

O uso do sensoriamento remoto no estudo de pragas florestais*

ATTILIO ANTONIO DISPERATI**

RESUMO

O presente artigo analisa o uso do sensoriamento remoto no estudo de pragas florestais. O conteúdo é baseado principalmente em literatura estrangeira, visto a escassez de artigos nacionais sobre o assunto. Três objetivos foram atendidos. O primeiro diz respeito a uma avaliação geral do uso do sensoriamento remoto no estudo de pragas florestais. São discutidos estes aspectos: conceito de dano florestal, mapeamento e monitoramento dos danos e ainda quando obter os produtos dos sensores remotos. No segundo objetivo foram discutidos as potencialidades das fotografias aéreas (convencionais e de pequeno formato), imagens de vídeo e imagens multiespectrais (obtidas de avião e de satélite) para o mapeamento e monitoramento dos danos causados por insetos. Também são feitas breves considerações sobre o valor do sistema de informação geográfico para o manejo das pragas florestais. Finalmente, são apresentados dois estudos de mapeamento efetuados no Paraná, utilizando fotografias aéreas de pequeno formato, de danos causados por agentes bióticos em áreas florestais.

Palavras-chave: mapeamento e monitoramento dos danos florestais, fotografias aéreas, imagens multiespectrais, câmera de vídeo, avaliação de danos florestais.

ABSTRACT

The use of remote sensing in forest pest management. This paper reports the use of remote sensing in forest pest management. It is based more in foreign literature since there are few national articles related with the subject. Three different purposes are attended. The first purpose deals with a general evaluation about the use of remote sensing in forest pest management. There are discussions about the meaning of forest damage, mapping and monitoring the forest damage and when to acquire data from the aerial/orbital remote sensors. The second purpose analysis the potentialities of aerial photography, video imagery, airborne and satellite scanners for the mapping and monitoring the insect damage. Also the value of geographic information systems is commented. The last purpose reports briefly two studies of forest damage assessment carried out in Paraná state using small format aerial photographs.

Key-words: mapping and monitoring forest damage, aerial photographs, multispectral images, airborne video, forest damage evaluation.

INTRODUÇÃO

Uma das aplicações potenciais do sensoriamento remoto na atividade florestal é no estudo (manejo) de pragas florestais. Em termos brasileiros os exemplos aplicativos dessa técnica têm sido em número bastante reduzido.

*Palestra apresentada na Conferência Regional da Vespa da Madeira, *Sirex noctilio*, na América Latina, Florianópolis, SC.

**Engenheiro Florestal, Ph.D., Professor da UFPR - Bolsista do CNPq.

Entretanto isso já não ocorre em alguns países que ocupam extensa região territorial como os Estados Unidos e Canadá e mesmo em países do tamanho da Alemanha. E nos quais a quantidade de literatura disponível sobre o assunto é substancial.

As pragas florestais, caracterizadas pelos agentes daninhos, insetos e outros animais, por causarem danos econômicos na floresta têm merecido a atenção da comunidade florestal e biológica. No Brasil, os principais insetos causadores de danos nos reflorestamentos, por ordem de importância, são: as formigas cortadeiras (ordem Hymenoptera, e que inclui a vespa-da-madeira), as mariposas e borboletas (ordem Lepidoptera), e os besouros (ordem Coleoptera). Além dos insetos, ainda existem inúmeros animais que também causam danos às árvores, porém esses danos não são tão frequentes como os causados pelos insetos.

Apesar de nacionalmente já se ter acumulado muitos conhecimentos sobre os insetos e seus respectivos danos ainda se desconhece o quanto se perde anualmente (em área, em incremento e em mortalidade) da floresta. Nos Estados Unidos a perda anual total da floresta causada pelos insetos e doenças (fungos, bactérias, etc) corresponde a 2,4 bilhões de pés cúbicos de madeira, enquanto que a perda causada por incêndios corresponde a 0,1 bilhão de pés cúbicos (CIESLA, 1983, citado por MYHRE, 1988).

O presente artigo tem três objetivos básicos relacionados com o uso do sensoriamento remoto no manejo de pragas florestais, a saber:

- a) analisar a utilização do sensoriamento remoto;
- b) analisar os produtos de sensoriamento remoto disponíveis para o mapeamento e o monitoramento dos danos;
- c) apresentar dois exemplos de mapeamento de danos com fotografias aéreas de pequeno formato efetuados no Paraná.

A UTILIZAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO

A utilização de produtos do sensoriamento remoto, principalmente as fotografias aéreas, no manejo de pragas florestais não é recente. Suas primeiras aplicações datam da década de 1920. Em 1921, povoamentos florestais localizados no oeste do Canadá foram sobrevoados para detectar os danos causados por insetos. Em 1927, pilotos observaram e fotografaram árvores mortas pelos besouros-da-casca na Califórnia (HELLER, 1985). Nesse período inicial o uso de fotografias aéreas foi muito limitado, sendo mais freqüente apenas a observação aérea (com a utilização de qualquer tipo de aeronave) dos danos causados por insetos, doenças e incêndios florestais e a sua respectiva anotação em mapas. Essa técnica denominada **mapeamento aéreo expedito** perdura até os dias atuais e de modo operacional nos Estados Unidos e Canadá. O grande surto do uso de fotografias aéreas, em emulsão preto e branco, ocorreu somente após a Segunda Grande Guerra Mundial. Atualmente, existem diversos produtos de sensores remotos que podem ser usados no manejo de pragas florestais e que serão motivo de consideração ainda neste artigo.

Uma revisão em artigos científicos sobre o assunto evidencia que os produtos de sensores remotos têm sido usados para o mapeamento e o monitoramento dos danos causados pelos insetos. Algumas vezes, eles são

utilizados também para a detecção dos danos, apesar de não serem muito apropriados para tal finalidade, por razões econômicas.

Breves considerações serão efetuadas sob os danos causados pelos insetos e sob o seu mapeamento e monitoramento, utilizando produtos de sensores remotos.

Dano florestal, segundo MURTHA (1972), é um efeito de qualquer tipo e intensidade em uma ou mais árvores, ou em partes delas, causado por um agente externo, que temporaria ou permanentemente reduz o valor econômico, debilita ou remove a capacidade biológica de crescimento e reprodução, ou ambas.

Os agentes causadores de danos florestais podem ser classificados em bióticos (insetos e doenças), abióticos (incêndios, poluição do ar) e causa múltipla ou complexa. Interessa no presente artigo apenas os danos causados por insetos, os quais, segundo SOARES (1968), podem ser de natureza fisiológica ou mecânica. Nos danos fisiológicos tem-se desfolhamento, deformação, defeito no alborno, anelamento, etc, que interferem diretamente no processo fisiológico da árvore. Nos danos mecânicos tem-se os danos produzidos pelos insetos perfuradores, que podem destruir ou reduzir o valor comercial da madeira, sem entretanto interferir diretamente no processo fisiológico da árvore.

Em todas as partes das árvores aparecem insetos predadores e causadores de danos. Os danos que interessam para este artigo são aqueles percebidos nos produtos de sensores remotos. Através da interpretação, nesses produtos são delineadas as árvores ou então grupos de árvores que apresentam características diferentes das árvores sadias da mesma espécie. De maneira geral, são delineadas as áreas que possuem árvores (ou grupos de árvores) mortas, desfolhadas (total ou parcialmente) e as que apresentam copa com coloração diferente (total ou parcialmente) da apresentada pelas árvores sadias.

O elemento de reconhecimento mais usado para a interpretação, no caso de fotografias aéreas, e a conseqüente marcação das áreas florestais que apresentam danos, é a tonalidade (nas fotografias ou imagens em preto e branco) ou cor (nas fotografias coloridas). Adicionalmente, usam-se a textura e a estrutura. Esses três elementos relacionados dizem respeito à copa da árvore.

Na etapa da interpretação do produto do sensor remoto é comum efetuar a estratificação da área em níveis de intensidade de danos, por meio de uma tipologia geral descritiva, como: baixa, moderada e intensa. A ela podem ser acrescidos aspectos quantitativos relacionados com a porcentagem de copas atacadas. Uma classificação detalhada quanto ao uso de fotografias aéreas para mapear danos florestais foi apresentada por MURTHA (1972).

Apesar dos termos **mapeamento** e **monitoramento dos danos causados por insetos** serem auto-explicativos, é oportuno efetuar algumas considerações sobre ambos. O **mapeamento** visa, em última instância, a elaboração de mapas mostrando a distribuição e a localização geográfica das áreas atacadas e a sua determinação em ha. Essas informações associadas a outras, segundo CIESLA (1969), são usadas como base para decidir ou não pela ação de controle direto da praga, determinando a magnitude do projeto necessário para suprimir efetivamente a população endêmica e para acompa-

nhar as tendências da população nas áreas epidêmicas por meio de repetidos levantamentos. Rotineiramente, o mapeamento dos danos tem sido efetuado com a técnica, comentada anteriormente, do mapeamento aéreo expedito ou então com a utilização de produtos de sensores remotos. Em alguns trabalhos de avaliação dos danos florestais tem sido empregado o termo **inventário dos danos** que engloba o mapeamento e acrescenta uma avaliação quantitativa da madeira.

