O Uso do Levantamento Aéreo Expedito para Detecção da Armilariose em *Pinus* spp.

Yeda Maria Malheiros de Oliveira
Maria Augusta Doetzer Rosot
Celso Garcia Auer
Joel Ferreira Penteado Junior
William M. Ciesla
Erik W. Johnson
Carolina Kriegler Gebler

Resumo

O levantamento aéreo expedito (LAE) é uma técnica de sensoriamento remoto simples e de baixo custo, tendo por finalidade o mapeamento de feições/eventos em áreas extensas. A Embrapa Florestas, em parceria com o Serviço Florestal Americano, vem desenvolvendo um programa de implementação de LAE no Brasil, especialmente no que se refere à detecção e mapeamento de danos florestais em *Pinus* spp. O presente trabalho descreve os resultados da aplicação da técnica de LAE para a identificação de focos de armilariose em povoamentos florestais na região centro-oeste do Paraná. O levantamento aéreo foi efetuado em 2002 e os resultados foram anotados sobre carta-imagem e depois transformados para meio digital por vetorização. As informações alfa-numéricas sobre a intensidade de dano foram incorporadas a um banco de dados associado à sua localização espacial. Uma verificação de campo demonstrou uma acuracidade de 100% quanto às informações levantadas com o uso do LAE.

Palavras-chave: *Armillaria* sp., banco de dados, *Pinus* spp., Sistema de Informações Geográficas.

The Use of Aerial Sketchmapping for Detecting Armillaria Root Rot in Pine Plantations

Abstract

Aerial sketchmapping is a simple, low-cost remote sensing method used for mapping features/events over extensive areas. A technical exchange program between Embrapa Florestas and the USDA Forest Service aims to introduce this method in Brazil, primarily for assessment of forest damage in pine plantations. The present study describes the results from an aerial sketchmapping survey designed to detect foci of Armillaria root rot in the central-western region of Paraná State, Brazil. The flight was conducted in April 2002 and the results were first sketched over a satellite map and afterwards converted into digital format via on-screen digitizing. Information on damage intensity was stored in the database and automatically associated with the corresponding polygon spatial information. Field checks revealed an accuracy of 100 % regarding the LAE results.

Keywords: *Armillaria* sp., database, Geographical Information Systems, *Pinus* spp.

Introdução

Tradicionalmente, o conhecimento da cobertura florestal terrestre tem sido baseado na investigação parcial de áreas, por amostragem. Em função da crescente necessidade de planejamento contínuo e administração dinâmica de empresas e reservas florestais, estes métodos tradicionais ficaram inadequados ou insuficientes. A importância de uma fonte de informação de custo não elevado e que cubra macro regiões ao invés de micro áreas amostrais tem sido cada vez maior.

Nos EUA, por exemplo, o monitoramento de pragas e doenças em áreas florestais tem sido facilitado com o uso de levantamentos aéreos, pois seu alcance, em extensão, é maior e mais rápido. O levantamento aéreo expedito (LAE), ou *"aerial sketchmapping"*, como é conhecido em seu país de origem, é uma técnica que tem sido usada rotineiramente nos últimos 50 anos nos Estados Unidos e Canadá para mapear árvores mortas ou danos foliares provocados por insetos ou doenças (CIESLA, 1998, 2000). No Brasil, esta técnica foi utilizada pela primeira vez em uma fazenda florestal atacada pela vespa-da-madeira (*Sirex noctilio*) no Estado de Santa Catarina. Em aproximadamente uma hora de vôo, foram mapeados 3.985 ha, trabalho este que demandaria no mínimo dez dias de trabalho de campo, com uma equipe de três pessoas (CIESLA et al., 1999). A técnica consiste em um sobrevôo das áreas com aviões em baixa velocidade e em altitudes não muito elevadas. Não há fotografias, mas, sim, anotações técnicas das informações sobre a área sobrevoada. Um mapa preparado previamente (uma carta topográfica ou carta imagem) é utilizado como base. Estas informações depois passam a compor uma *layer* adicional de dados, que podem ser atualizados periodicamente.

