

<p>1. Classificação <i>INPE-COM.4/RPE</i> <i>C.D.U.: 528.711.7:632</i></p>	<p>2. Período</p>	<p>4. Distribuição</p> <p>interna <input type="checkbox"/></p> <p>externa <input checked="" type="checkbox"/></p>
<p>3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>FITOSSANIDADE;</i> <i>DETECÇÃO DOENÇAS;</i> <i>ANOMALIAS VEGETAIS.</i></p>		<p>7. Revisado por <i>Antonio Tebaldi Tardin</i> <i>Antonio Tebaldi Tardin</i></p>
<p>5. Relatório nº <i>INPE-1909-RPE/242</i></p>	<p>6. Data <i>Setembro, 1980</i></p>	<p>9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor</p>
<p>8. Título e Sub-Título <i>DETECÇÃO DE ANOMALIAS EM PLANTAS ATRAVÉS</i> <i>DE SENSORIAMENTO REMOTO</i></p>		<p>11. Nº de cópias <i>06</i></p>
<p>10. Setor <i>DSR/DDP</i></p>	<p>Código <i>30.241.000</i></p>	<p>14. Nº de páginas <i>20</i></p>
<p>12. Autoria <i>Liane Antunes Maciel Lucht</i></p>		<p>15. Preço</p>
<p>13. Assinatura Responsável <i>Liane A.M. Lucht.</i></p>		
<p>16. Sumário/Notas</p> <p><i>Esta revisão foi preparada com o objetivo de fornecer as bases científicas introdutórias a futuras pesquisas na área fitossanitária, que utiliza técnicas de sensoriamento remoto. Discute-se o comportamento normal e anormal do vegetal, interagindo com a radiação. Também são abordados os trabalhos de pesquisa realizados no País e aqueles que se destacaram no exterior, até a presente data.</i></p>		
<p>17. Observações</p>		

ÍNDICE

ABSTRACT	<i>iv</i>
LISTA DE FIGURAS	<i>v</i>
1. INTRODUÇÃO	1
2. TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DE PLANTAS EM CONDIÇÕES ANORMAIS	7
2.1 - Estudo de anomalias na faixa do visível e infravermelho próximo	9
2.2 - Estudos de anomalias na faixa do termal	12
3. CONCLUSÃO	13
BIBLIOGRAFIA	15

ABSTRACT

This review was prepared to supply an introductory scientific base to professionals wishing to join efforts to study and/or to detect plant stresses through remote sensing techniques. Outstanding foreign papers in the field subject are mentioned and up-to-date studies in Brazil are presented.

LISTA DE FIGURAS

1. Espectro de absorção de uma planta sadia	3
2. Resposta generalizada dos vegetais em relação a reflectância..	6
3. Representação esquemática da interação da energia solar, da folha e do sensor	8

1. INTRODUÇÃO

Todo corpo natural à temperatura acima de zero graus absoluto emite, absorve, reflete e transmite energia eletromagnética como resultado de suas oscilações atômicas e moleculares, de forma característica, em função da sua temperatura, natureza e área da superfície. Os sensores remotos permitem qualificar e quantificar a energia proveniente dos alvos naturais, proporcionando, assim, meios para a caracterização de funções ou propriedades desses objetos. Os quatro processos (emissão, absorção, reflexão e transmissão) ocorrem simultaneamente, e suas intensidades relativas em diferentes faixas do espectro caracterizam a substância em questão, resultando numa assinatura espectral própria, que pode ser modificada, caso ocorram fenômenos climáticos desfavoráveis ou incidências de patógenos sobre elas. As alterações nos diferentes processos possibilitam o emprego de técnicas de sensoriamento remoto na agricultura, para identificar e avaliar o estado de sanidade, detectando doenças, pragas e estimando os seus estados nutricionais.

Dependendo do problema de fitossanidade que se procura detectar, escolher-se-á a região (janela) do espectro eletromagnético mais indicada. Assim é que, atualmente, nesta área, já se tem estudos nas faixas do visível, do infravermelho próximo e do termal.

Os primeiros meios de detecção de doenças, pragas e deficiências nutricionais restringiram-se ao uso de simples fotografias aéreas na tentativa de diferenciar vegetação em condições normais e anormais de sanidade. Mas, com o notável avanço da tecnologia no desenvolvimento de diferentes tipos de emulsões, junto às observações das características dos espectros foliares, ficou consagrado o uso de filmes especiais, na identificação e detecção de estresses de plantas.