MURTHA (1978) comentou que a avaliação dos danos envolve avaliação numérica. Os métodos mais simples e mais fáceis são:

- a) contagem das árvores afetadas;
- b) delimitação da extensão da área dos danos;
- c) obtenção da estimativa da perda de volume de madeira, obtida com a multiplicação da extensão (em superfície) dos danos pelos valores de volume obtidos do trabalho de campo;
- d) estratificação da área em níveis de intensidade dos danos;
- e) obtenção da perda de volume de madeira estratificada, obtida com a multiplicação da extensão (em superfície) dos danos referente a cada nível de intensidade de danos pelos respectivos valores pré-determinados de volume.

Dos métodos acima, alguns são usados no inventário (quanto e onde) e no monitoramento. O terceiro e o quinto métodos são utilizados quando se necessita de alguma forma de avaliação econômica dos danos. Contudo, a maioria dos estudos têm sido baseados nas árvores mortas e desfolhadas.

O **monitoramento** consiste em efetuar mapeamentos periódicos do mesmo local. O intervalo de tempo entre esses levantamentos depende muito da intensidade da praga em questão. O monitoramento permitirá verificar o aumento ou a redução da praga no intervalo de tempo considerado, evidenciando assim indicações de alteração.

Ainda em relação ao aspecto de monitoramento, MOODY (1980) comentou que para uma revisão anual nacional das importantes pragas florestais deveriam ser necessárias as seguintes informações:

- a) distribuição e localização das infestações nos estados;
- b) agentes causais e nível de população;
- c) espécies afetadas e tipo de injúria e/ou dano;
- d) área afetada;
- e) estimativa geral da mortalidade em volume;
- f) estimativas gerais de perda de crescimento de volume quando disponíveis;
- g) informações adicionais das perdas florestais em termos de classes de maturidade, tipos de vegetação, acessibilidade, etc;
- h) previsão das pragas e condições das árvores hospedeiras para o próximo ano;
- g) opções de controle.

Evidentemente que os produtos de sensoriamento remoto não oferecem o potencial para se determinar todas as informações acima mencionadas, mas certamente são quase que indispensáveis para a primeira e a quarta informações e contribui para a coleta de dados referentes à sétima informação.

Os produtos de sensores remotos não se prestam para a determinação do agente causal do dano, uma vez que o mesmo dano pode ser produzido por diferentes agentes. Nesse sentido, MURTHA (1982) afirmou que a evidência obtida pelo sensoriamento remoto é circunstancial, ou indireta, uma vez que detecta o efeito ao invés da causa.

Um aspecto de fundamental importância na avaliação de danos por sensoriamento remoto é a obtenção do produto no momento certo. Isto diz respeito a quando o dano estiver no seu máximo, isto é, quando estiver mais visível. Isso nem sempre acontece ou nem sempre é possível.

Fotografias aéreas ou outros produtos de sensores remotos obtidos há muito tempo não servem para avaliar danos atuais. Isso é facilmente explicado, visto que os danos causados pelos insetos e doenças são sazonais e dinâmicos. Nesse sentido, HELLER (1978) afirmou que na avaliação dos danos de vegetação, devemos entender que estamos tratando com um fenômeno transitório, tanto em espaço como em tempo.

PRODUTOS DE SENSORES REMOTOS

Diversos produtos de sensores remotos podem ser usados para o mapeamento e o monitoramento dos danos causados pelos insetos e doenças. Eles são utilizados quando se deseja um mapa mais preciso e detalhado do que o obtido por meio do mapeamento aéreo expedito. Os produtos são: fotografias aéreas, imagens de vídeo e imagiadores espectrais. Os demais produtos disponíveis, tais como imagens de radar e imagens termais, não têm sido utilizados.

FOTOGRAFIAS AÉREAS

É o principal produto usado. Apresenta as vantagens de resolução espacial e de observação estereoscópica propiciando excelente interpretação visual para a caracterização e o mapeamento dos danos.

