos obtidos nas visitas de validação

5.4 Inquéritos

Após a realização das visitas de validação da aplicação, foram criados inquéritos de usabilidade com o intuito de entender o impacto da sua adopção. Foi tido em conta a *System Usability Scale* (SUS). Esta escala consiste numa lista de dez afirmações, com respostas expressas por um valor contido na escala de *Likert*, utilizada para expressar o nível de concordância com uma determinada afirmação, ao seleccionar uma opção de entre cinco valores possíveis, sendo que o primeiro valor é interpretado como "discordo totalmente" e o quinto como "concordo totalmente"[6]. As afirmações utilizadas são as seguintes:

1. Gostaria de utilizar o sistema regularmente;
2. O sistema é desnecessariamente complexo;
3. O sistema é fácil de utilizar;
4. Necessito da ajuda de um profissional para utilizar o sistema;
5. Considero que várias funcionalidades foram bem integradas;
6. O sistema tem muitas inconsistências;
7. Penso que a maioria das pessoas seria capaz de aprender a utilizar rapidamente o sistema;
8. O sistema é muito complicado de utilizar;
9. Senti-me confiante ao utilizar o sistema;
10. Preciso de aprender sobre vários assuntos antes de estar apto a utilizar este sistema.

Dependendo do índice da afirmação, é aplicada uma regra distinta para o cálculo da classificação. Se o índice for um número ímpar, é somado ao resultado o valor da resposta subtraído de uma unidade. Caso contrário, o valor somado é calculado ao subtrair a 5 o valor da resposta. O resultado obtido é multiplicado pela constante 2,5 obtendo-se um valor compreendido entre 0 e 100. O resultado final é obtido calculando a média dos resultados de todos os utilizadores, sendo este interpretado consoante o gráfico apresentado na figura 5.5.

Assim sendo, foi criado um inquérito com as afirmações referentes à SUS juntamente de outras que permitiram avaliar a facilidade e utilidade das funcionalidades chave da aplicação. Estas funcionalidades dizem respeito à realização das visitas com associação de ficheiros multimédia e registos colaborativos, à complementaridade dos registos com observações em laboratório e à consulta dos dados registados. As afirmações são as seguintes:

1. Considero fácil iniciar uma visita;
2. Considero fácil anular uma visita;
3. Considero úteis os resumos das visitas realizadas na parcela da visita;
4. Considero fácil consultar os resumos das visitas realizadas na parcela da visita;
5. Considero fácil encontrar o campo desejado para registar os dados;
6. Considero que a aplicação permite registar eficientemente os dados necessários;
7. Considero útil a associação de fotografias;
8. Considero fácil a associação de fotografias;
9. Considero útil a associação de anotações vocais;
10. Considero fácil a associação de anotações vocais;
11. Considero útil a associação de descrições aos ficheiros multimédia;
12. Considero fácil a associação de descrições aos ficheiros multimédia;
13. Considero útil a realização de registos de forma colaborativa;
14. Considero fácil a realização de registos de forma colaborativa;
15. Considero fácil realizar uma visita;
16. Considero útil a associação de registos complementares em meio laboratorial
17. Considero fácil a associação de registos complementares em meio laboratorial
18. Considero fácil consultar a listagem das visitas;
19. Considero fácil consultar a informação de uma visita.

Adicionalmente, foram criadas afirmações para avaliar a satisfação e as previsões dos utilizadores ao substituir o método de registo em papel pela aplicação móvel, as quais:

1. Penso que a adopção da aplicação vai permitir diminuir o tempo de realização das visitas;
2. Penso que a adopção da aplicação vai permitir diminuir a inserção de dados errados;
3. Prefiro utilizar a aplicação em vez da folha de registo.

Para terminar, foram criadas duas afirmações de resposta livre para o utilizador indicar as dificuldades encontradas e possíveis sugestões para futuras versões.

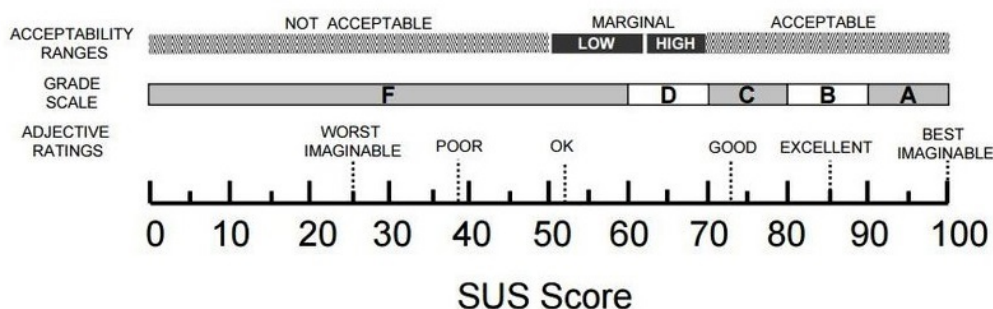


Figura 5.5: Gráfico SUS [6]

