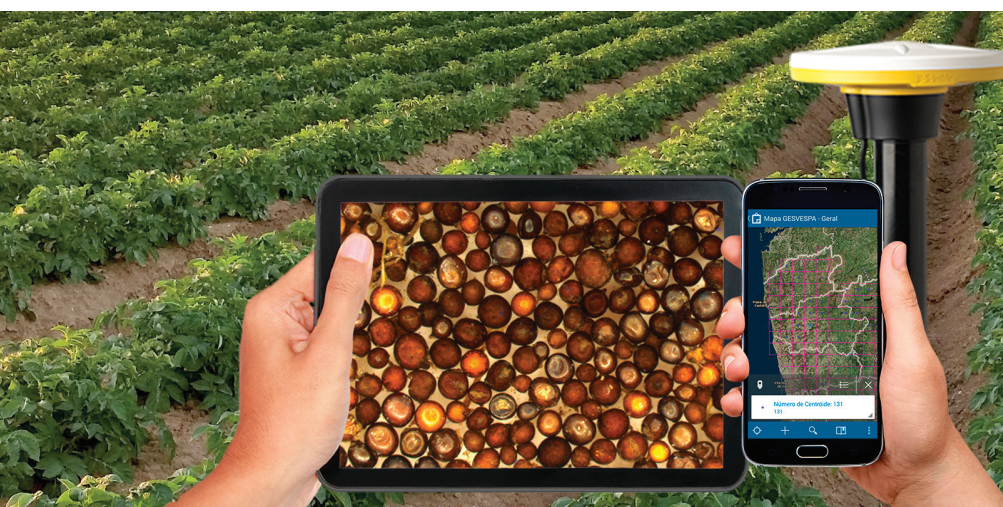


SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO CONTROLO FITOSSANITÁRIO



**Maria João Camacho¹,
João Fernandes², Eugénia de Andrade³,
Luís Mendes², Maria L. Inácio¹**

Instituto Nacional de Investigação
Agrária (INIAV, I.P.)

¹ Laboratório de Nematologia (NemaINIAV)

² Departamento de Logística e Sistemas
de Informação (DLSI)

³ Laboratório de OGM e Biologia Molecular

INTRODUÇÃO

Agricultura de precisão, digitalização e mecanização agrícola são assuntos que estão cada vez mais na ordem do dia e que se revelam fundamentais para a competitividade do setor agrícola. O recurso crescente a equipamentos de alta precisão e a plataformas digitais torna, assim, este setor mais inteligente, seguro, moderno e sustentável.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são modelos da realidade onde é possível relacionar a informação disponível sobre um tema, tendo por base a localização. Os SIG, através de procedimentos computacionais que fornecem recursos para trabalhar dados georreferenciados, permitem produzir modelos preditivos e respostas integradas. A informação geográfica deve ser entendida como uma ferramenta que engloba dados de diferentes naturezas sobre uma representação cartográfica, suscetíveis de posterior análise espacial, podendo contribuir para a solução de problemas de planeamento e gestão.

As tecnologias de gestão de dados são uma inovação em vários setores económi-

cos, incluindo o setor agrícola. A agricultura inteligente, ou *smart farming*, é o novo desafio que os produtores terão de acompanhar, mais cedo ou mais tarde.

«A agricultura inteligente, ou *smart farming*, é o novo desafio que os produtores terão de acompanhar, mais cedo ou mais tarde»

SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E OS SISTEMAS AGRÁRIOS

A importância dos SIG para o setor agrícola é evidente e a sua utilização começa a tornar-se quotidiana nos campos de produção em Portugal. Com esta tecnologia é possível editar e atualizar cartografia digital e os cadastros das propriedades rústicas, assim como orientar as atividades nas explorações agrícolas. Como exemplos dessa orientação, destacam-se a condução assistida e automática GPS das máquinas agrícolas, o controlo automático da largura de trabalho, a mobilização seletiva do solo, a análise de quebras de produtividade através da identificação e eliminação de fatores limitantes locais, o acompanhamento em tempo-real do desenvolvimento vegetativo das culturas, a fertilização, correção de pH e a rega diferenciadas, a aplicação seletiva de tratamentos fitossanitários, entre outras utilizações.