A *Embrapa Florestas,* em parceria com o USDA Forest Service (Serviço Florestal Americano), realizou um curso em 2002 com o objetivo de repassar a técnica aos participantes. O objetivo foi o treinamento dos técnicos para o reconhecimento, em vôo, das diferentes assinaturas de danos florestais. Sobrevôos foram realizados sobre uma região onde danos haviam sido previamente detectados e, desta forma, classificados e quantificados. Estabelecer uma programação que codifique as diferentes informações é fundamental para que haja uniformização entre critérios, legendas, classes e indicadores.

O monitoramento aéreo expedito possui vantagens que podem ser associadas ao monitoramento exclusivamente terrestre, podendo-se, desta forma, determinar a extensão da área e do dano. A vantagem da imagem de satélite, da fotografia aérea ou do observador em um avião, é a visão espacial. A perspectiva aérea proporciona ao observador uma noção da extensão da característica em estudo. Além disso, numa relação custo/benefício, o monitoramento aéreo expedito é uma solução econômica, rápida e mais eficaz do que outros tipos de monitoramento.

Outro projeto desenvolvido pela Embrapa Florestas utilizou o mapeamento aéreo expedito para verificar a acuracidade do "Mapa de áreas plantadas com

Pinus spp. no Estado do Paraná", recentemente elaborado com base na interpretação visual de imagens de satélite Landsat 7 ETM. O processo consistiu na demarcação e indicação das prováveis áreas com plantios de *Pinus* (via polígonos vazados) em uma carta-imagem, e na realização de um vôo utilizando a técnica de LAE, assumindo-se que os seus resultados eqüivaleriam a uma "verificação de campo". Como muitas das áreas florestais se encontram em terrenos praticamente inacessíveis, o custo/benefício do uso da técnica de LAE para este fim foi substancial.

Além da identificação de pragas e doenças, o monitoramento aéreo expedito possui outras aplicações. Nos EUA, a técnica é também usada para averiguar áreas atingidas por fogo, e regiões em que há desmatamentos. Outro uso deste mapeamento pode ser a análise de paisagem ou o manejo de ecossistemas das florestas nativas de uma determinada área considerada prioritária para conservação daquele bioma, através do estudo da fragmentação florestal. Primeiramente, define-se, em campo, como classificar os fragmentos com relação ao seu estágio sucessional e nível de antropização e transfere-se esta legenda para os observadores aéreos, que passam a desenhar o fragmento sobre a carta-imagem preliminar, procurando registrar da forma mais fiel possível o tamanho e a forma do fragmento, além da codificação do seu estado de conservação. A carta-imagem em muito facilitará a localização do fragmento, que deverá então ser mais bem dimensionado. Evidentemente, os fragmentos maiores deverão sofrer maior atenção (um tamanho mínimo deverá ser estabelecido como regra), de forma que os fragmentos menores que este patamar possam apenas ser anotados.

Vários tipos de danos florestais mostram-se muito mais visíveis quando vistos a partir de uma aeronave em baixa altitude ou numa fotografia aérea do que em campo, sob o dossel da floresta. Conseqüentemente, as técnicas de sensoriamento remoto, tais como o LAE, apresentam-se como ferramentas ideais à detecção e avaliação de danos causados por insetos, doenças e outros agentes (CIESLA, 2000).

Uma das condições fundamentais para a correta detecção da intensidade do dano e seu respectivo agente causal é a definição das "assinaturas de danos", que podem ser descritas como sendo uma combinação de características que permitem ao observador aéreo identificar os sintomas associados a agentes específicos, causadores de danos florestais, na forma como aparecem a partir

de uma perspectiva aérea. Segundo CIESLA (2000), algumas das características que determinam a assinatura de um objeto (planta) observado à distância e que permitem que ele seja identificado são a cor ou coloração, a forma, o brilho, a textura e a posição espacial.