5.4.1 Resultados SUS

Na figura 5.6 são apresentadas as classificações obtidas nas afirmações relativas à SUS. Como se pode observar, três afirmações destacam-se pela negativa, enquanto que as restantes seguem o mesmo padrão. A afirmação "O sistema é desnecessariamente complexo" obteve a classificação média mais baixa, o que pode dever-se ao facto de que os utilizadores estavam habituados às folhas de registo, uma ferramenta simples de utilizar, e passaram a utilizar uma ferramenta mais complexa, que implica interação para navegar entre os diferentes protocolos. As afirmações "Necessito de ajuda de um profissional para utilizar o sistema" e "Preciso de aprender sobre vários assuntos antes de estar apto a utilizar este sistema" são as restantes afirmações com a classificação mais baixa, devendo-se ao facto de que a aplicação foi desenvolvida especificamente para técnicos de campo, não sendo totalmente intuitiva nem de fácil utilização para utilizadores que não recebam uma explicação prévia das suas funcionalidades.

Para concluir, foi obtida uma pontuação média de 71,25. Segundo a escala apresentada em 5.5, a solução é classificada como C, sendo uma solução aceitável, no limite de ser considerada uma "boa" solução.

5.4.2 Análise das funcionalidades

As afirmações relativas às funcionalidades foram divididas em dois grupos, as afirmações que avaliam a facilidade (5.7) e as que avaliam a utilidade (5.8).

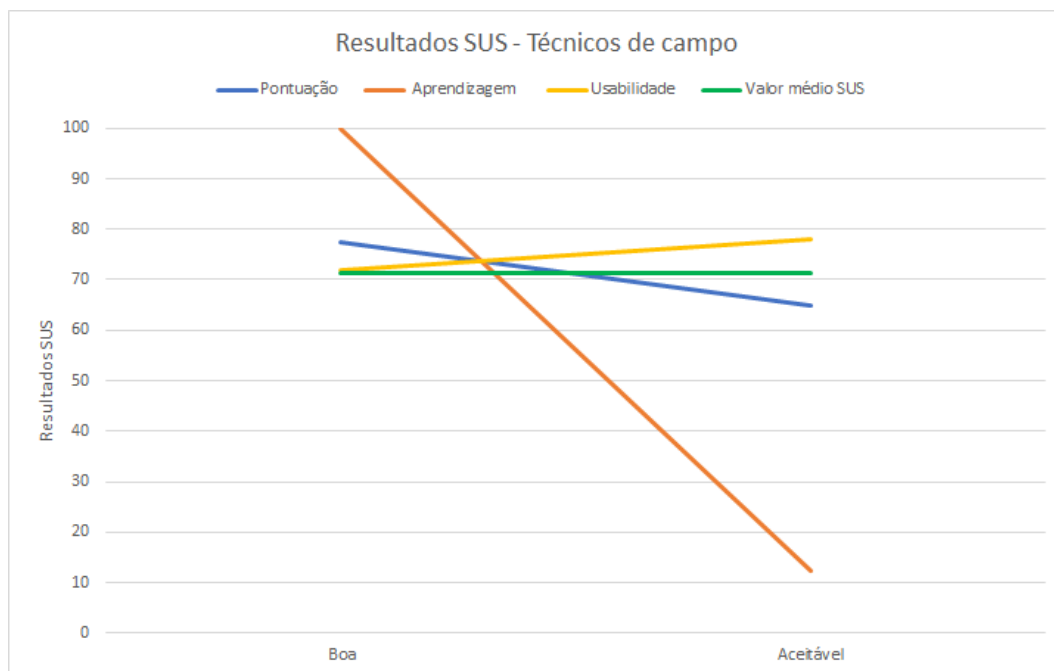
Em norma, os técnicos acordam que todas as funcionalidades são fáceis de executar, tornando a aplicação fácil de utilizar. Visto que nas afirmações do SUS ficou claro que a aplicação necessita de explicação prévia para ser utilizada, pode concluir-se que após entender as funcionalidades da aplicação estas tornam-se triviais de reproduzir.