As fotografias aéreas convencionais (de tamanho 23 por 23 cm) são as usuais nos trabalhos, apesar de serem utilizadas também as fotografias aéreas de pequeno formato (as obtidas com as câmeras fotográficas 35 e 70 mm). Estas fotografias são consideradas suplementares às primeiras e são adequadas para locais de pequena extensão ou então em inventários de danos utilizando amostragem em múltiplos estágios. Considerações detalhadas sobre a obtenção e o uso de fotografias aéreas de pequeno formato foram apresentadas por DISPERATI (1991).

Os filmes coloridos, tanto o normal como o infravermelho colorido, são os preferidos em relação aos filmes em preto e branco. Isto é facilmente explicado, visto que o dano causado pelo inseto é detectado mais facilmente pela alteração de cor nas copas das árvores. No Brasil, os filmes aéreos coloridos são utilizados raramente devido ao alto custo. Por isso, a técnica do pequeno formato, oportunizando a utilização de filmes fotográficos comuns coloridos, tem aplicação potencial para o estudo e mapeamento de danos em áreas de pequena extensão, por exemplo até 500 a 1.000 ha.

CIESLA (1977) analisou o uso de filme colorido e infravermelho colorido para a avaliação dos danos florestais causado por insetos nos Estados

Unidos. Ele identificou qual o melhor filme a ser usado para os diferentes tipos de insetos, florestas e condições atmosféricas.

A escala das fotografias aéreas a ser obtida no vôo aerofotográfico depende do nível de detalhamento exigido. CIESLA (1991) comentou que nos Estados Unidos, as escalas mais usadas variam de 1:4.000 a 1:24.000. Além dessas, escalas grandes são necessárias quando da contagem das árvores mortas e das que estão secando. Se os levantamentos são efetuados para a estratificação dos tipos vegetacionais e classes de danos, as escalas menores são preferidas.

As vantagens do uso das fotografias aéreas em comparação apenas com o trabalho de campo para a avaliação de danos florestais foram apresentadas por HILDEBRANDT & GROSS (1991) e são estas:

- a) as fotografias são obtidas em um ou em poucos dias;
- b) as partes das copas das árvores que possuem maior importância para a avaliação da vitalidade da árvore - o topo e as partes superiores das copas - são mais visíveis nas fotografias aéreas;
- c) a acessibilidade ao terreno não é relevante;
- d) a descoloração da copa, que via de regra inicia-se nas partes superiores das folhas e acículas, é melhor reconhecida do ponto de vista aéreo do que do terreno;
- e) a coleção de documentação das fotografias aéreas estereoscópicas relacionadas às principais árvores ou talhões para a classificação dos danos, junto com as chaves de interpretação que permanecem válidas por muito tempo, garantem um sistema estável de categorização por vários anos (constância do critério de avaliação), assim como entre regiões ou países;
- f) os resultados da interpretação podem ser verificados a qualquer tempo;
- g) não há limitação para a escolha do sistema de inventário para a amostragem, realizada em nível regional ou local, isto é, o sistema de amostragem pode ser adaptado para a finalidade do inventário;
- h) as fotografias aéreas são os documentos da situação dos danos que podem ser usados para avaliação posterior (evidência legal);
- i) em acréscimo ao inventário dos danos, as fotografias aéreas obtidas com câmera fotogramétrica podem ser usadas para outras finalidades (levantamento, planejamento, análise do terreno, etc), contudo, isto deveria ser levado em consideração quando da estimativa dos custos.

Em relação ao modo de efetuar o recobrimento aéreo do local a ser analisado, as fotografias aéreas têm sido obtidas, em geral estereoscopicamente, de duas maneiras distintas: para recobrir todo o local ou então por meio de linhas de vôo sistemáticas recobrando apenas uma determinada porcentagem do local. No segundo caso, as fotografias podem ser obtidas de toda a extensão da linha ou em pontos amostrais. A decisão de qual maneira utilizar depende, entre outros, do tamanho da área, dos recursos financeiros e técnicos alocados, do nível de precisão e do tempo para a realização do trabalho .

IMAGENS DE VÍDEO OBTIDAS DE AVIÃO

Um outro produto de sensor remoto, obtido por meio de avião, são as imagens de câmera de vídeo que estão sendo testadas para uso em mapeamento de danos causados por insetos. A sua utilização iniciou-se na década passada. EVERITT & ESCOBAR (1989), ao analisarem a situação e as aplicações dos sistemas de imagens de vídeo na avaliação dos recursos naturais, descreveram oito sistemas em uso e que vão desde simples câmeras de vídeo para imagens preto e branco, passando pelas convencionais câmeras atualmente em uso (camcorder) até os sofisticados sistemas que resultam em imagens infravermelho coloridas.

