120371

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE GEOGRAFIA

7 AEROFOTOGEOGRAFIA

São Paulo, 1972

IMPORTÂNCIA DOS DADOS DE "VERDADE TERRESTRE" NO SENSORIAMENTO REMOTO[1]

Autor: ROGER M. HOFFER[2]

Tradutor: ARNALDO GUIDO DE SOUZA COELHO[3]

1. APRESENTAÇÃO

A tecnologia do sensoriamento remoto, que vem sendo desenvolvida na América do Norte a mais de uma década, tem sido introduzida e pesquisada em nosso país a partir de 1968, por iniciativa do Instituto de Pesquisas Espaciais — INPE — (do Conselho Nacional de Pesquisas — (CNPq), localizado em São José dos Campos, São Paulo.

(1) — Trabalho apresentado pelo Prof. Dr. Hoffer, na "Reunião das Nações Unidas para o Estabelecimento e Implementação de programas de pesquisa por sensoriamento remoto", realizado no Instituto de Pesquisas Espaciais — INPE — São José dos Campos, em novembro-dezembro de 1971.

(2) — Professor-Associado, Departamento de Silvicultura e Conservação. Coordenador de Programas de Pesquisas Biogeofísicas, Laboratório para Aplicações de Sensoriamento Remoto, Universidade de Purdue, Lafayette, Indiana, E.U.A.

(3) — Engenheiro-Agrônomo, M. S., Instituto Agronômico de Campinas, Divisão de Solos, Seção de Fotointerpretação. Coordenador-Técnico Convênio IAC-INPE, Projeto Sensores Remotos.

Vários órgãos governamentais foram informados pelo INPE da nova tecnologia, a exemplo, o Ministério da Marinha, o Ministério das Minas e Energia, o Instituto Brasileiro do Café, a Universidade e a Secretaria da Agricultura de São Paulo, entre outros.

Ao mesmo tempo em que vêm procurando colaborar com o INPE, alguns dos citados órgãos procuram desenvolver e aplicar as vantagens do sensoriamento remoto segundo suas necessidades e capacidades individuais, podendo-se considerar o caso do Projeto RADAM (Radar na Amazônia), do Departamento Nacional da Produção Mineral — DNPM, bem como um projeto do Instituto Brasileiro do Café (com apôio da Organização Internacional do Café — O.I.C. — Londres, e da Organização de Agricultura e Alimentação das Nações Unidas — F.A.O. — Roma), para estudos específicos na cafeicultura.

Vem, portanto, a tecnologia do sensoriamento remoto, num crescendo de significância entre nós, sendo importante a divulgação e esclarecimento das necessidades terrestres, a serem satisfeitas para uma exata compreensão e fixação de planos de utilização objetivos, técnica e racionalmente estabelecidos. Desta forma poder-se-á, efetivamente, auxiliar-se a solução de problemas de importância nacional, dando-se retôrno aos investimento que se requerem.

O trabalho do Prof. Dr. Hoffer, que é um cientista da Universidade de Purdue e especialista no assunto, parece ao tradutor, constituir-se em um documento valioso à compreensão das necessidades que precisam ser satisfeitas, por aqueles que pretendem valer-se apropriadamente, das vantagens previstas para o uso da tecnologia do sensoriamento remoto.

Considerando o problema de língua e forma de apresentação, decidiu o tradutor colaborar para maior divulgação e aproveitamento dos magníficos ensinamentos trazidos pelo Prof. Dr. Hoffer, reorganizando o texto e incluindo esclarecimentos julgados oportunos, dado a "infância" da tecnologia entre nós e a faixa de leitores que se julga importante buscar alcançar e satisfazer.