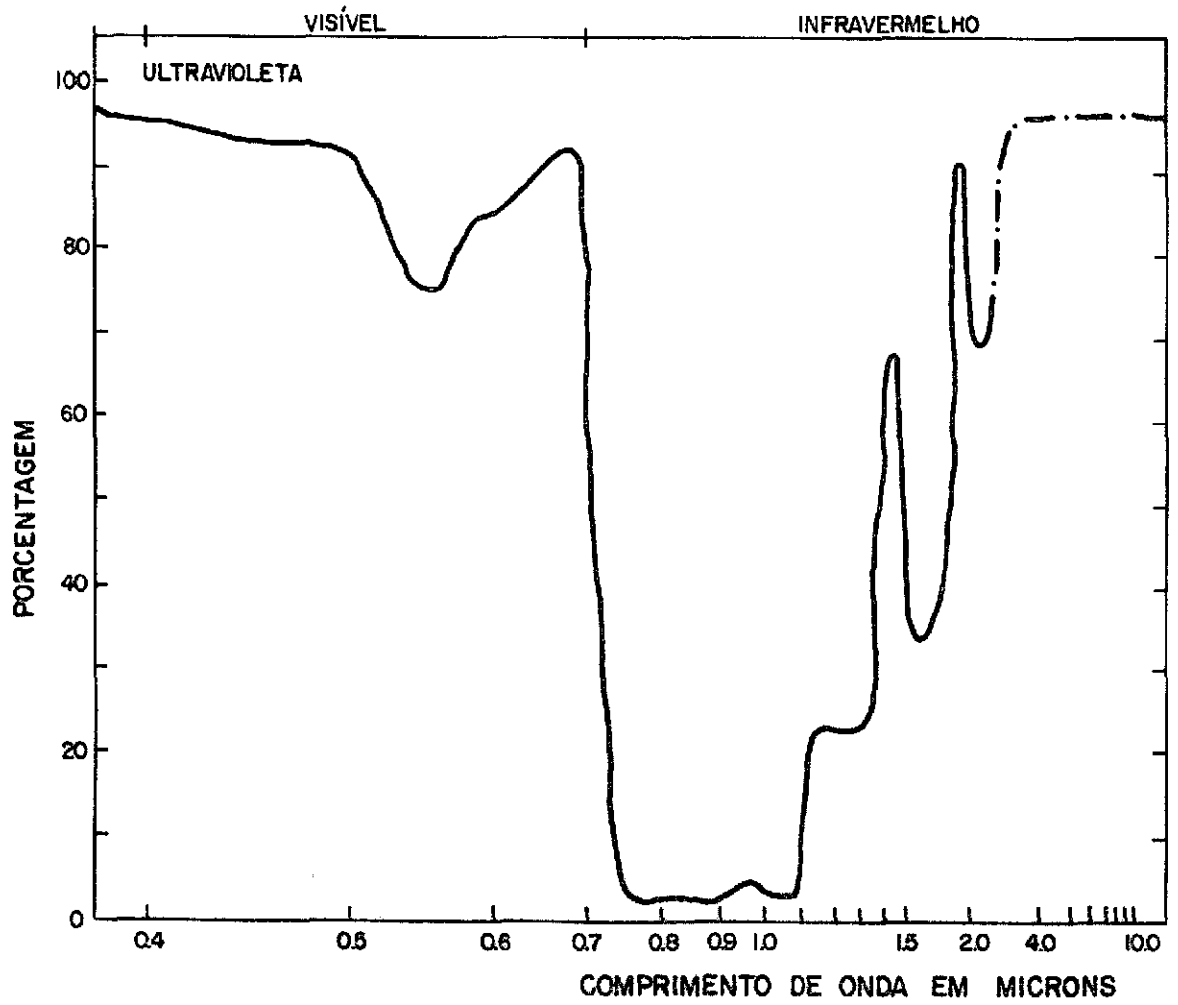
Têm-se referências do uso dos filmes "Aero IR", "Ektachrome IR", "Ektachrome Aero" e "Pancromático" na detecção de nematódios, viroses, depredações por insetos, deficiências minerais e danos provocados por seca. Apesar da eficiência destes filmes na detecção de doenças

e pragas, variar de cultura a cultura e de circunstância a circunstância, há evidências positivas de muitas culturas que o filme I.R. dá excelentes resultados. Em alguns casos, o uso deste filme permite uma detecção antecipada do problema, isto é, uma detecção do agente modificador, antes da exteriorização dos sintomas visuais. Para aquelas áreas cultivadas em que os filmes forem considerados inadequados, tem-se a possibilidade de usar dados derivados de varredores multiespectrais, coletados a nível orbital, para a detecção, por exemplo, da ferrugem do trigo.

Para um perfeito entendimento da problemática da percepção de anomalias vegetais, através de técnicas de sensoriamento remoto, ou seja, aplicação de sensores com aquele objetivo faz-se necessário e imprescindível o conhecimento do comportamento espectral de plantas normais e dos fatores não injuriantes e/ou patológicos que modificam tal comportamento, para que seja, então, possível uma diagnose dentro do complexo contexto do comportamento vegetal. Portanto, será abordado a seguir, sucintamente, as bases físicas e químicas relacionadas à fitofisiologia, na qual está estruturado todo o mecanismo da interação radiação-planta e sua detecção por instrumentos sensores.