CIESLA (1991) mencionou que as imagens de vídeo têm as seguintes vantagens sobre as fotografias aéreas:

- a) a imagem é instantânea;
- b) o que está sendo gravado em vôo pode ser visto durante a missão, no monitor de vídeo;
- c) existe conversão direta da fita de vídeo para o formato digital visando ao processamento digital dos dados;
- d) baixo custo;
- e) maior probabilidade de sucesso na aquisição de dados.

Segundo LECKIE & KNEPPECK (1984) a principal desvantagem é a falta de detalhe da imagem de vídeo, resultante principalmente da falta de resolução. A resolução espacial do filme 35 mm é aproximadamente seis vezes superior a da câmera de vídeo. Os resultados obtidos por esses autores, com as imagens de vídeo inclinadas, foram insuficientes para considerar o seu uso operacional na avaliação de desfolhamento causado por inseto.

MYHRE *et al* (1987) compararam os dados provenientes do mapeamento aéreo expedito e da interpretação de fotografias aéreas e das imagens de vídeo (obtidas verticalmente) de duas áreas atacadas por besouros-da-casca e por defolhadores. Os resultados mostraram que o grau de detalhamento no mapeamento dos danos de desfolhamento foi superior ao do mapeamento aéreo expedito aliado também a uma melhor exatidão dos polígonos de danos nos mapas básicos.

IMAGENS MULTIESPECTRAIS DE SATÉLITE E DE AVIÃO

As imagens multiespectrais, obtidas de avião ou satélite, podem ser uma alternativa para o mapeamento aéreo expedito ou para as fotografias aéreas. Embora diversos estudos tenham sido efetuados, esta tecnologia não é de uso operacional para a avaliação dos danos (CIESLA, 1991).

Apesar de toda a expectativa em torno das imagens MSS do satélite Landsat, os resultados obtidos não foram satisfatórios para a avaliação dos danos causados por insetos. A sua utilização propiciou apenas o mapeamento de áreas com intenso desfolhamento (DOTTAVIO & WILLIAMS, 1983; HALL *et al.*, 1983; NELSON, 1983). O principal motivo foi a baixa resolução espacial das imagens (80 m).

A segunda geração de imagens orbitais provenientes do Landsat TM e SPOT apresentam o aumento de resolução espacial e/ou número de bandas

espectrais. Apesar dos resultados para a avaliação de danos florestais serem mais consistentes, ainda não atingiram os níveis operacionais de uso. FRANKLIN (1989), utilizando imagens SPOT e classificação automática, conseguiu mapear dois níveis de danos. Os resultados foram comparados com os obtidos de mapeamento aéreo expedito usando helicóptero como plataforma aérea. CIESLA *et al* (1989) comparou os resultados da interpretação visual da composição colorida do SPOT com as fotografias aéreas panorâmicas para o mapeamento de desfolhamento em floresta de folhosas. Áreas de desfolhamento intenso e moderado foram visíveis nas imagens orbitais. Apesar da comparação entre os dois produtos finais ser de 86%, houve considerável desacordo entre os dois sensores na classificação da intensidade do desfolhamento.

Uma das dificuldades operacionais para se utilizar as imagens orbitais para a avaliação dos danos causados por insetos, é a baixa probabilidade em obter imagens isentas de nuvens em períodos específicos do ano, nos quais os danos são mais visíveis.

As imagens multispectrais obtidas de avião apresentam as possibilidades de maior número de bandas espectrais, escolha dos comprimentos de ondas das bandas, flexibilidade de resolução espacial e flexibilidade na aquisição das imagens (LECKIE, 1987). AHERN *et al.* (1991) mostraram a eficiência de imageador multispectral para mapear o desfolhamento atual e passado; os resultados de classificação foram adequados às necessidades operacionais. Entretanto, mais pesquisas deverão ser efetuadas para o estabelecimento de um sistema operacional e de custo efetivo para os levantamentos anuais.

INTEGRAÇÃO DE DIFERENTES PRODUTOS

Quando o local a ser mapeado recobre grande extensão territorial, no caso de levantamentos regionais ou estaduais, é comum utilizar-se a técnica de amostragem e diversos produtos de sensores remotos podendo-se incluir o mapeamento aéreo expedito. Esse procedimento é denominado amostragem em múltiplos estágios. Exemplo específico é apresentado a seguir.