A maioria dos danos florestais aparece primeiramente como uma mudança de cor no dossel. A folhagem de árvores que são mortas por certos besouros de casca ou por podridão de raiz, por exemplo, passa da cor verde ao amarelo ou vermelho. Por isso, a habilidade em detectar mudanças sutis nas nuanças de cores é uma qualidade fundamental requerida para o observador aéreo.

Várias doenças de raiz, tais como aquelas causadas pelos fungos *Heterobasidium annosum, Phelinus wierii* e *Armillaria* spp., matam as árvores hospedeiras em forma de reboleira, porém, de forma mais lenta do que árvores atacadas na sua parte aérea (CIESLA, 2000). Dessa forma, as assinaturas de dano são caracterizadas pela presença esparsa de árvores mortas e por algumas árvores apresentando clorose, de forma ocasional.

Uma assinatura clássica de mortalidade de árvores por doença de raiz em uma Floresta Nacional nos Estados Unidos aparece na Figura 1, consistindo em presença de clorose nos indivíduos localizados próximos ao curso d´água na porção em destaque na imagem. A Figura 2 mostra uma árvore de *Pinus elliottii* morta por *Armillaria* sp.

No caso da armilariose, não existem registros de estudos da observação aérea de áreas brasileiras com plantios de pínus infestados com o patógeno. Mesmo na área de fruticultura, onde *Armillaria mellea* foi registrada, não foram feitos levantamentos aéreos da distribuição e de danos.

No presente trabalho, pretendeu-se descrever os resultados da aplicação da técnica de mapeamento aéreo expedito especificamente para a detecção de focos de armilariose em plantios de *Pinus* spp. na região centro-oeste do Estado do Paraná.

Figura 1. Foto aérea de árvores atacadas pelo fungo *Phytophthora lateralis* nos E.U.A. Fonte: CIESLA (2000).

Figura 2. Exemplar de *Pinus elliottii* morto por *Armillaria* sp.

Material e Métodos

Em 2002, como parte das atividades do acordo entre a Embrapa Florestas e o Serviço Florestal Americano (USDA FS) para desenvolvimento de um programa de mapeamento aéreo expedito no Brasil, foi efetuado um vôo sobre a região de Pitanga e de Santa Maria do Oeste, na região Centro-Oeste do Paraná. Nessa região, haviam sido reportados indícios de ocorrência de focos de armilariose em plantações de *Pinus* spp. e a utilização da técnica de LAE teve por objetivo verificar a existência de danos florestais e, com base nos sintomas apresentados, determinar a assinatura dos danos.

O mapa-base utilizado para o vôo foi uma carta-imagem (Figura 3) elaborada pelo Laboratório de Monitoramento Ambiental da Embrapa Florestas, tendo como fundo parte de uma imagem Landsat 7 ETM, órbita/ponto 222/76, em composição colorida 543 (RGB), adquirida em 24/09/1999 e, sobre ela, em branco, vetores representando os povoamentos de *Pinus* spp., delineados por interpretação visual da imagem (MIRANDA et al., 2002).

Figura 3. Recorte carta-imagem da região de Pitanga - PR, usada como base para o LAE.
Fonte: Laboratório de Monitoramento Ambiental - Embrapa Florestas (2002).

Na carta-imagem foi incluído um *grid* em coordenadas UTM com intervalos de 4 em 4 km e sobre ele foram definidas as linhas de vôo. As coordenadas dos vértices das linhas de vôo foram armazenadas em um GPS de navegação aérea, modelo Garmin GPSMAP 295, para, posteriormente, auxiliarem a orientação do piloto da aeronave quanto à rota a seguir e dos observadores aéreos quanto à localização das feições na carta-imagem.

O avião utilizado foi um Cessna 180 (Figura 4), de asa alta e a tripulação incluiu o piloto, um instrutor do Serviço Florestal Americano e dois treinandos da Embrapa Florestas. Cada um dos treinandos ficou responsável pela observação de faixas de 2 km a partir da linha de vôo, anotando e desenhando as informações sobre a própria carta-imagem.