Através da produção, análise e armazenamento da informação geográfica e alfanumérica de suporte à decisão é possível

melhorar a produtividade e a qualidade das atividades inerentes à agricultura, tendo em vista uma agricultura sustentável.

CONTROLO FITOSSANITÁRIO

A Organização das Nações Unidas (ONU) declarou 2020 como o Ano Internacional da Fitossanidade. Esta resolução destaca a importância da sanidade vegetal, para melhorar a segurança alimentar, proteger o ambiente e a biodiversidade e impulsionar o desenvolvimento económico.

Um controlo fitossanitário eficaz, alternativo ao uso de substâncias químicas de síntese, permite diminuir a aplicação de produtos fitofarmacêuticos para a eliminação e/ou controlo das pragas e doenças das plantas. Esta medida não só se encontra em linha com as novas diretivas comunitárias e com a redução de substâncias ativas autorizadas, como também torna as culturas agrícolas e florestais mais saudáveis e mais seguras.

Num contexto em que a sociedade se modifica, interliga e automatiza a grande velocidade, a deteção e o controlo de organismos prejudiciais para as plantas com risco fitossanitário torna-se incontornável. Após a identificação de um risco, é crucial conceber e desenvolver modelos de análise e fluxos de trabalho para mitigação dos potenciais danos associados, geradores de perda económica. Com os SIG é possível gerir e supervisionar sistemas de controlo fitossanitário de pragas/doenças com recurso a dados geoespaciais, contribuindo com informações sobre a sua distribuição no território, a evolução dos seus níveis populacionais e o seu comportamento epidemiológico, tendo em conta as medidas fitossanitárias implementadas com vista à sua mitigação e auxiliando no delineamento de estratégias de controlo dos organismos nocivos (**Figura 1**).

As ferramentas *web* proporcionam a integração da informação entre o trabalho de campo (através de aplicações móveis para levantamento de dados no terreno, com introdução de dados em tempo real (ou *offline*) (**Figuras 2A, 2B e 3**), os dados laboratoriais (sobre as pragas e os patógenos) e a informação disponível em gabinete para análise e tomada de decisão.

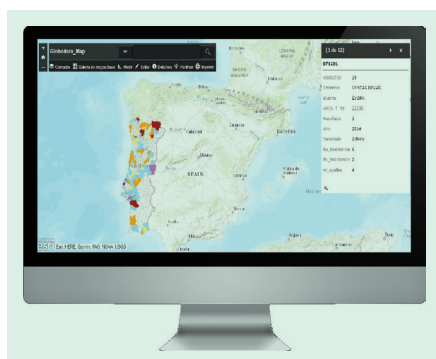


FIGURA 1. Aplicação web interativa com cartografia dinâmica da base de dados nacional do Plano nacional de prospeção dos nemátodos de quisto da batateira com informações sobre a distribuição de *Globodera* sp. no território, a evolução dos seus níveis populacionais e as medidas fitossanitárias implementadas com vista à sua mitigação, desenvolvida no âmbito do projeto GLOBOWARNING.

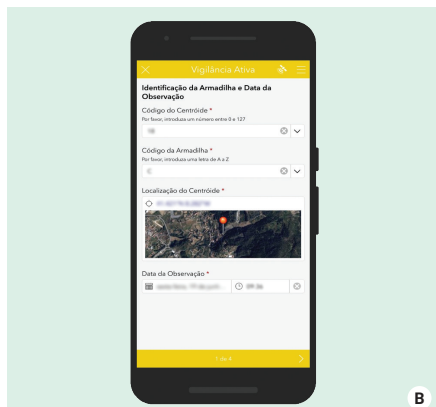


FIGURA 2. Aplicações para o registo de armadilhas entomológicas (A) e para o registo de capturas de vespa asiática (B), no âmbito da Rede de Vigilância Ativa da Vespa velutina.