o Tradutor

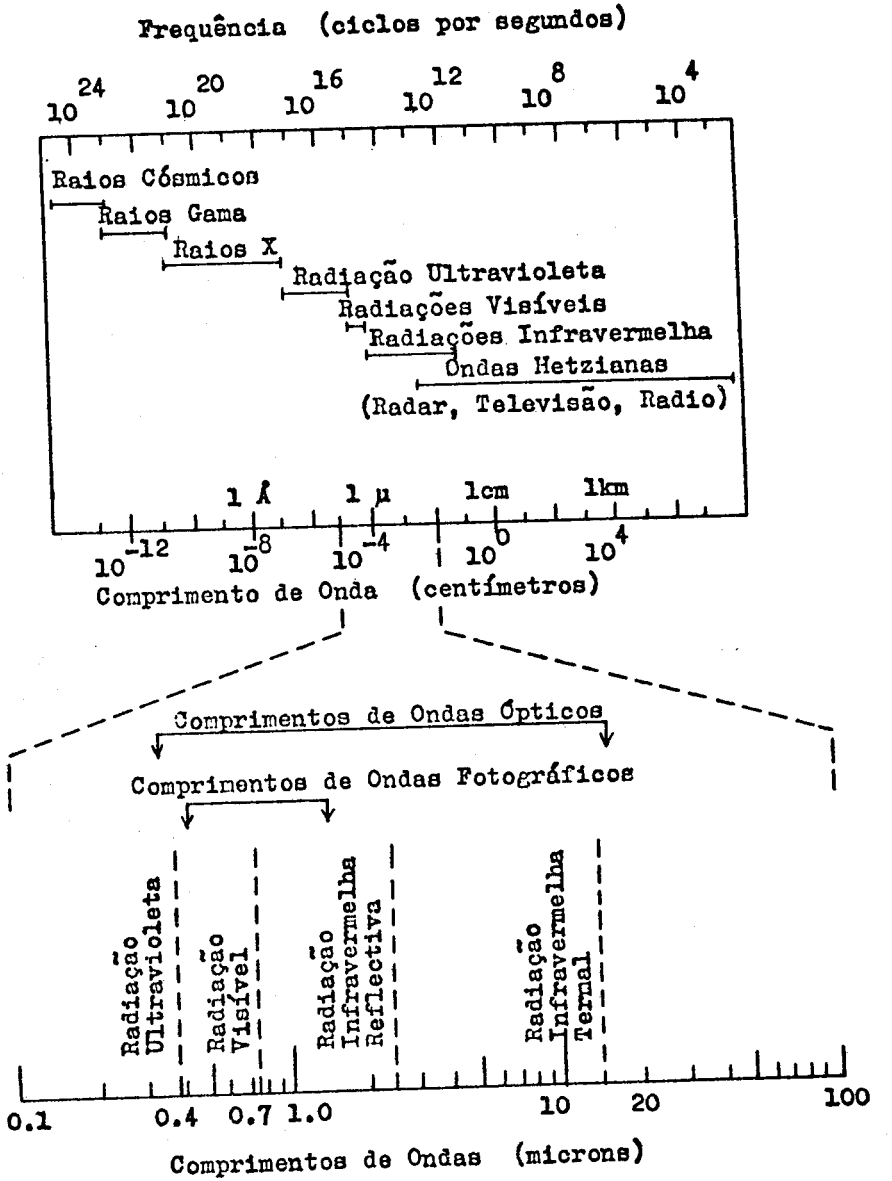

Figura 1 - O espectro eletromagnético. Notar a amplitude de comprimentos de ondas, relativamente pequena, às quais os olhos humanos são sensíveis.

2. INTRODUÇÃO

Com o advento dos satélites e a oportunidade em se obter dados sinópticos em intervalos freqüentes (4), observa-se tremendo interêsse na nova tecnologia chamada "sensoriamento remoto".

O sensoriamento remoto subentende a aquisição de informações sôbre uma porção da superfície terrestre, através do emprêgo de instrumentos operados remotamente.

Uma definição mais completa pode descrever o sensoriamento remoto como: "Ciência envolvida com a obtenção de dados sôbre a superfície terrestre ou ambiente próximo à superfície, através do emprêgo de uma variedade de sistemas sensores, usualmente transportados por aviões ou satélites, bem como o processamento de tais dados em informações úteis para o entendimento e manêjo do ambiente humano" (Hoffer, 1971).

O sensoriamento remoto é, em parte, uma extensão da aerofotointerpretação, pois também pode envolver muitos diferentes sistemas de equipamentos e técnicas de análises, muitos dos quais são enormemente mais numerosos que as possibilidades até então desenvolvidas ofereciam.

3. TÉCNICAS EM SENSORIAMENTO

A técnica mais comum para a obtenção de dados por sensoriamento remoto é a que usa os sistemas fotográficos, que envolvem muitas combinações de filmes e de filtros.

Os sistemas fotográficos oferecem muitas vantagens, mas os filmes fotográficos são sensíveis apenas à energia de limitada porção do espectro eletromagnético, segundo mostra a Figura 1.

É sabido, que valiosas informações relacionadas com características termais (temperatura e emissividade) e de reflexões de vege-

(4) — Refere-se à repetição, possível, na tomada de dados (fotográficos, por ex.), de grandes áreas da superfície terrestre a partir dos satélites em órbita (N. do T.).

tações, solos e água, podem ser obtidas com radiações de comprimentos de ondas longas, ou baixas freqüências. Para se obter dados com ondas de tais comprimentos, os sistemas mais freqüentemente usados são o varredor ou imageador óptico-mecânico ("scanner") e o radar.