A maioria das funcionalidades apresentam uma utilidade alta, sendo que os registos colaborativos se destacam pela positiva e as anotações vocais pela negativa. Os técnicos mostraram-se muito interessados nos registos colaborativos quando esta funcionalidade foi anunciada, o que se confirma através da unanimidade de concordância com esta afirmação. Pelo contrário, não se mostraram muito interessados em realizar anotações vocais,

pois não é uma prática actual, no entanto, é esperado que com a utilização frequente da aplicação, surja a necessidade e a vontade de associar estes elementos aos registos.

Afirmação\Utilizador	1	2
Gostaria de utilizar o sistema regularmente	3	3
O sistema é desnecessariamente complexo	1	2
O sistema é fácil de utilizar	3	3
Necessito da ajuda de um profissional para utilizar o sistema	4	1
Considero que várias funcionalidades foram bem integradas	3	3
O sistema tem muitas inconsistências	3	3
Penso que a maioria das pessoas seria capaz de aprender a utilizar rapidamente o sistema	3	4
O sistema é muito complicado de utilizar	4	4
Senti-me confiante ao utilizar o sistema	3	3
Preciso de aprender sobre vários assuntos antes de estar apto a utilizar este sistema	4	0
	31	26
	77,5	65

(a) Tabela de valores



(b) Gráfico de linhas

Figura 5.6: Resultados SUS

5.4.3 Satisfação e previsões

Para terminar, foram avaliadas as respostas obtidas nas afirmações relativas à satisfação e previsões futuras (figura 5.9).

Ambos os técnicos expressaram média a pouca concordância com a afirmação "Penso que a adopção da aplicação vai permitir diminuir o tempo de realização das visitas". Como já foi referido, existe uma grande eficiência na realização dos registos através do papel, pelo qual é difícil prever se estes tempos vão ser melhorados com a adopção da aplicação. Relativamente ao melhoramento dos dados registados, é expressa uma maior

concordância, pois ao longo do projecto têm sido detectados diversos erros resultantes da transcrição das folhas de registo para a Google Drive, o que vai deixar de ser uma prática com a adopção da aplicação. Por fim, ambos os técnicos mostraram grande interesse em adoptar a aplicação móvel como o método de registos definitivo.

Em relação às perguntas de resposta aberta, as quais solicitavam a indicação de dificuldades e possíveis sugestões para versões futuras, nenhum dos utilizadores se expressou, sendo assumido que não foram encontradas nenhuma dificuldades significantes durante a realização das visitas e todas as funcionalidades actuais satisfazem as suas necessidades.