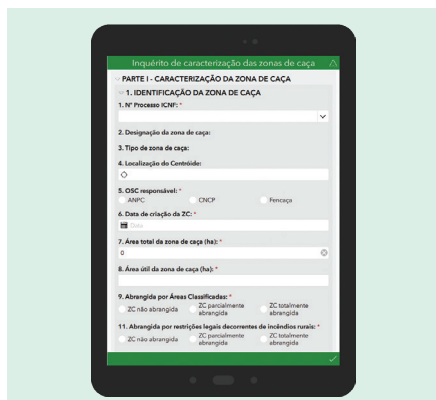


FIGURA 3. Aplicação para o inquérito inicial de caracterização de Zonas de Caça, no âmbito do projeto +Coelho.

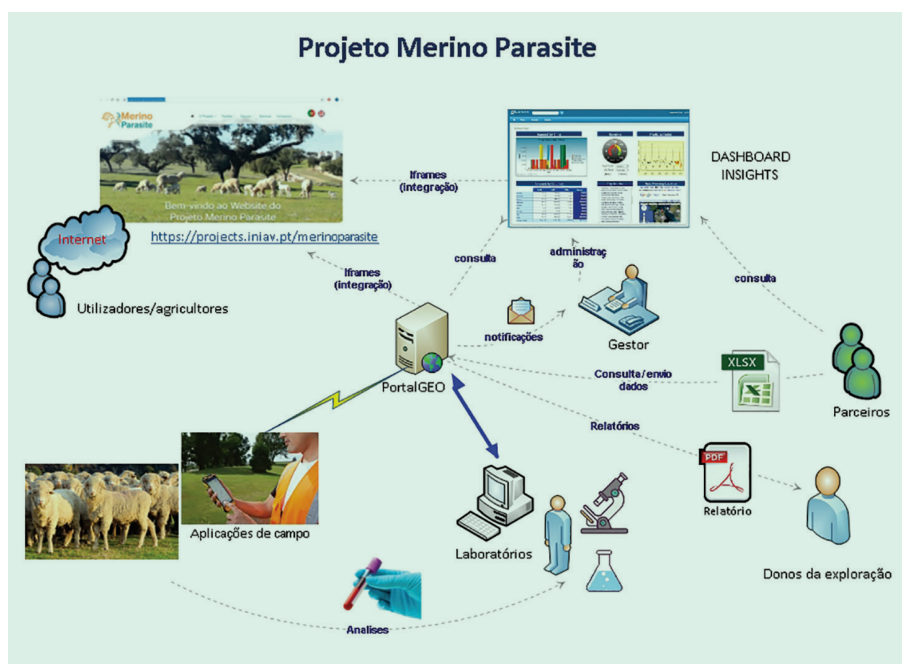


FIGURA 4. Fluxo de trabalho digital do projeto Merino Parasite.

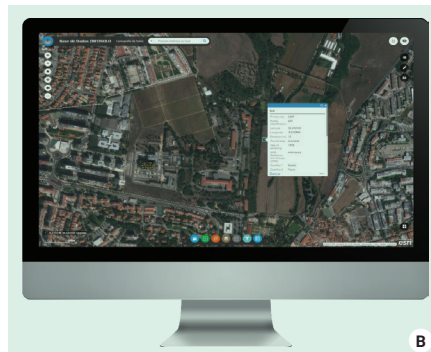


FIGURA 5. (A) Georreferenciação da localização da recolha de amostras de solo no âmbito do projeto GO QUALIMILHO. (B) Aplicação web de visualização de dados para consulta e descarregamento de informação da Base de Dados INFOSOLO, reúne informação analítica relativa a 9 934 horizontes, correspondentes a 3 461 perfis de solos estudados em Portugal.

A utilização de uma plataforma SIG, que seja comum a todos os intervenientes no controlo fitossanitário de pragas/doenças (Figura 4), contribui para uma maior eficiência na sua gestão, possibilitando a organização de recursos de uma forma económica e sustentável, facilitando o trabalho de todos.