WERT & ROETTGERING (1968) utilizaram uma amostragem em blocos, estratificada e em dois estágios para inventariar os danos existentes em uma área de 800.000 ha. Inicialmente, o mapa, mostrando as áreas de mortalidade concentrada, obtido por meio de mapeamento aéreo expedito, foi estratificado em blocos contendo a intensidade de danos suave, moderado e severo. A seguir, foi efetuada uma amostragem sistemática com fotografias aéreas (cada ponto correspondendo a três fotografias aéreas estereoscópicas em escala 1:8.000) de intensidade variada dependendo do bloco. Os focos de infestação foram identificados nas fotografias aéreas e as árvores contadas. Em seguida os focos foram amostrados no terreno com a probabilidade proporcional ao tamanho.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICO

O sistema de informação geográfico (GIS), tecnologia computacional consistindo de "hardware" e "software", é de importância para a avaliação de pragas florestais. É diferente do sensoriamento remoto, mas se completam.

As informações provenientes do mapeamento/inventário ou do monitoramento dos danos podem ser integradas com outros dados, florestais ou não, disponíveis na forma de mapas, tabelas, textos, estatísticas, etc. Essa integração fornece subsídios para uma melhor tomada de decisões referentes a aspectos relacionados com o manejo da praga florestal. Feito de maneira manual, é demorado e difícil. Entretanto, atualmente, está havendo uma transição do uso de mapas manuais (isto é, no formato analógico) para mapas digitais (computadorizados ou automáticos). Face a isso, a tecnologia do GIS é de interesse, pois além de propiciar a integração de dados provenientes de diversas fontes, possibilita também o armazenamento, análise, gerenciamento, manipulação e display dos dados originais ou derivativos. Com o uso do GIS todos esses aspectos podem ser mostrados no monitor do computador, permitindo fácil e rápida visualização para correções, compreensão do problema ou para tomada de decisões.

DULL (1988) apresentou um exemplo da aplicação do GIS para a avaliação e monitoramento dos danos causados por um inseto desfolhador, num estado americano, no período de 1984 a 1987. O banco de dados constou de informações provenientes de várias fontes, tais como: mapas topográficos, interpretação de produtos de sensores remotos (fotografias panorâmicas, imagens de satélite), mapeamento aéreo, dados de campo, limites dos blocos de pulverização aérea.

MAPEAMENTO COM FOTOGRAFIAS AÉREAS DE PEQUENO FORMATO

Breves considerações serão feitas sobre dois estudos, de nível detalhado, realizados no Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná para mapear danos causados por agentes bióticos com o uso de fotografias aéreas de pequeno formato.

O primeiro estudo diz respeito à avaliação de danos em bracatingais não manejados causados por um inseto desfolhador, identificado posteriormente como a espécie *Dirphiopsis epiolina* (Felder, 1874) (Lepidoptera, Saturniidae). A área de estudo de aproximadamente 22 ha, localizada no município de Almirante Tamandaré, foi sobrevoada quatro vezes para a obtenção das fotografias visando ao monitoramento dos danos. Em um dos vôos foi utilizada uma câmera de vídeo (camcorder) juntamente com uma câmera 35 mm, cujos resultados foram reportados por SCHULER *et al* (1990). Entretanto, SCHULLER & DISPERATI (1989), baseando-se na interpretação e análise das fotografias 35 mm coloridas e em preto e branco, ampliadas para 1:1.500, de um dos vôos realizados e utilizando-se apenas de duas amostras de campo, obtiveram as seguintes informações:

- a) a observação da parte superior das copas de bracatinga permitiu, por fotointerpretação, verificar e acompanhar seu estado fitossanitário em função da textura, estrutura e cor;

- b) verificou-se que as copas sadias podiam ser separadas das copas danificadas;
- c) ao observar as fotografias aéreas de bracatingais danificados, verificou-se uma variação quanto à cor das copas tanto nas fotografias preto e branco como nas coloridas, porém, essa variação dependia muito do tipo de dano;
- d) o número de árvores interpretadas resultou em um erro negativo de cerca de 10,0% do que aquele verificado na reambulação; no caso das árvores danificadas esse erro foi em média 13 e 15% aproximadamente para as fotografias coloridas normal e preto & branco, respectivamente.