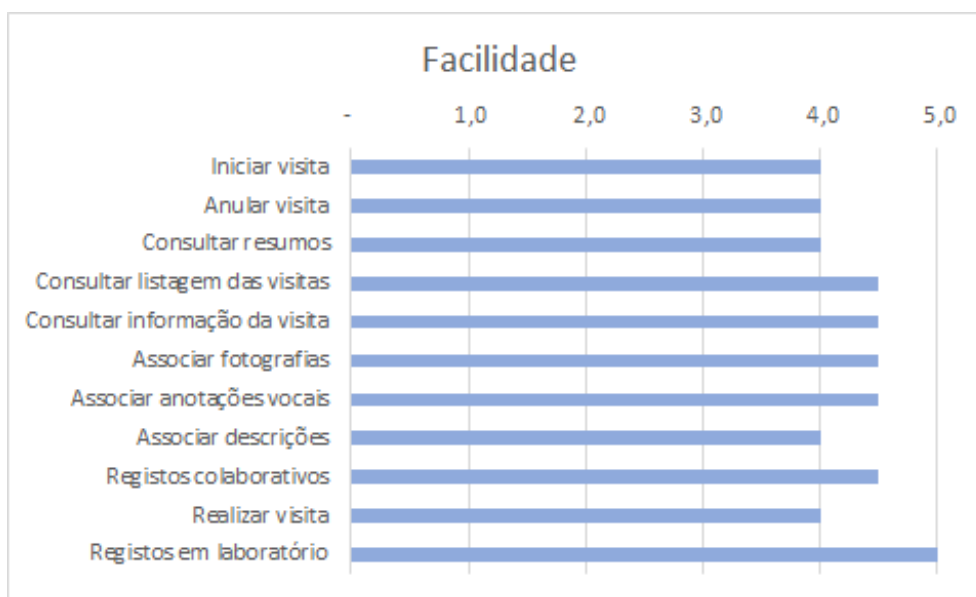


Figura 5.7: Resultados de facilidade

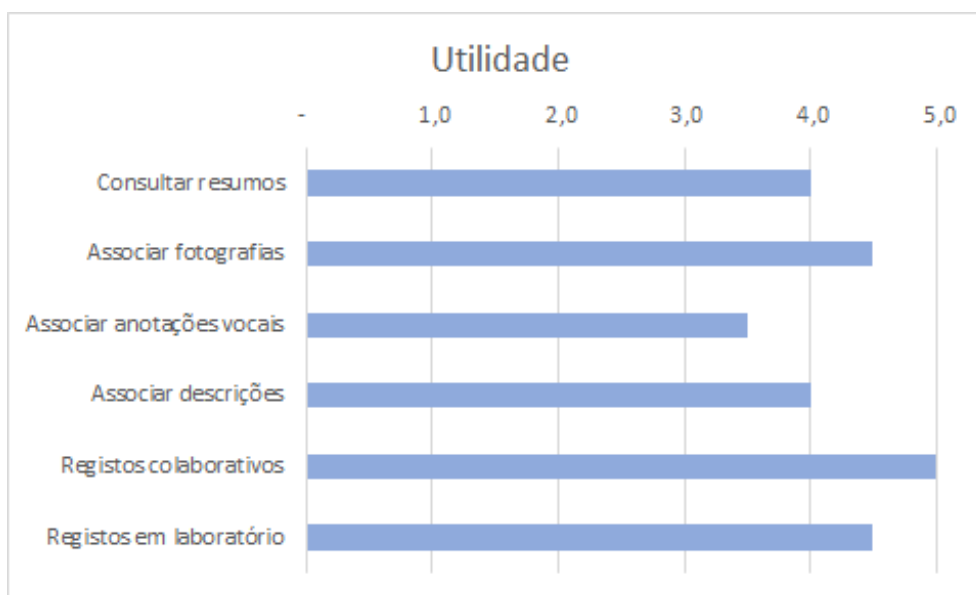


Figura 5.8: Resultados de utilidade

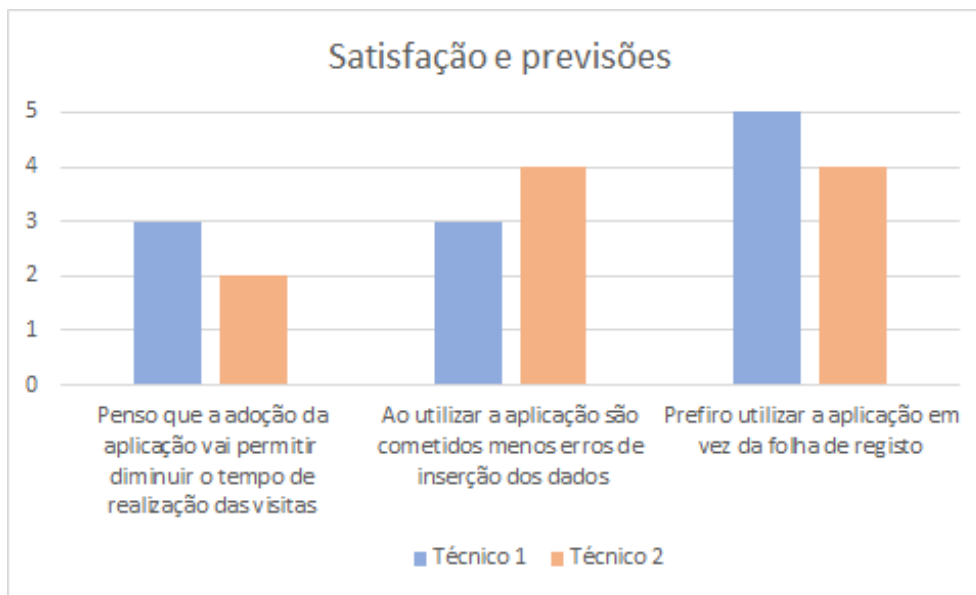


Figura 5.9: Resultados de satisfação e previsões futuras

5.5 Conclusão

A diversidade de testes realizados sobre a aplicação móvel, tanto na sua vertente FitoAgro, como sobre a vertente genérica, permitiram concluir que a solução desenvolvida apresenta o comportamento desejado.