A atuação da sanidade vegetal deve orientar-se no sentido da digitalização.

Atualmente as plataformas SIG permitem acompanhar a evolução e o padrão de disseminação das pragas/doenças, assim como avaliar medidas de prevenção, tratamento e controlo, de uma forma integrada. Avaliações sistemáticas da incidência e da prevalência do parasita/agente patogénico são fundamentais para o seu controlo. Os mapas de risco devem ser elaborados com base na integração de vários tipos de informação, tais como: a) dados obtidos no campo (cultura/variedades instaladas no campo de produção, culturas anteriores, tipo de solo, georreferenciação das amostras (Figuras 5A e 5B), fotografias com os principais sinais (Figura 6) e sintomas e estragos detetados (Figuras 7A e 7B); b) dados obtidos em laboratório (Figuras 8, 9A e 9B); c) medidas de controlo associadas (Figura 10). Só com a integração de todos os parâmetros em análise é possível um delineamento de estratégias mais adequadas e dirigidas de mitigação de pragas/doenças.

«Através da produção, análise e armazenamento da informação geográfica e alfanumérica de suporte à decisão é possível melhorar a produtividade e a qualidade das atividades inerentes à agricultura, tendo em vista uma agricultura sustentável»



FIGURA 6. Presença de quistos de *Globodera* sp. na raiz da batateira.



FIGURA 7. (A) Sintomas causados pela presença dos nemátodes de quisto da batateira (cortesia Bonsak Hammeraas, NIBIO – Bugwood.org). (B) Sintomas da doença da murchidão do pinheiro, causada pelo nemátode da madeira do pinheiro; abate de árvore afetada.

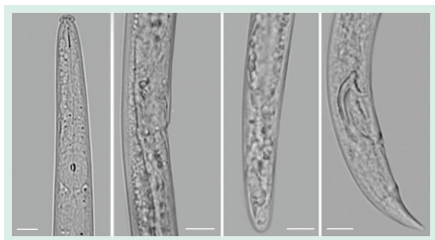


FIGURA 8. Nemátode da madeira do pinheiro, *Bursaphelenchus xylophilus*: identificação morfológica em laboratório (barra=10µm).

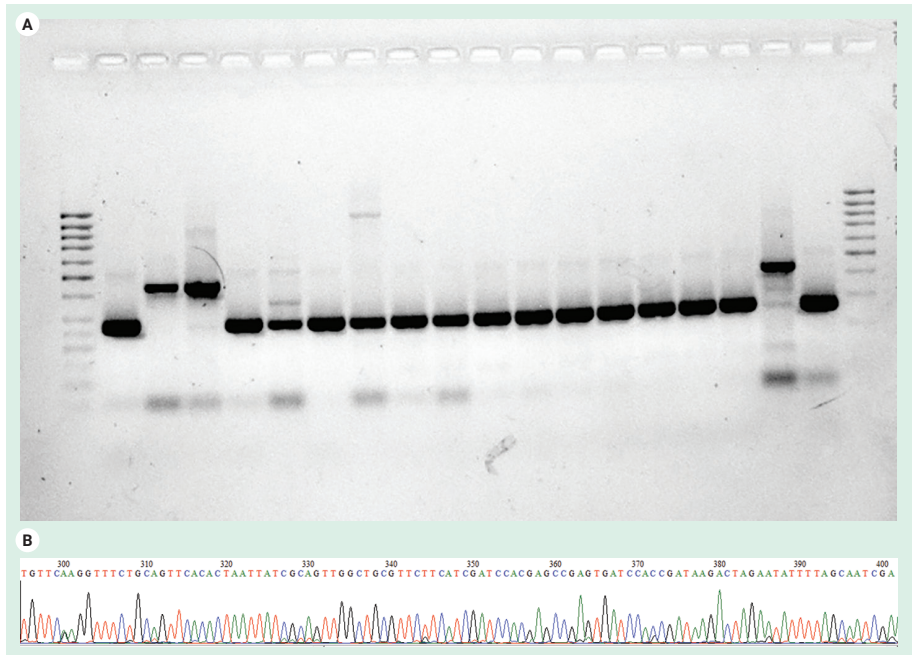


FIGURA 9. (A) Imagem de um gel de agarose a 1,5% (m/v) após a electroforese dos produtos amplificados por PCR para identificação de amostras de *Globodera rostrchiensis* e *Globodera pallida* (nemátodes de quisto da batateira). (B) Sequência da região ITS-rDNA para identificação de espécie de *Globodera* sp.