Para se interpretar apropriadamente os dados obtidos pelo imageador óptico-mecânico ou pelo radar, ou mesmo alguns dos sistemas fotográficos disponíveis, o técnico precisa entender sôbre as interações energia-matéria, que ocorrem entre:

1. A vegetação, o solo, a água ou outro material na superfície da terra, e
2. A energia sendo refletida, absorvida, transmitida, dispersada ou emitida por aquêles materiais.

O conhecimento da interação entre energia-matéria, permite que as características espectrais dos materiais sejam previsíveis e, que as imagens de sensores remotos possam ser acuradamente interpretadas.

Muitos dos dados coletados por vários sistemas de sensoriamento remoto, dependentes de variações espectrais, importam à delineação dos aspectos de interêsse. Diferenças em côres, nas fotografias coloridas infravermelhas por exemplo, constituem indicações de diferenças espectrais entre os diversos tipos de cobertura vegetal de interêsse. Tais variações espectrais são extremamente importantes em, quase, qualquer tipo de pesquisa por sensoriamento remoto.

Nas pesquisas por sensoriamento remoto envolvendo vegetação, freqüentemente há o interêsse em um ou mais dos problemas:

1.º Delineação, identificação e mapeamento de espécies (mapeamento florístico);

2.º Delineação, identificação e mapeamento de grupos vegetativos, com características físicas diferentes (mapeamento fisionômico);

3.º Detecção, identificação e mapeamento de vários tipos de vegetações sob condições anormais (a exemplos, vegetação sob

tensões causadas por doenças, insetos, insuficiência de água disponível, fertilidade, poluidores do ar e da água, etc.).

Independentemente do problema envolvido verificar-se-á que, freqüentemente, o mesmo grupo vegetativo de interêsse apresentará grande variabilidade espectral. Como exemplo, trabalhando-se no mapeamento de espécies envolvendo o milho, verificar-se-á que nem todos os campos cultivados com aquele cereal apresentarão a mesmas resposta espectral. Conseqüentemente, o pesquisador precisa familiarizar-se com as causas de tais variações, de forma que os dados possam ser corretamente interpretados. Êste tipo de estudo, assim como muitos outros, irão requerer que detalhados dados de "verdade-terrestre" sejam obtidos.

4. A "VERDADE-TERRESTRE"

"Verdade-terrestre" envolve a coleção de medidas e observações relativas ao tipo, tamanho, condição e qualquer outra propriedade física ou química, que se acredita ser de importância em relação aos materiais da superfície terrestre, os quais estão sendo remotamente sensoriados.

Ultimamente, a expressão "verdade-terrestre" tem sido criticada por várias razões. Às vêzes, erros na coleção dos dados têm originado dados falsos de "verdade-terrestre", bem como pode haver tantas variáveis envolvidas, que fica-se sem saber qual a "verdade" da situação. Também, a obtenção de dados por interpretação de fotografias aéreas em escalas grandes, bem como as medições de temperaturas de massas d'água, etc., deixam margens a dúvidas quanto a, realmente, constituirem "verdades-terrestres". Assim, parece ser mais lógico o uso da expressão "observações de superfície", ou outra expressão similar, para se referir a coleção de dados sôbre materiais na ou próxima à superfície terrestre.

Independentemente da expressão usada, o tipo de dados colecionados e os procedimentos envolvidos para a coleta das "observações de superfície", precisam ser cuidadosamente definidos, para que se possa esperar o alcance dos objetivos de um projeto. Por exemplo,

estando-se interessado na identificação de espécies culturais, não haverá necessidade de informações detalhadas sôbre as condições micrometeorológicas da parte superior da cultura (5). Por outro lado, havendo interêsse no emprêgo de sistemas termais infravermelhos, para a detecção de doenças, tais dados poderão ser essenciais (6). Estando-se trabalhando com sistemas de sensoriamento remoto, como o fotográfico que atua apenas na porção reflectiva do espectro, informações relativas à umidade do solo poderão ser requeridas apenas para a superfície, sendo desnecessárias tais medições através de todo o perfil do solo (exceto se êles influenciarem a situação da superfície). Assim, não parece haver uma resposta simples para a questão: "Quais são exatamente, os tipos de observações superficiais necessárias"? O que se pode afirmar é que, os tipos de dados de observações terrestres requeridas, devem estar intimamente relacionados aos objetivos da pesquisa e aos problemas envolvidos.