A aplicação FitoAgro está preparada para recuperar o estado após a ocorrência de eventos inesperados, salvaguardando toda a informação relevante associada ao contexto de recolha. Os consumos de bateria são compatíveis com a frequência de realização das visitas, pois se fossem realizadas todas as visitas da semana num só dia, num dispositivo com uma capacidade semelhante aos que foram utilizados para os testes, a bateria drenada aproximar-se-ia dos 70%. A aplicação ocupa pouco espaço no dispositivo, contudo, os consumos de memória são ligeiramente altos, devido à grande utilização da componente gráfica do dispositivo, no entanto, visto que é utilizada num contexto profissional, prevê-se que a memória do dispositivo não seja sobrecarregada com outras aplicações durante a sua utilização. Relativamente ao envio dos registos, devido à natureza do servidor, o processo pode demorar alguns segundos mesmo quando não são enviados ficheiros multimédia. Caso sejam enviadas as visitas semanais em simultâneo, o processo pode ser demorado, no entanto, em relação aos intervalos de tempo associados à transcrição das folhas, a solução fornecida apresenta um cenário onde a integração dos dados no sistema é quase imediata. Por fim, os testes realizados para averiguar a adaptação da componente genérica a novos protocolos e parcelas foi um sucesso, no entanto, não foi possível utilizar casos reais relativos a outros projectos.

A realização das visitas de validação e consequentemente dos inquéritos permitiu concluir que as funcionalidades disponibilizadas na aplicação são consideradas úteis e facilmente executáveis. Além disso, foi possível validar a aplicação segundo a SUS e os

utilizadores expressaram uma grande vontade de adoptar o uso da aplicação de forma definitiva. Para além destes dois técnicos, surgiu o interesse por parte de outras entidades associadas ao projecto de adoptar o uso da aplicação, tendo sido estabelecidas regras para o seu uso, garantido que todos os técnicos operam de forma semelhante, com o mesmo empenho e as mesmas responsabilidades.

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Este capítulo sumariza os objectivos atingidos ao longo desta dissertação (6.1). Para além disso, são enumerados alguns aspectos que podem ser uma mais valia para uma futura versão da *framework* e da vertente FitoAgro (6.2).

6.1 Conclusão

O sistema desenvolvido nesta dissertação teve dois grandes objectivos. O primeiro consistiu em contribuir para o sucesso do projecto FitoAgro, para que este atinja as metas que foram definidas. O segundo objectivo, de igual importância, foi deixar uma ferramenta base para a criação de soluções que implicam registos de dados em campo conforme protocolos de recolha de informação. Esta ferramenta tem capacidade de lidar com a criação e alteração da informação relativa aos protocolos de recolha de informação e às zonas de interesse, de modo a adaptar o contexto de recolha, sem que haja a necessidade de modificar a implementação base.

O primeiro objectivo foi concretizado. Os técnicos do projecto, os quais acompanharam o desenvolvimento da solução específica ao FitoAgro, acolheram de braços abertos o uso da aplicação tendo em conta que, mesmo estando habituados a realizar os registos em papel, a longo prazo, esta nova ferramenta será uma mais valia que lhes vai proporcionar melhores condições de operação, dados de melhor qualidade e uma ferramenta para visualizar os dados que são registados. Após a apresentação da solução às restantes entidades que fazem parte do projecto, surgiu o interesse de estender o uso da aplicação a outros técnicos, o que é bastante satisfatório.

Infelizmente, não foi possível usufruir da *framework* para criar uma solução apta a outro projecto do domínio. No entanto, a forma genérica como esta foi implementada e graças aos testes que foram realizados durante o processo de desenvolvimento, é possível

afirmar que este objectivo foi de igual forma concretizado. Para além disso, a implementação da ProtoCollector FitoAgro, recorreu à biblioteca disponibilizada pela *framework*, sendo que as necessidades associadas ao registo de dados foram satisfeitas graças à flexibilidade da definição dos protocolos de recolha de informação. Sendo assim, esta dissertação permitiu disponibilizar uma ferramenta apta à criação de soluções de registo de dados.

Para concluir, considero que o sistema desenvolvido foi um sucesso como um todo. Aspiro que a aplicação FitoAgro seja usufruída pelas várias entidades que fazem parte do projecto e que a base deixada para a criação de aplicações seja utilizada para desenvolver soluções que contribuam para o sucesso de futuros projectos.

6.2 Trabalho futuro

Com a evolução do estado da solução foram tomadas decisões que priorizaram o desenvolvimento das funcionalidades apresentadas ao longo desta dissertação, consequentemente algumas ficaram em segundo plano. Nesta secção são apresentadas possíveis extensões, a realizar futuramente, para aprimorar o sistema e consequentemente a sua utilidade.