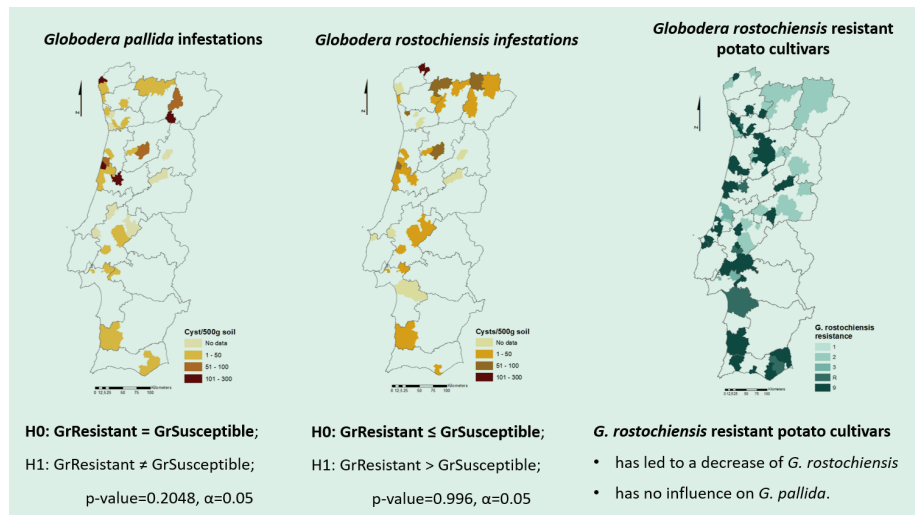


FIGURA 10. Integração dos dados sobre a localização e o nível de infestação de nemátodes de quisto da batateira e a localização e o nível resistência a *Globodera rostrchiensis* das variedades de batata instaladas nos campos de produção na data da colheita de solo para análise laboratorial, no âmbito do projeto GLOBOWARNING.

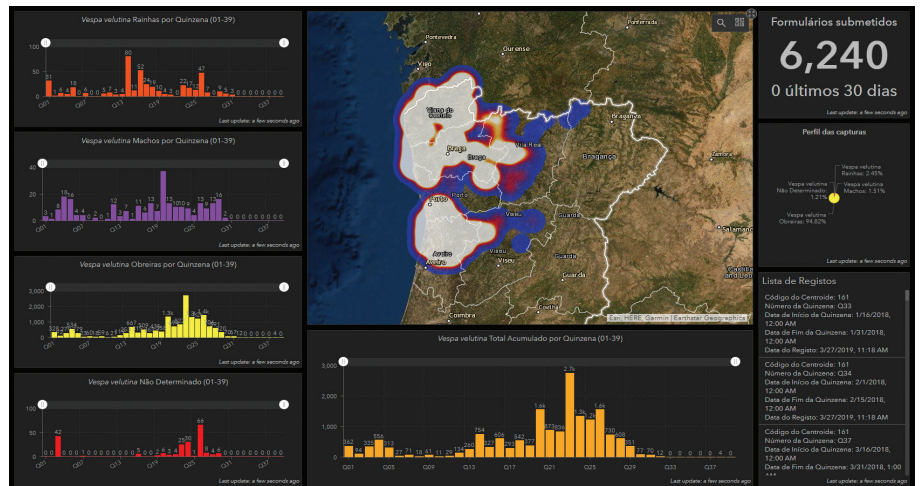


FIGURA 11. Dashboard de monitorização em tempo real da evolução da expansão da vespa asiática no norte de Portugal, no âmbito do projeto Gesvespa.