Figura 4 – Avião Cessna 180 utilizado na campanha de LAE efetuada em 2002.

De volta ao laboratório, as anotações foram transferidas para um acetato (*mylar*) que foi escanerizado e geo-referenciado. Em seguida, utilizando o software ArcView 8.2, os pontos e polígonos do *mylar* foram vetorizados por digitalização em tela e os respectivos códigos foram inseridos no banco de dados do SIG. Semanas após o vôo, foi efetuada uma verificação de campo para avaliar a acuracidade das informações adquiridas no vôo.

Resultados e Discussão

O LAE na região de Pitanga ocorreu no mês de abril de 2002 e foram sobrevoados cerca de 67.O Uso do Levantamento Aéreo Expedito para Detecção da Armilariose em *Pinus* spp.000 ha, em três horas. Nas plantações sobrevoadas, a assinatura de danos observada incluiu a ocorrência de amarelecimento e clorose nos plantios de *Pinus* spp., sintomas esses associados à deficiência de nutrientes no solo e/ou à armilariose (Figura 7a). As copas das árvores apresentavam-se levemente amareladas ou cloróticas e alguns indivíduos com coloração avermelhada, devido à morte das acículas. Procurou-se desenvolver um sistema de codificação, ainda que provisório, para facilitar a anotação das observações. Nesse sistema, incluiu-se o hospedeiro, o tipo e a intensidade do dano, representados, respectivamente por "Pi" – *Pinus* spp., "Y" – significando *yellowness* (amarelecimento) e as letras "L" – leve, "M" – moderado e "I" – intenso. No caso de árvores mortas em grupo, utilizou-se a letra "G" e, sempre que possível, o número de árvores mortas foi anotado ao lado do polígono correspondente.

A Figura 5 mostra uma parte do *mylar* escanerizado e do sistema de código utilizado para representar a assinatura do dano. Para facilitar o preenchimento do banco de dados no SIG, recomenda-se ter em mãos a carta-imagem

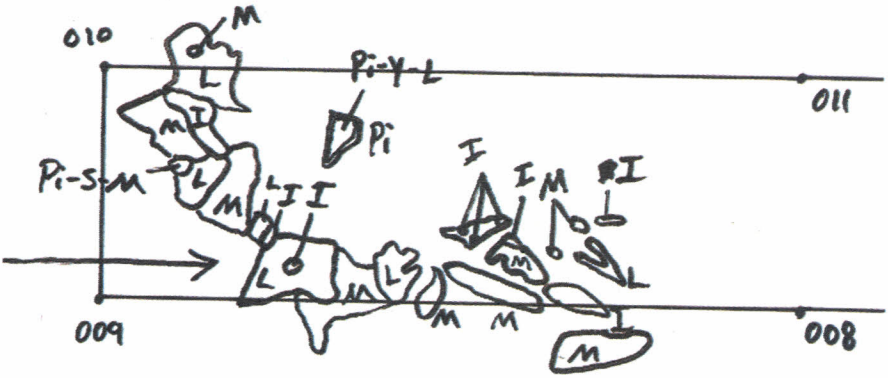


Figura 5. Imagem de parte do acetato (*mylar*) escanerizado contendo as informações anotadas no vôo.

Paralelamente à observação dos danos florestais, o LAE efetuado nessa região serviu, também, para a verificação da acuracidade do mapeamento de plantios de *Pinus*, conforme relatado anteriormente. Povoamentos de *Pinus* não constantes da carta-imagem, mas observados durante o vôo, foram delineados .e posteriormente incorporados ao SIG. Por outro lado, para polígonos que apareciam como *Pinus* na carta-imagem, mas que, na realidade, consistiam em plantios de outra espécie, como *Araucaria angustifolia* ou *Eucalyptus* spp., foram feitas as observações pertinentes, escrevendo-se o código referente à espécie florestal.