6.2.1 Definir *helpers*

Com a extensão da aplicação FitoAgro a outras entidades, é importante garantir que todos os técnicos operam de forma semelhante. Como os dois técnicos que testaram a aplicação já estavam familiarizados com a totalidade dos protocolos, não houve necessidade de definir *helpers*, no entanto, os novos técnicos podem não ter conhecimento do modo de operação de cada protocolo. Desta forma, torna-se importante definir uma documentação de apoio, para cada protocolo existente, de forma a auxiliar o utilizador durante a execução dos protocolos. A *framework* e, consequentemente, a aplicação FitoAgro, estão preparadas para processar a configuração destes elementos, sendo apenas necessário que sejam definidos pelo projecto, respeitando o formato apresentado em 4.1.1.

6.2.2 Visitas colaborativas com N intervenientes

Como foi referido em 5.1, a aplicação foi utilizada apenas por dois técnicos em simultâneo. A actual solução apenas permite accionar o processo de registos colaborativos com um dispositivo por visita, limitando os intervenientes a dois técnicos. Visto que se tenciona estender a solução a outras entidades, a adaptação do processo para permitir a intervenção de N utilizadores permitira uma divisão de tarefas em maior escala.

6.2.3 Visualizações de dados

Ao longo do projecto têm sido desenvolvidas visualização de dados para abordar diversos aspectos associados às pragas principais do projecto, assim como informação relativa às estações meteorológicas e aos modelos de previsão. Ao disponibilizar dinamicamente

na aplicação estas visualizações, os técnicos teriam à sua disposição uma ferramenta adicional para consultar os dados e tirar conclusões sobre a evolução dos registos ao longo da campanha.

6.2.4 Incorporação de comentários

Os comentários realizados no *website* podem enriquecer a informação associada aos elementos multimédia e complementar as notas da visita com informação útil, registada por diferentes utilizadores. Seria uma mais valia sincronizar os comentários realizados no *website* com a vertente móvel FitoAgro, para que os técnicos possam consultar essa informação na aplicação, tanto na informação das visitas, como nos resumos das visitas anteriores à parcela.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *A agricultura e as alterações climáticas*. Acedido em 24/11/2020. URL: <https://www.eea.europa.eu/pt/sinais-da-aea/sinais-2015/artigos/a-agricultura-e-as-alteracoes-climaticas>.
- [2] *About GitHub Pages*. Acedido em 11/11/2020. URL: <https://docs.github.com/en/free-pro-team@latest/github/working-with-github-pages/about-github-pages>.
- [3] *AgroAtlas - Pests - Grapholita molesta*. Acedido em 06/02/2020. URL: http://www.agroatlas.ru/en/content/pests/Grapholita_molesta/index.html.
- [4] *Agroptima, a farm register in your mobile device*. Acedido em 13/11/2020. URL: <https://www.greenappsandweb.com/en/android-en/agroptima-a-farm-register-in-your-mobile-device/>.
- [5] *Android 4.4 Compatibility Definition*. Acedido em 28/11/2020. URL: <https://source.android.com/compatibility/4.4/android-4.4-cdd.pdf>.
- [6] A. Bangor, T. Staff, P. Kortum, J. Miller e T. Staff. “Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale”. Em: *Journal of usability studies* 4.3 (2009), pp. 114–123. ISSN: 1931-3357.
- [7] *Biorede - Metamorfose Hemimetabólica*. Acedido em 27/12/2019. URL: <http://www.biorede.pt/page.asp?id=1549>.
- [8] *Biorede - Metamorfose Holometabólica*. Acedido em 27/12/2019. URL: <http://www.biorede.pt/page.asp?id=1550>.
- [9] D. V. P. Canário. *A problemática das cochonilhas-algodão em cultura protegida de hortícolas na região Oeste*. Acedido em 27/12/2019. 2016. URL: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/12113>.
- [10] *Cecidómia - Dasineura pyri Bouché*. Acedido em 27/12/2019. URL: <https://infoagro.cothn.pt/portal/index.php?id=1307>.
- [11] *Datatypes in SQLite*. Acedido em 15/01/2020. URL: <https://www.sqlite.org/datatype3.html>.
- [12] *Easy-to-use Agricultural Management Software and Application | Agroptima*. Acedido em 15/11/2019. URL: <https://www.agroptima.com/en/>.