As potencialidades dos sistemas SIG passam por:

- desmaterializar processos;
- normalizar procedimentos;
- gerir grandes volumes de dados;
- produzir relatórios dinâmicos e disponibilizar ferramentas de monitorização de parâmetros;
- notificar, via e-mail, a submissão de dados na plataforma;
- recolher dados em tempo-real com recurso a aplicações móveis desenvolvidas para os projetos;
- recolher dados em tempo-real proveniente de sensores e sondas instaladas no terreno, podendo para isso recorrer a processos de automação e robótica;
- emitir alertas e sistemas de notificação por níveis;
- disponibilizar ambientes de Back-Office, Web e Aplicacional para recolha e tratamento de dados;
- alimentar, em tempo-real, Dashboards (gráficos, mapas, tabelas/ tabelas resumo e alertas);
- utilizar um sistema de credenciais com diferentes níveis de acesso aos dados;
- fazer *backups* automáticos dos dados;
- criar fluxos de trabalho e gerir o mesmo com recurso a uma caixa de notificação para os intervenientes;
- gerar gráficos dinâmicos, modernos e interativos;
- fazer análise e tratamento estatístico de dados;
- gerir sistemas de alertas de âmbito tecnológico;
- entre outras coisas.

Estas plataformas *web* apresentam aplicações de *backoffice* (Figura 11), que permitem efetuar consultas de dados, elaboração de cartografia temática em tempo real, tratamento de dados estatísticos, elaboração de mapas dinâmicos e gráficos analíticos. A integração de *websites* de divulgação e disponibilização de serviços WFS (*web feature service*) também são uma possibilidade. A solução pode ser utilizada em *open data*, em qualquer hora e parte do mundo, com integridade e confidencialidade dos dados.

O recurso aos SIG permite desenvolver metodologias de análise de risco, suscetibilidade e vulnerabilidade para produzir cartografia de forma a apoiar a tomada de decisão dos gestores do território. Esta tecnologia facilita a partilha de informação entre todos os intervenientes associados à Sanidade Vegetal, otimizando o conhecimento nesta área.

O Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) é o Laboratório de Estado, da área de competência da Agricultura e Veterinária, que tem vindo a desenvolver atividades de investi-