Nos trabalhos do Laboratório para Aplicações de Sensoriamento Remoto da Universidade de Purdue, a melhor aproximação alcançada para a determinação dos tipos de observações de superfície requeridas, tem sido a obtenção de dados de sensoriamento remoto sôbre áreas que possuem registros completos e detalhados, em relação às características e condições das vegetações, tal como ocorre em uma estação experimental. Também se desenvolvem, no citado Laboratório, trabalhos de mapeamento de espécies agrícolas. Muitas variações espectrais para a mesma espécie e, entre espécies vegetais, tem sido observadas. Evidencia-se, a necessidade em conhecermos melhor as causas da variabilidade espectral para as várias espécies, de forma a podermos estar mais seguros quanto às possibilidades em se separar convenientemente as diferentes espécies

Dados multiespectrais e fotográficos de imageador foram obtidos de diferentes lugares na Fazenda Agrícola da Universidade de Purdue (7) bem como em áreas de testes selecionadas e próximas à cidade de Lafayette.

---

(5) — Em fotointerpretação e para nós, a parte superior da cultura ou qualquer tipo de revestimento vegetal da superfície, recebe a denominação de "telhado" (N. do T.).

(6) — Certamente, o Autor quer referir-se à detecção precoce de doenças (N. do T.).

(7) — Correspondente às nossas Estações Experimentais (N. do T.).

Foram identificadas as várias espécies e colecionados dados adicionais de parâmetros físicos fàcilmente observáveis, tais como: espaçamento na entre-linha, direção das linhas de plantio, altura da cultura, bem como descrição geral da aparência e condição da cultura. Também se obteve descrições completas e registros de dados, de selecionado grupo de agrônomos que tinham lotes experimentais de particular interêsse na fazenda. Com apôio nos informes procedeu-se a interpretação dos dados de sensoramento remoto, bem como procurou-se identificar os parâmetros responsáveis pelas variações nas respostas espectrais das espécies, além de se procurar fixar as possibilidades de diferenciação entre espécies. Quando se encontrava uma variação espectral para uma mesma espécie, procurava-se estabelecer uma hipótese para a provável causa, procurando-se depois os agrônomos responsáveis por aquele experimento, com os quais o assunto era debatido, a fim de se ter certeza quanto à inexistência de outras prováveis explicações para as variações encontradas. Freqüentemente, apesar de se observarem distintas diferenças espectrais nas imagens, em virtude do pequeno número de observaçõs pessoais no campo. não se contou com dados suficientes para explicar as variações. Tal fato levou à necessidade de se procurar obter os dados necessários depois, o que alcançou pleno êxito. O procedimento mostrou-se muito eficiente, em virtude de se haver limitado a côlher dados detalhados, em áreas de particular interêsse. Certamente se não se tratasse de uma Fazenda Agrícola, onde registros detalhados e precisos são disponíveis, o procedimento de se coletar dados depois da missão de sensoriamento poderia não ter sido bem sucedido.

5. DAS VARIAÇÕES ESPECTRAIS

Os resultados das pesquisas feitas na Universidade de Purdue, indicaram que grande número de variáveis determinaram as variações espectrais entre as espécies vegetais estudadas.

O autor apresenta um sumário das variáveis observadas, como segue:

1. Variações na quantidade de **cobertura do solo**, causada pelos diferentes tipos de solos, umidade dos solos, data de plan-

tio, falhas em germinação e plantas doentes ou atacadas por insetos, ocasionando pequeno desenvolvimento das plantas. Naturalmente, dados coletados em fases vegetativas diferentes, muitas vêzes mostravam diferenças distintas na quantidade de cobertura do solo;

2. Variações em **maturidade,** determinadas por variedades, data de plantio, tipos de solos, ou condições de umidade dos solos;

3. Diferenças em **práticas culturais,** tais como variações na quantidade e tipo de fertilizante (particularmente para as dosagens menores de fertilizantes), data e método de colheita e sistemas de plantio, determinantes de diferenças na geometria das culturas;

4. **Doenças, tensões por umidades insuficientes e infestações por insetos,** que podem causar mudanças nas características de reflexão e de emissão das plantas. Tais condições, desfavoráveis, também podem causar disitntas variações na quantidade de cobertura do solo e na geometria da cultura, acentuando as mudanças na reflexão e na emissão das próprias plantas;

5. **Configuração geométrica** da cultura, tais como as diferenças de espaçamento na e entre-linhas, direção das linhas e acamamento das plantas e

6. **Variáveis ambientais,** tais como as condições atmosféricas, vento, ângulo de reflexão em relação ao ângulo de incidência da radiação solar e as condições de umidade do solo, afetadas pelos índices anteriores de chuva, assim como pelo intervalo de tempo e as condições climáticas desde a última chuva.