- [13] *Filoxera - Aphanostigma pyri Chol.* Acedido em 27/12/2019. URL: <https://infoagro.cothn.pt/portal/index.php?id=1320>.
- [14] *FitoAgro.* Acedido em 29/11/2020. URL: <https://inovacao.rederural.gov.pt/grupos-operacionais/13-projectos-grupos-operacionais/87-fitoagro>.
- [15] *Fulcrum | Mobile Form Builder Data Collection App.* Acedido em 15/11/2019. URL: <https://www.fulcrumapp.com/>.
- [16] *GPX - GPS Exchange Format.* Acedido em 10/01/2020. URL: <https://gdal.org/drivers/vector/gpx.html>.
- [17] *INRA Science Impact.* Acedido em 27/12/2019. URL: <http://www.inra.fr/>.
- [18] *Inspecionar o uso de energia com o Energy Profiler.* Acedido em 11/11/2020. URL: <https://developer.android.com/studio/profile/energy-profiler>.
- [19] João Santos Simões. *Utilização de Produtos Fitofarmacêuticos Na Agricultura.* 2005, p. 104. ISBN: 9728589484.
- [20] S. Lee. "Creating and using databases for Android applications". Em: *International Journal of Database and theory Application* 5.2 (2012), pp. 99–106.
- [21] *Magpi.* Acedido em 13/11/2020. URL: <https://www.magpi.com/>.
- [22] *Novo Lepidóptero - Grapholita molesta Busck.* Acedido em 06/02/2020. URL: <https://infoagro.cothn.pt/portal/index.php?id=1879>.
- [23] *Optimize location for battery.* Acedido em 28/11/2020. URL: <https://developer.android.com/guide/topics/location/battery>.
- [24] *PestFax (Western Australia).* Acedido em 07/01/2020. URL: <https://www.agric.wa.gov.au/apps/pestfax-western-australia>.
- [25] *Projeto SafeBrócolo.* Acedido em 15/11/2019. URL: <https://safebrocolo.webnode.pt/>.
- [26] *ResearchGate - Screenshots of the Fulcrum App.* Acedido em 13/11/2020. URL: https://www.researchgate.net/figure/Screenshots-of-the-Fulcrum-App-for-Mobile-Data-Collection-June-2018_fig1_331238330.
- [27] M. Schimpl, C. Moore, C. Lederer, A. Neuhaus, J. Sambrook, J. Danesh, W. Ouwehand e M. Daumer. "Association between Walking Speed and Age in Healthy, Free-Living Individuals Using Mobile Accelerometry—A Cross-Sectional Study". Em: *PLOS ONE* 6.8 (ago. de 2011), pp. 1–7. DOI: 10.1371/journal.pone.0023299. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023299>.
- [28] *The GeoFarmer App.* Acedido em 13/11/2020. URL: <https://home.geofarmer.org/>.
- [29] *Visão geral do Bluetooth de baixa energia.* Acedido em 11/11/2020. URL: <https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth-le>.