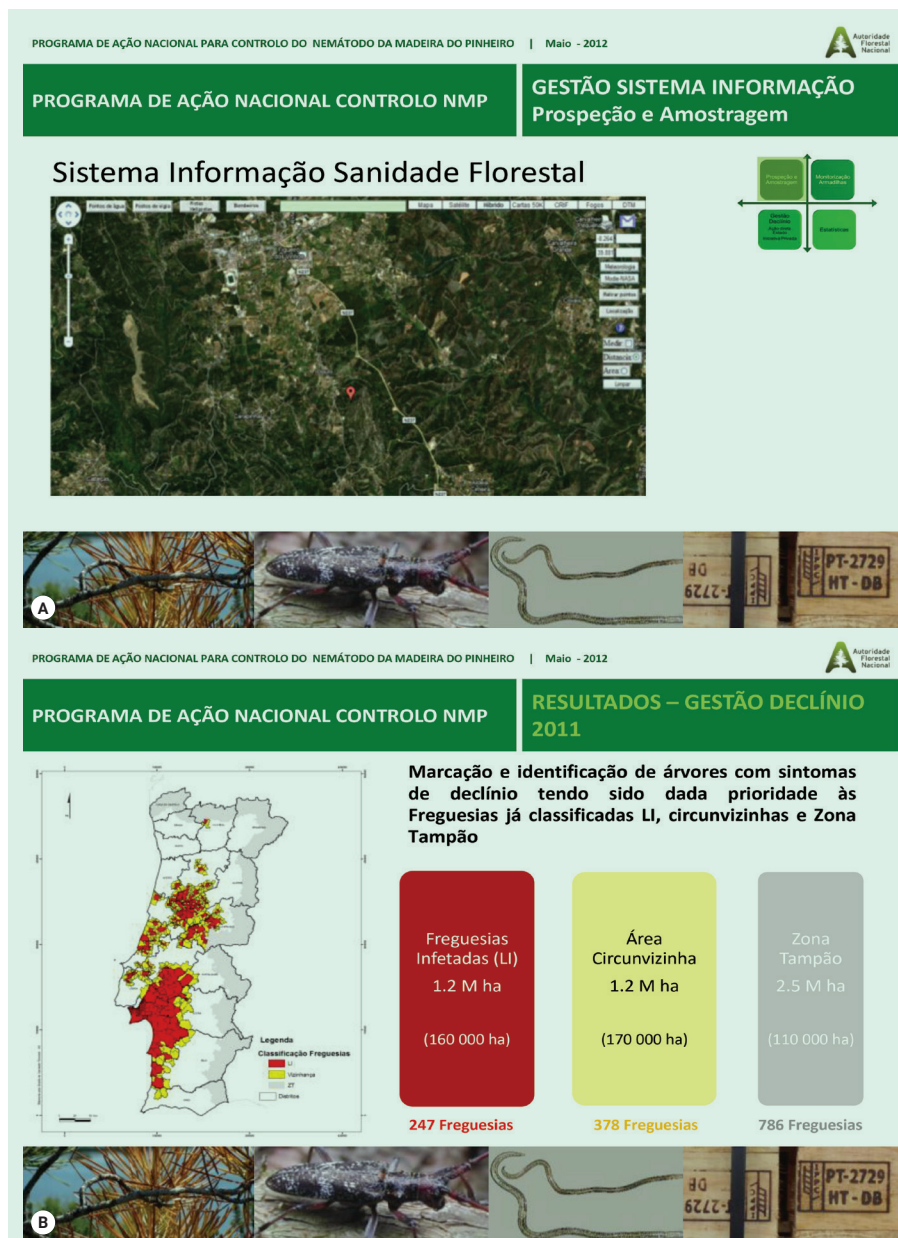


FIGURA 12. (A) e (B) Programa de Acção Nacional para controlo do Nemátodo da Madeira do Pinheiro (<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/prag-doe/ag-bn/nmp/panc-nmp-ear>).

gação nas áreas agronómica e veterinária, apostando, desde há muito, nas tecnologias SIG. Exemplos de aplicações são os seus múltiplos projetos: GO QUALIMILHO (Figura 5A), +Coelho (Figura 3), GESVESPA (Figuras 2A, 2B e 11), Merino Parasite (Figura 4), Base de Dados INFOSOLO (Figura 5B), entre outros; a colaboração com entidades parceiras (Plano de Acção Nacional para Controlo do Nemátodo-da-madeira-do-pinheiro – ICNF (Figuras 12A e 12B) ou o apoio prestado a trabalhos académicos, nomeadamente de doutoramento (GLOBOWARNING – Mitigation of *Globodera* spp. outbreaks in Portugal through an innovate early detection method (Figuras 1 e 10). Com esta atividade, o INIAV tem permitido

fazer uma especialização dos fenómenos que se verificam no território, bem como compreender o seu comportamento ao longo do tempo. ○

BIBLIOGRAFIA

- Camacho M.J., Andrade E., Mota M., Nóbrega F., Vicente C., Rusinque L., Inácio M.L., 2020. Potato cyst nematodes: geographical distribution, phylogenetic relationships and integrated pest management outcomes in Portugal. *Frontiers in Plant Science*. 11:606178. doi: 10.3389/fpls.2020.606178.
- Programa de Acção Nacional para controlo do Nemátodo de Madeira do Pinheiro – <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/prag-doe/ag-bn/nmp/panc-nmp-ear>.
- Merinoparasite – <https://projects.iniaiv.pt/merinoparasite/pt/>.
- Gesvespa – <https://projects.iniaiv.pt/gesvespa/>.
- +Coelho – <http://www.iniaiv.pt/>.
- doença-hemorragica-viral-dos-coelhos.
- INFOSOLO, Base de Dados de Perfis de Solos de Portugal – <https://projects.iniaiv.pt/infosolo/>.