6. OS MAIS IMPORTANTES DADOS DE SUPERFÍCIE

Uma vez que os estudos conduzidos em Purdue definiram as causas das variações espectrais, tornou-se possível determinar os

parâmetros de maior importância, quando se coletam as "observações de superfície", os quais foram divididos em duas categorias principais:

A. A que compreende os dados possíveis de serem obtidos por observações ou medições do parâmetro de interêsse (exemplos: direção das linhas, espaçamentos, condições do vento, infestações por insetos, doenças, etc.) e

B. A que envolve aqueles dados, que só podem ser obtidos por contacto direto com o fazendeiro ou o agrônomo, para a identificação das causas das variações espectrais, aquelas causas que não podem ser diretamente observadas e medidas (exemplos: variedade da semente plantada, data do plantio, data da colheita, práticas de fertilização, etc.).

Verificou-se que, alguns dos dados, que podiam ser obtidos diretamente pela observação ou medição (tais como, a direção das linhas e o espaçamento) e, aproximadamente, quase todos os dados obtidos indiretamente do agrônomo ou do fazendeiro, podiam ser conseguidas em qualquer ocasião, isto é, não precisavam ser coletados durante a missão de sensoriamento. Contudo, outros dados (tais como: cultura, umidade do solo, medições de temperaturas, condições da cultura, etc.) tinham que ser obtidos o mais próximo possível da missão de sensoriamento. Em muitos casos, um atraso de um ou dois dias na coleta dos dados, pode causar sérios erros na interpretação das imagens. Estudos mais recentes, envolvendo temperatura em massas d'água sensoriadas com o imageador infravermelho, indicaram que a diferença de duas horas, entre a coleta de dados de temperatura na superfície líquida e o vôo, foi crítica. Assim, novamente, os tipos de dados a serem coletados e a metodologia usada são altamente dependentes dos objetivos específicos do projeto de pesquisa, assim como das condições ou situações envolvidas.

O autor considera como aspectos mais importantes das pesquisas em sensoriamento remoto, os que envolvem o planejamento e a determinação do **tipo** de observações de superfície a serem feitas, **quando** os dados deverão ser obtidos e os **métodos** a serem usados. A fase de planejamento, para uma missão de sensoriamento remoto, é extremamente crítica.

O horário durante o qual a missão de sensoriamento é realizada tem grande importância, uma vez que as características espectrais dos materiais de interêsse mudam em função do mesmo. Tais mudanças, diurnas ou sazonais são, freqüentemente, referidas como mudanças "temporais".

7. OS TIPOS DE MEDIÇÕES

Os três tipos principais de medições, que se pode obter com sistemas de sensoriamento remoto, abrangem:

1. Dados espectrais;
2. Dados espaciais e
3. Dados temporais.

Dados os aspectos temporais da coleção de dados terem grande importância, são essenciais as informações relativas ao ciclo anual de crescimento das várias culturas ou tipos de cobertura de interêsse e a aparência de tais culturas em cada fase do ciclo vegetativo. Tais informações permitirão ao utilizador dos dados de sensoriamento remoto, uma mais efetiva programação de missões de sensoriamento. Haverá épocas durante o ano, em que será mais fácil a identificação de certas espécies vegetais, o que poderá mostrar-se extremamente difícil em outras épocas. Como exemplo, apesar de se constatar que o milho e a soja são completamente diferentes na aparência, êles são muito semelhantes quanto à resposta espectral em certas épocas podendo, também, ser diferentes em outras. Assim, nas fases iniciais das culturas consideradas, torna-se difícil a separação adequada das mesmas, seja com base em fotografias em escalas pequenas ou em dados de imageador, quando a metodologia de separação é baseada só nas respostas espectrais.

Em fase mais adiantada da cultura, depois que as espigas do milho já se formaram ou quando já se observam diferenças nas condições de senescência, as espécies podem ser separadas fàcilmente. É muito importante para os que trabalham em sensoriamento, procurarem estar muito bem informados sôbre as modificações sazonais e as respostas espectrais associadas com tais alterações. Tam-

bém é aparente a necessidade em se estar familiarizado, não apenas com as espécies vegetais que estejam interessando, mas também com a fenologia de outras culturas associadas, que poderão ser confundidas com as espécies de interêsse.