Encerrada a parte de edição temática e preenchimento da tabela de atributos no SIG, foi gerado um novo mapa para a região sobrevoada (Figura 6), em que aparecem as classes de danos observadas. A verificação de campo confirmou que houve 100% de acerto nas informações adquiridas através do levantamento aéreo expedito no que se refere à ocorrência de focos de armilariose. A Figura 7b exemplifica a visualização de árvores de *Pinus elliottii* amareladas e/ ou mortas em decorrência da doença, em levantamentos de campo, na região dos povoamentos sobrevoados.

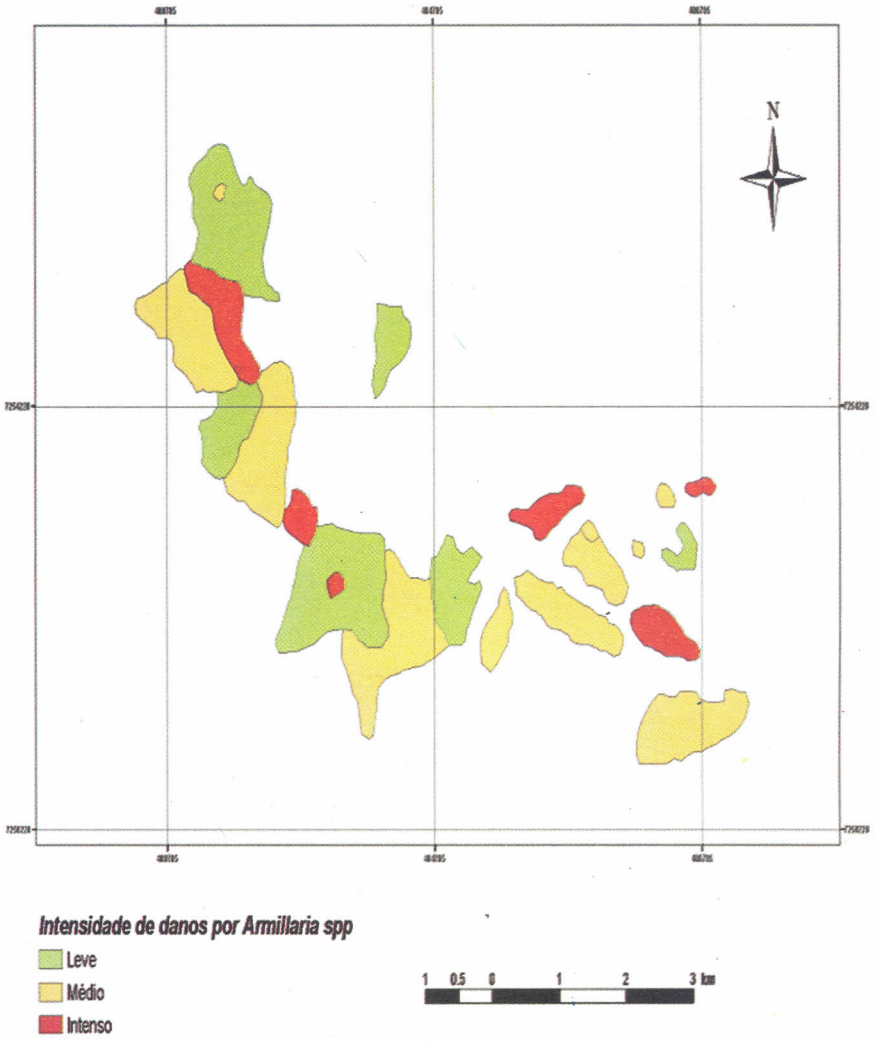
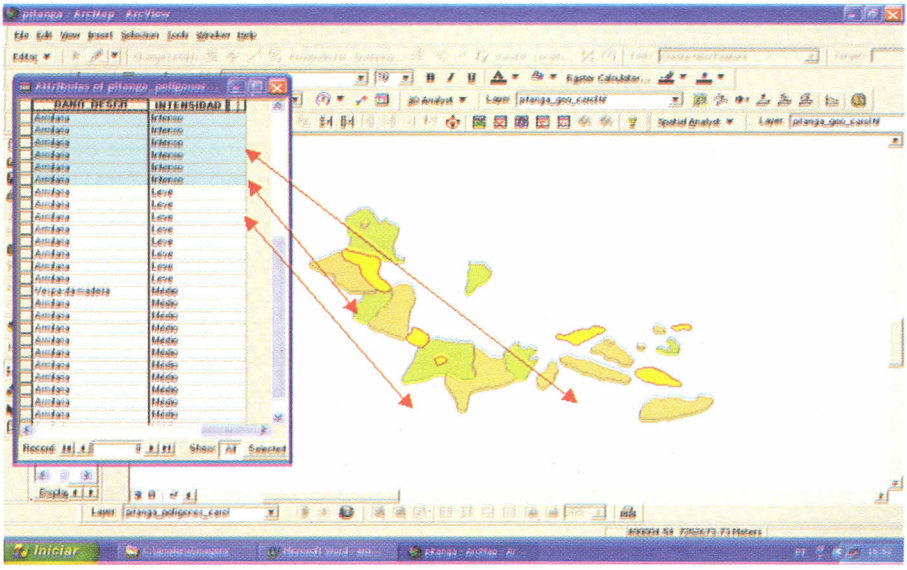