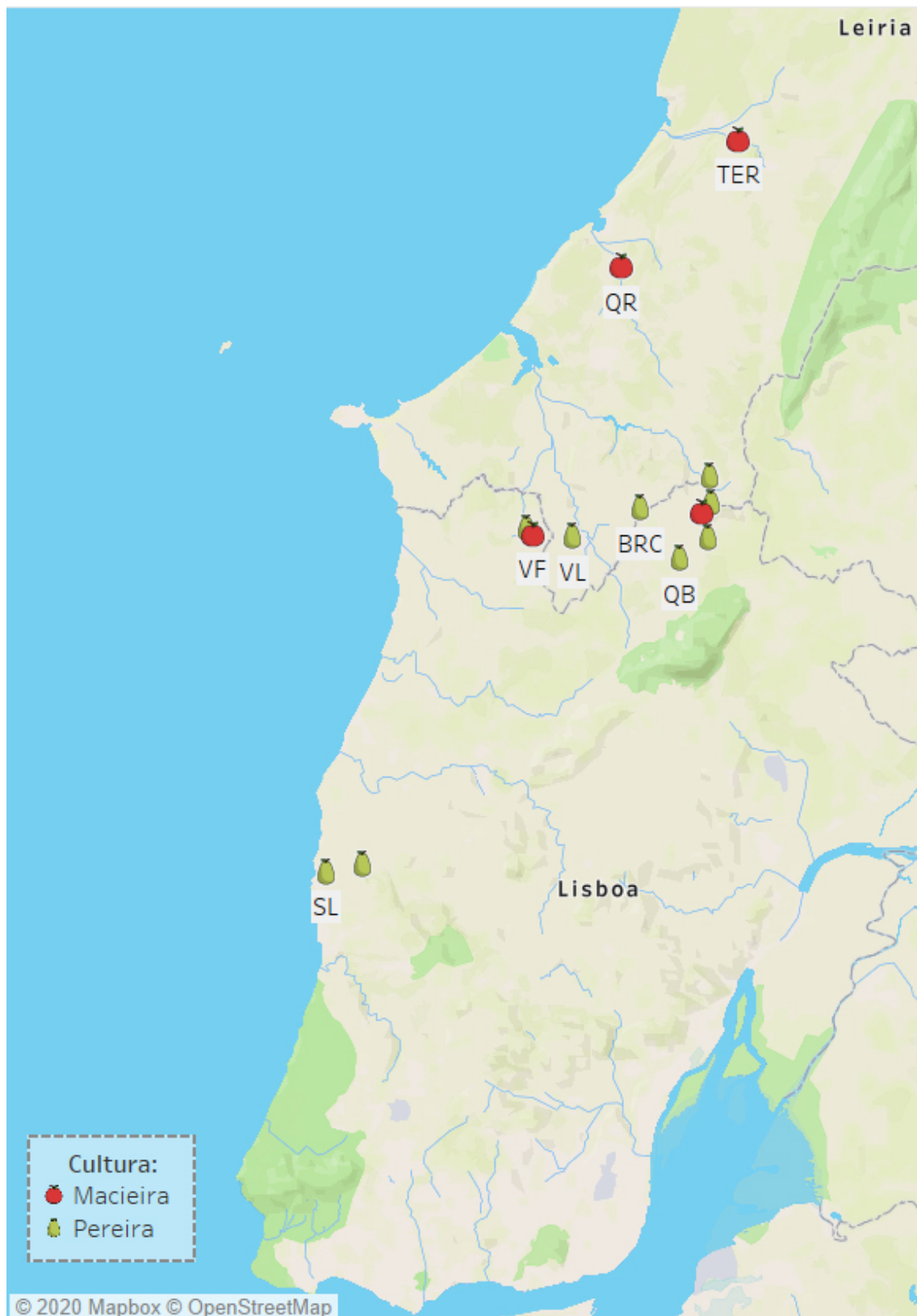
- [30] *Vitiplan*. Acedido em 07/01/2020. URL: <https://croscience.bayer.pt/internet/noticias/noticia.asp?id=832>.

A P Ê N D I C E



LOCALIZAÇÃO DOS POBs

APÊNDICE A. LOCALIZAÇÃO DOS POBS



APÊNDICE



FOLHA GENERALISTA

A P Ê N D I C E



FOLHA GENERALISTA PREENCHIDA À MÃO

A P Ê N D I C E



FOLHA DE REGISTO DA FILOXERA NA PARCELA
ENCARNAÇÃO

E.M.		Cinta	Obs.	E.M.		Cinta	Obs.	E.M.		Cinta	Obs.	E.M.		Cinta	Obs.	E.M.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
F.S	N			O	F.S			N	O			F.S	N			O	F.S	N	O	F.S	N	O																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		A1	T			A1	T			A1	T			A1	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A2	T			A2	T			A2	T			A2	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A3	T			A3	T			A3	T			A3	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2			
		p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A2	T			A2	T			A2	T			A2	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A3	T			A3	T			A3	T			A3	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																					
		p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A2	T			A2	T			A2	T			A2	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A3	T			A3	T			A3	T			A3	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																							
		T				T				T				T						A2	T			A2	T			A2	T			A2	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A3	T			A3	T			A3	T			A3	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																									
		A2	T			A2	T			A2	T			A2	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A3	T			A3	T			A3	T			A3	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																											
		p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A3	T			A3	T			A3	T			A3	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																													
		p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A3	T			A3	T			A3	T			A3	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																															
		T				T				T				T						A3	T			A3	T			A3	T			A3	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																	
		A3	T			A3	T			A3	T			A3	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																			
		p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																					
		p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																							
		T				T				T				T						A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																									
		A4	T			A4	T			A4	T			A4	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																											
		p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																													
		p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																															
		T				T				T				T						A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		A5	T			A5	T			A5	T			A5	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		T				T				T				T						A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		A6	T			A6	T			A6	T			A6	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		T				T				T				T						A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		A7	T			A7	T			A7	T			A7	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		T				T				T				T						A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		A8	T			A8	T			A8	T			A8	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		T				T				T				T						A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		A9	T			A9	T			A9	T			A9	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		p2				p2				p2				p2						T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		T				T				T				T						A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		A10	T			A10	T			A10	T			A10	T					p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		p1				p1				p1				p1						p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		p2				p2				p2				p2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															