Outro aspecto da pesquisa em sensoriamento remoto, que precisa ser enfatizado, relaciona-se com a variedade dos sistemas de sensores a serem utilizados, bem como as possíveis variações de altitude. Sistemas diferentes de sensores, tais como os fotográficos, o imageador ou o radar apresentam vantagens e desvantagens. Não se deve correr riscos, preocupando-se em adiantamentos quanto ao melhor sistema. O que se deve é preocupar-se com a determinação de como utilizar-se dos vários **sistemas em combinações**, de forma a se tirar o máximo proveito possível de cada sistema instrumental. Similarmente, os dados de sensoriamento remoto deverão ser coletados de diferentes altitudes, o ideal sendo de acôrdo com a Figura 2. Sistemas de satélites e de aviões, por sua vez, também possuem vantagens e desvantagens o que requer aplicação de esfôrço para se obter o máximo de aproveitamento de cada sistema, seja para as pesquisas de aplicação dos sistemas já operacionais, seja para o desenvolvimento de novos sistemas. Por outro lado, as pesquisas em sensoriamento remoto, às vêzes, podem ser realizadas de forma efetiva e econômica, em altitudes inferiores àquelas de aviões.

Estudos realizados em Purdue, mostraram ser possível o uso de elevador, montado em chassis de caminhão, segundo mostra a Figura 2, para se coletarem dados de superfície de forma extremamente útil. Assim, abriu-se a possibilidade para o estudo de áreas restritas, em situações muito bem conhecidas, intervalos de tempo pré-estabelecidos, onde o emprêgo de aviões seria muito mais caro e, mesmo ineficientes para as condições. Como exemplo, tais estudos poderão envolver os efeitos de determinadas doenças das plantas, nas mudanças de reflectância com o tempo, assim como, os efeitos das mudanças da umidade do solo na reflectância ou emitância das coberturas vegetais naqueles solos.

Tais estudos deveriam, idealmente, envolver a utilização de espectrofotômetros de campo, forma rápida de se obter adequadas avaliações das características espectrais dos materiais de interêsse. Contudo, a experiência mostra que existem poucos espectrofotômetros,

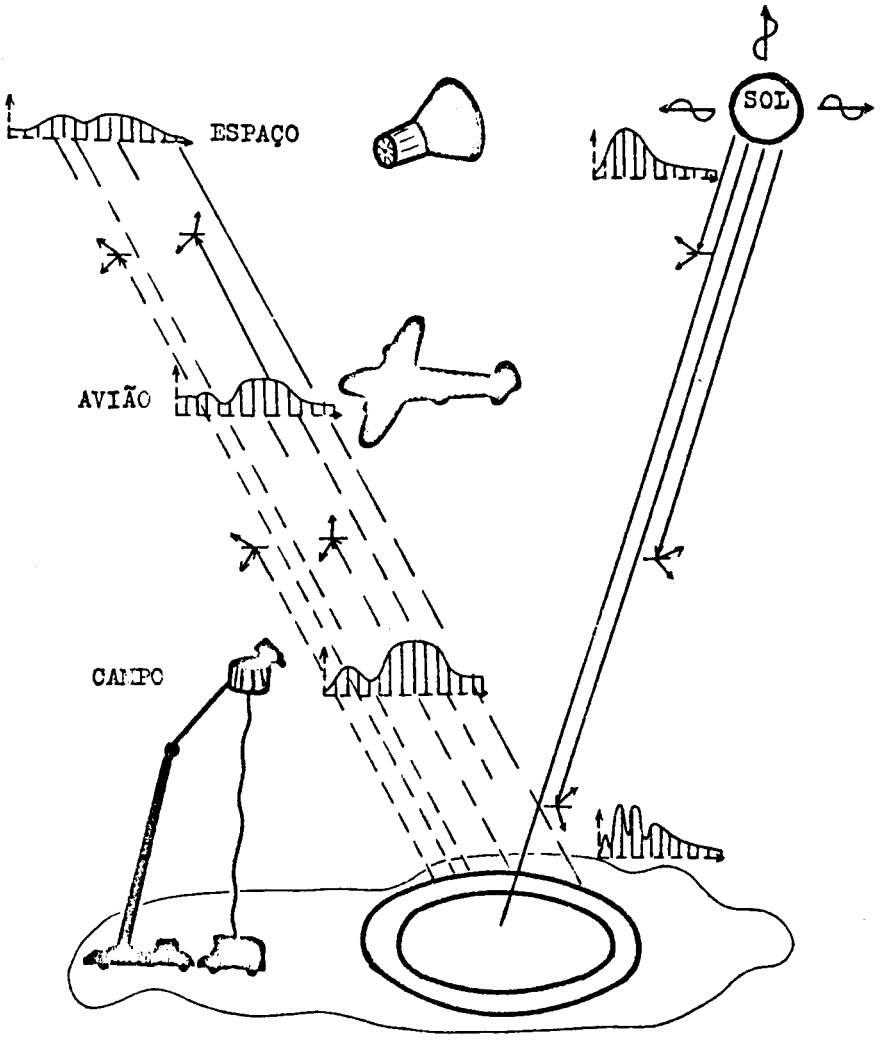

Figura 2 - Níveis múltiplos de pesquisas em sensoriamento remoto. Estudos detalhados, de campo e de escritório, relativos às características espectrais dos materiais de interêsse, têm extrema importância para a apropriada interpretação das imagens obtidas por sensoriamento remoto, tanto de aviões quanto de espaçonaves.