Figura 6. Detalhe do mapa com os resultados do LAE para a região de Pitanga

Figura 7. A) Focos de árvores atacadas por *Armillaria* sp. na região sobrevoada. B) Detalhe das árvores doentes (amarelas e mortas) por *Armillaria* sp., no campo

O banco de dados gerado permite atualizações periódicas, com inclusão, exclusão e alteração das informações listadas. Além disso, possibilita a formulação de consultas por atributos, como, por exemplo: "mostrar todos os pontos de dano intenso causado por *Armillaria* sp. em *Pinus* spp.". Na Figura 8, é apresentada a janela do ArcView contendo a tabela de atributos (acima, à esquerda) e o mapa onde aparecem realçados, em amarelo, os pontos/ polígonos que atendem aos requisitos da consulta.



Conclusões

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que:

- LAE é uma técnica promissora para a detecção de focos de armilariose em plantios florestais no Brasil. Para a região estudada, a acuracidade das informações obtidas no vôo foi igual a 100%, conforme dados levantados em campo;

- LAE apresenta como principal vantagem a possibilidade de se detectar e avaliar danos florestais para grandes extensões em curto espaço de tempo e a um custo muito mais reduzido do que por via terrestre;

- Com a implementação em larga escala dessa técnica no Brasil, será necessário desenvolver um sistema de codificação de danos mais aprimorado, ao mesmo tempo em que os observadores aéreos adquirirão mais experiência com relação à definição das assinaturas de danos.

Referências

CIESLA, W. M. Remote sensing for mapping and assessment of forest damage: past accomplishments and future challenges. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 3., 1998, Curitiba-PR, Brasil. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1998. p. 117-126.

CIESLA, W. M.; DISPERATI, A. A.; MENDES, F. S.; MENDES, C. **Mapeamento aéreo expedito para a classificação da mortalidade de árvores, causada pela vespa-da-madeira (*Sirex noctilio*) em plantações brasilerias de pínus**. Disponível em: <http://www.fatorgis.com.br/artigos/florest/vespa/vespa.htm>. Acesso em: 25 set. 1999.

CIESLA, W. M. **Remote sensing in forest health protection**. Salt Lake City: USDA, Forest Service, Remote Sensing Applications Center; Fort Collins: USDA, Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, 2000. 266 p. (FHTET Rep., 00-03).

VIANA, F. M.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D. Utilização de cartas-imagem em levantamento aero-expedito como tecnologia associada para o mapeamento florestal. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 1., 2002, Colombo. **Anais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 70). Organizado por Patrícia Póvoa de Mattos, Celso Garcia Auer, Paulo César Botosso e Rejane Stumpf Sberze.