O segundo estudo diz respeito ao mapeamento de danos verificados em uma área de reflorestamento de *Araucaria angustifolia*, localizada no município de Quedas do Iguaçu. O reflorestamento abrangia uma área aproximadamente de 1.000 ha, implantados em 1974/75. O estudo serviu de base para uma dissertação de mestrado e os resultados apresentados por LINGNAU (1990). As fotografias aéreas 70 mm foram obtidas na escala original de 1:10.000 e ampliadas para a escala de 1:2.000. A escala grande das fotografias aéreas, além de possibilitar a observação individual das árvores e a comparação simultânea com as árvores adjacentes no talhão, propiciou o mapeamento de seis estágios de desenvolvimento dos danos. A tipologia da fotointerpretação foi a seguinte: árvore sadia, árvore pouco danificada, árvore danificada, árvore severamente danificada, árvore morta com acículas e árvore morta sem acículas. O estudo apresentou também um avaliação dos resultados de campo e de fotointerpretação simultânea, já que 325 árvores, provenientes de 12 amostras, foram analisadas quanto ao seu estado de vitalidade. Entre inúmeras outras conclusões desta comparação, verificou-se que:

- a) 66 e 59% das árvores das amostras foram classificadas como sadias, no campo e na fotointerpretação, respectivamente para a análise das árvores mortas, esses valores foram de 27 e 23%, respectivamente;
- b) 9% das árvores das amostras não foram observadas nas fotografias aéreas devido à posição sociológica, árvore tombada ou árvore não tombada (sem acículas, seca, etc).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sensoriamento remoto é uma ferramenta que pode contribuir para o manejo das pragas florestais, sendo mais aplicado nas etapas de mapeamento, inventário (se necessário) e monitoramento dos danos. Ressalta-se que os danos referem-se aos visíveis nas fotografias aéreas e que diferem em muito dos utilizados pelos entomologistas e patologistas.

O mapeamento aéreo expedito e alguns produtos de sensores remotos são usados para elaborar mapas dos danos florestais. Os produtos de sensores remotos utilizados são as fotografias aéreas (convencionais ou de pequeno formato), imagens de vídeo e imagens multiespectrais. Eles podem ser usados

de forma isolada ou em conjunto, com ou sem uso de técnicas de amostragem. Entretanto, não existe "receita" pronta que atenda a todos os casos que ocorrem na prática, uma vez que cada dano florestal causado por um inseto é um caso diferente.

Assim, apesar da amplitude e complexidade das técnicas que envolvem o sensoriamento remoto, o melhor é usar o método mais adequado como muito bem evidenciou MURTHA (1976). Ele afirmou que o objetivo do sensoriamento remoto para avaliação dos danos da vegetação é efetuar o trabalho, usando o método mais adequado, tão economicamente quanto possível, para produzir resultados que sejam socialmente os mais aceitáveis, independente se é para um aumento da qualidade do meio ambiente ou para aumentar a produção de alimentos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AHERN, F. J.; SIROIS, J.; McCOLL, W. D.; GAUTHIER, R. P.; ALFOLDI, T. T.; PATTERSON, W. H. & ERDLE, T. A. 1991. Progress toward improving aerial defoliation survey methods by using electronic imagers. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 57(2):187-193.
- CIESLA, W. M. 1969. Operational use of infrared color photography for estimating population levels of southern Pine Beetle infestation. In: *Second biennial workshop on color aerial photography in the plant sciences*. p. 117-120.
- _____. 1977. Color vs color IR photos for forest insect surveys. In: *Sixth biennial workshop - Color aerial photography in the plant sciences and related fields*. Ft. Collins, CO. p. 31-42.
- _____. 1983. The multi-faceted control of pests that damage our forests: using our national resources. *Yearbook of Agriculture*, USDA, Washington, D.C.. p. 196-203 (citado por MYHRE, 1988).
- _____. 1988. Operational use of infrared color photography for estimating population levels of southern Pine Beetle infestation. In: *Color aerial photography in the plant sciences and related fields: a compedium 1967-1983 selected papers from the first nine biennial workshops on color aerial photography in the plant sciences*, p. 202-205.
- _____. 1991. Remote sensing in forest pest management a case study from the United States. In: *Fernerkundung in der forstwirtschaft: stand und entwicklungen*. Freiburg i. Br, Alemanha. p. 100-115.
- CIESLA, W. M.; DULL, C. W. & ACCIAVATTI, R. E. 1989. Interpretation of SPOT-1 color composites for mapping defoliation of hardwood forests by gypsy moth. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55(10):1465-1470.
- DISPERATI, A. A. 1991. *Obtenção e uso de fotografias aéreas de pequeno formato*. FUPF/UFPR, Curitiba, PR. 290 p.
- DOTTAVIO, C. L. & WILLIAMS, D. L. 1983. Satellite technology: an improved means for monitoring forest insect defoliation. *Journal of Forestry*, 81:31-34.
- DULL, C. W. 1988. Forest insect and disease activity assessment utilizing geographic information systems and remote sensing technology. In: *Second Forest Service remote sensing application conference*, Mississippi. p. 355-359.