os quais são relativamente caros. Porém, muitos estudos necessários podem e devem ser executados de baixas altitudes, com sistemas simples de câmaras, como as de 35 mm, com combinações diferentes de filmes e filtros, à semelhança das planejadas para aviões. No considerado caso de doenças de plantas, poder-se-á conduzir da forma indicada, preliminares de baixo custo, para a determinação da melhor combinação filme-filtro para o alcance do objetivo. Tal informação poderá, então, ser aplicada para a coleta de dados por aviões.

8. O PROBLEMA DA EQUIPE DE TRABALHO

Uma vez que, freqüentemente, precisamos usar complexos sistemas de instrumentos para a obtenção dos dados de superfície e para a condução de muitos outros aspectos das pesquisas em sensoriamento remoto, concluiu-se que uma **forte equipe** de cientistas e engenheiros é essencial. Tal equipe precisará trabalhar intimamente, com respeito mútuo e compreensão. Por exemplo, um fisiologista deve conhecer muito bem as características de pigmentação das plantas, mas não precisa estar familiarizado com a instrumentação de campo, que possibilita o exame reflectância espectral das plantas, com um engenheiro-eletrônico, em análise paralela ao exemplo considerado, deve-se esperar que ocorra o inverso. Juntos, êles poderão constituir uma poderosa e dinâmica dupla, exatamente aquela reclamada pelas pesquisas em sensoriamento remoto, ou seja, dupla que poderá efetivamente utilizar vários sistemas instrumentais para o exame dos componentes biológicos e físicos do nosso ambiente, bem como correlacionar tais estudos com os dados obtidos por sensores remotos.

9. SUMARIO E CONCLUSÕES

A experiência tem demonstrado que a coleção de dados sôbre "verdade-terrestre" ou "observações de superfície", constituem a parte essencial de uma pesquisa com sensores remotos. O tipo exato de dados a serem coletados como observações de superfície, depen-

dem dos objetivos e dos problemas particulares que a pesquisa envolve. Em certos casos, fotografias aéreas em escala grande, de boa qualidade, poderão ser o tipo ótimo para observação de dados de superfície, enquanto em outras situações, poder-se-á estar na dependência de grande quantidade de medições de campo, com o emprêgo de uma variedade de sistemas instrumentais. Um dos aspectos mais importantes das pesquisas com sensores remotos, deve ser considerado antes da missão de sensoriamento, compreendendo o planejamento para se determinar **os tipos** de observações superficiais a serem obtidas **quando** elas deverão ser obtidas e quais métodos que deverão ser empregados para a coleta dos dados.

Informações temporais, envolvendo mudanças nas respostas espectrais em função do tempo, constituem dados superficiais extremamente valiosos, além das muitas outras observações de superfície também necessárias. Os dados temporais são particularmente importantes, para um bom planejamento para missões de sensoriamento.

As observações e a coleção de dados, usando-se vários sistemas sensores, poderão ser obtidos de diferentes altitudes em relação ao solo. Verificou-se, em Purdue, que um elevador montado em chassis de caminhão, permite que o pesquisador proveitosamente observe e faça medições sôbre a cobertura vegetal, usando o mesmo ângulo que a instrumentação em avião, porém de apenas 17 metros de altura. Tal método tem sido testado e provado ser muito eficiente, para coletar os vários tipos de dados relacionados com as características e condições da cobertura vegetal.

Os projetos de pesquisas de Purdue, relacionados com o ambiente natural (vegetação, solos, água, elementos do clima, etc.), utilizam uma grande variedade de complexas instrumentações. seja para obter, seja para analisar os dados de observações superficiais. A prática demonstrou a indispensável necessidade em se poder contar com uma boa equipe, composta por cientistas biológicos, físicos e eletrônicos. Tal equipe é a que permite o estudo eficiente das interações entre energia e matéria ocorrentes no ambiente natural. Assim, a fase de interpretação dos dados de sensores remotos, tem sido executada com a desejada eficiência.

Apesar do muito a ser aprendido em relação aos sistemas de sensoriamento remoto e técnicas para seu eficiente aproveitamento, grande progresso já foi alcançado nos últimos dez anos. Já existem vários sistemas operacionais, os quais vem sendo empregados em muitas partes do mundo (8).

O potencial, para a tecnologia do sensoriamento remoto, parece ilimitado em relação ao futuro.