- EVERITT, J. H. & ESCOBAR, D. E. 1989. The status of video systems for remote sensing application. In: **Twelfth biennial workshop on color aerial photography and videography in the plant sciences and related fields**. Sparks, Nevada. p. 6-29.
- FRANKLIN, S. E. 1989. Classification of hemlock looper defoliation using SPOT HRV imagery. **Canadian Journal of Remote Sensing**, 15(3):178-182.
- HALL, R. J. & STILL, G. N. 1983. Mapping the distribution of aspen defoliation using Landsat color composite. **Canadian Journal of Remote Sensing**, 9(2):86-91.
- HELLER, R. C. 1978. Applications of remote sensing for vegetation damage assessment. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 44(9):1159-1166.
- _____. 1985. Remote sensing: its state-of-the-art in forestry. In: **Pecora X - Remote Sensing in forestry and range resource management**. Fort Collins, Colorado. p. 18-29.
- HILDEBRANDT, G. & GROSS, C. P. (eds.). 1991. **Remote sensing applications for forest health status assessment**. Commission of The European Communities - Directorate - General for Agriculture. Belgium. 6 chapters.
- LECKIE, D. G. 1987. Factors affecting defoliation assessment using airborne multispectral scanner data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 52(12):1665-1674.
- LECKIE, D. G. & KNEPPECK, I. D. 1986. A trial of oblique imagery from a low cost video camera system for defoliation assessment. In: **Tenth canadian symposium on remote sensing**. Edmonton, Alberta. p. 919-926.
- LECKIE, D. G. & OSTAFF, D. P. 1988. Classification of airborne multispectral scanner data for mapping current defoliation caused by spruce budworm. **Forestry Science**, 34(2):259-275.
- LINGNAU, C. 1990. **Avaliação de danos em Araucaria angustifolia**. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. p. 74.
- MOODY, B. H. 1980. The role, informational requirements, and major pest problems of the forest insect and disease survey. In: **Uses of remote sensing in forest pest damage appraisal**. Edmonton, Alberta. p. 43-50.
- MURTHA, P. A. 1972. **A guide to air photo interpretation of forest damage in Canada**. Canadian Forestry Service, Ottawa. 63 p.
- _____. 1976. Vegetation damage and remote sensing : principal problems and some recommendations. **Photogrammetria**, 32:147-156.
- _____. 1978. Remote sensing damage: a theory for detection and assessment. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 44(9):1147-1158.
- _____. 1982. Detection and analysis of vegetation stress. In: **Remote sensing for resource management**. Iowa. p. 141-157.
- MYHRE, R. J. 1988. Aerial photography for forest pest management. In: **Second Forest Service remote sensing application conference**, Mississipi. p. 153-162.
- MYHRE, R. J.; MUNSON, A. S.; MEISNER, D. E. & DEWHURST, S. 1987. Assessment of a color infrared aerial video system for forest insect detection and evaluation. In: **Eleventh biennial workshop on color aerial photography and videography in the plant sciences and related fields**. Weslaco, Texas. p. 244-251.
- NELSON, R. F. 1983. Detecting forestry canopy change due to insect activity using Landsat MSS. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 49(9):1303-1314.
- SCHULER, C. A. B. & DISPERATI, A. A. 1989. Uso de fotografias aéreas 35 mm (coloridas normal e pancromáticas P&B) na avaliação de danos em bracatinga (*Mimosa scabrella*, Bentham). In: **Simpósio latinoamericano en percepcion remota**. Bariloche. p. 223-232.

- SCHULER, C.A.B.; DISPERATI, A. A. & EMERENCIANO, D. B. 1990. Câmera de vídeo: uma perspectiva de uso no monitoramento de danos florestais em espécies folhosas nativas - o caso particular da bracatinga (*Mimosa scabrella*, Bentham). In: **VI Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**. Manaus, AM. p. 103-109.
- SOARES, R. V. 1968. **Proteção florestal**. Escola de Florestas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 175 p.
- WERT, S. L. & ROETTGERING, B. 1969. Douglas-fir beetle survey with color photos. **Photogrammetric Engineering**, (34):1243-1248.

Trabalho submetido em 06.09.93 e aceito em 18.10.93