(8) — Exemplo brasileiro é o Projeto RADAM — Radar na Amazônia — do Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, maior missão de sensoriamento remoto, até hoje, executada no mundo, abrangendo cêrca de 3 milhões de quilômetros quadrados — (N. do T.).

BIBLIOGRAFIA

ATWELL, B. H., R. B. MacDonald, and L. A. Bartolucc. 1971. "Thermal Mapping of Streams from Airborne Radiometric Scanning". Water Resources 7 (2): 228-242.

BAUER, M. E., P. H. Swain, R. P. Mroczynski, P. E. Anuta, and R. B. MacDonald. 1971. "Detection of Southern Corn Leaf Blight by Remote Sensing Techniques". Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan, Ann Arbor Michigan. (In Press).

BAUMGARDNER, H. F., S. Kristof, C. J. Johannsen, and A. Zachary. 1970. "Organic Matter on Multispectral Properties of Soils". Proceedings of the Indiana Academy of Science. 79: 413-422.

COLWELL, Robert N., (Chairman), William Brower, Glenn Landis, Philip Langley, John Morgan, Jack Rinker, J. M. Robinson, and A. L. Sorem. 1963. "Basic Matter and Energy Relationships Involved in Remote Reconnaissance". Photogrammetric Engineering XXIX: 761-799.

FRITZ, N. L. 1967. "Optimum Methods for Using Infrared-Sensisitive Color Films". Photogrammetric Engineering. 33 (10): 1128-1138.

HOFFER, R. M. 1967. "Interpretation of Remote Multispectral Imagery of Agricultural Crops". Laboratory for Agricultural Remote Sensing, Vol. N.º 1. Research Bulletin 831, Agricultural Experiment Station, Purdue University. 36 pp.

HOFFER, R. M. and C. J. Johannsen. 1969. "Ecological Potentials in Spectral Signature Analysis". In Remote Sensing in Ecology, P. Johnson, ed. University of Georgia Press, Athens, Georgia. pp. 1-16.

HOFFER, R. M., and F. E. Goodrick. 1970. "Geographic Considerations in Automatic Cover Type Identification". Proceedings of the Indiana Academy of Science. (In Press).

HOFFER, R. M. 1971. "Remote Sensing — A Tool for Resource Management". Proceedings o fthe Third International Symposium of Hydrology Professors, Purdue University, West Lafayette, Indiana. (In Preparation).

HOLMES, R. A., and R. B. Mac-Donald. 1969. "The Physical Basis of System Design for Remote Sensing in Agriculture". Proceedings of the IEEE 57 (4): 629-639.

Laboratory for Agricultural Remote Sensing. 1968. Remote Multispectral Agriculture. Vol. N.º 3. (Annual Report). Research Bulletin N.º 844, Agricultural Experiment Station, Purdue University, 176 pp.

Laboratory for Applications of Remote Sensing. 1970. Remote Multispectral Sensing in Agrculture. Volume N.º 4. (Annual Report). Research Bulletin n.º 873, Agricultural Experiment Station, Purdue University, 113 pp.

LANDGREBE, D. 1971. "Systems Approach to the Use of Remote Sensing". LARS Information Note 041571. Laboratory for Applications of Remote Sensing. Purdue University. 40 pp.

MANZER, F. E. and G .R. Cooper. 1967. "Aerial Photographic Methods for Potato Disease Detection". Maine Agricultural Experiment Station Bulletin 646.

MURTHA, P. A. 1969. "Aerial Photographic Interpretation of Forest Damage: An Annotated Bibliography". Information Report FMR-X-16, Forest Management Institute, Ottawa, Ontario. 76 pp.

MYERS, V. I., and W. A. Allen. 1968. "Electrooptical Remote Sensing Methods as Non-Destructive Testing and Measuring Techniques in Agriculture". Applied Optics 7 (9): 1819-1830.

National Academy of Sciences. 1970. **Remote Sensing With Special Reference to Agriculture and Forestry.** N. A. S., Washington, D. C. 424 pp.

SILVA, L., R. Hoffer, and J. Cipra. 1971. "Extended Wavelength Field Spectroscopy". Proceedings o fthe 7th International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan Ann Arbor Michigan. (In Press).

CORRESPONDÊNCIA E INTERCAMBIO

Laboratório de Aerofotogeografia
Instituto de Geografia — USP
Cidade Universitária — Edifício de
Geografia e História
Caixa Postal, 20.715
São Paulo, SP.

INSTITUTO DE GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
EDIFICIO DE GEOGRAFIA E HISTORIA
CIDADE UNIVERSITARIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"
Caixa Postal N.º 20.175
05508 — SÃO PAULO
(Capital)

Cairú • Imprimiu