O espectro de absorção de plantas saudáveis Figura 1 mostra claramente que estas absorvem:

- Fortemente comprimentos de onda correspondentes ao azul e vermelho;
- Razoavelmente comprimentos de onda correspondentes ao verde;
- Fracamente comprimentos de onda correspondentes ao infravermelho próximo; e
- Fortemente comprimentos de onda correspondentes à região do thermal.



ESPECTRO DE ABSORÇÃO DE UMA PLANTA SADIA

Fig. 1 - Espectro de absorção de uma planta sadia.

A absorção da luz pelos pigmentos clorofilianos e carotenóides, na banda do azul e do vermelho, permite, sem dúvida, uma notável eficiência fotossintética. Por outro lado, a fraca absorção no infravermelho próximo é de todo conveniente, pois evita que a temperatura do vegetal atinja níveis críticos, uma vez que grande parte da radiação solar está concentrada nesta faixa. A comprimentos de ondas maiores, ou seja, infravermelho termal, as folhas absorvem eficientemente, devido ao componente hídrico, constituinte das variadas estruturas fisiológicas. Porém, a intensidade solar, nestas superfícies, é pequena, sendo que a energia absorvida tem efeitos inconsequentes ao bem estar do vegetal, uma vez que um bom absorvente é um bom radiador. Assim, a planta "esfria" a si mesma, pela emissão de substancial fração de energia absorvida na banda do termal, utilizando, para isso, sua atividade biológica, transpiração e, pelo simples processo físico, a convecção. Portanto, estudos relativos à hidratação protoplasmática, através do sensoria-mento remoto, encontram, nesta região espectral, as melhores possibilidades de sucesso na realização de pesquisas que visam avaliar tal estado.

A Figura 2, ilustra o espectro característico de reflectância de folhas entre 0.5 μm a 2.5 μm . Neste intervalo, mede-se a radiação que é refletida, por meio de aparelhos, tais como o Erts Ground Truth, ISCO, Espectrofotômetros, filmes, etc., capazes de quantificar o parâmetro reflectância. A partir de aproximadamente 3 μm , região do infravermelho termal, a energia detectada por radiômetros, scanners, etc., é primordialmente devido à emissão da planta, função de sua temperatura e emissividade.

Considerando a resposta fisiológica das plantas à radiação incidente, as seguintes divisões do espectro solar são recomendadas pelo "Duch Committee on Plant Irradiation", segundo Gates (1965):

1ª Banda: > 1,000 μm - não são conhecidos, nesta região, efeitos específicos sobre as plantas. Aceita-se que a radiação absorvida pelo

componente hídrico dos diferentes órgãos, é transformada em calor, sem interferência direta em processos bioquímicos.

2ª Banda: de 1,000 μm a 0,700 μm - a radiação, neste intervalo, produz efeitos específicos de alongamento das plantas.

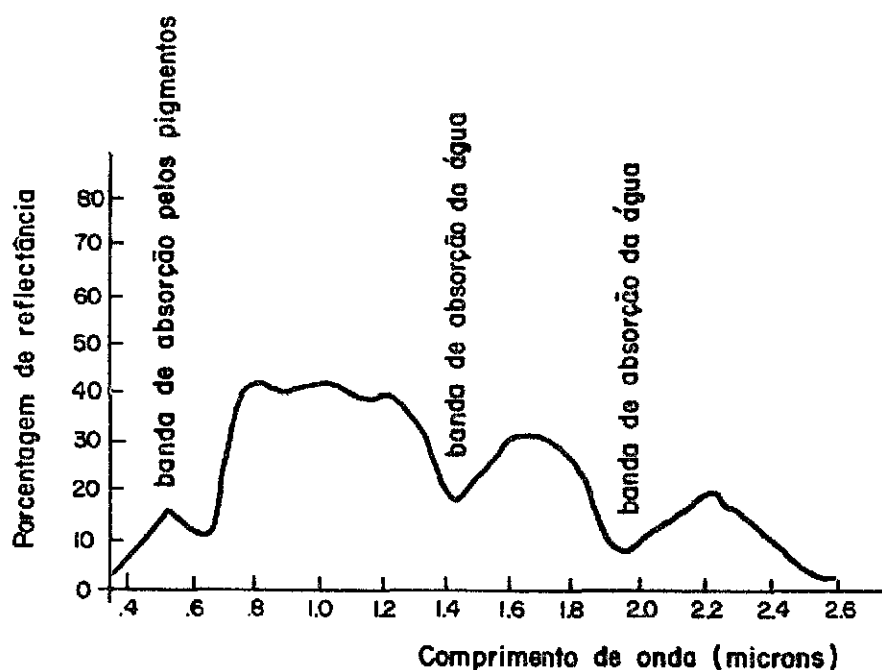
3ª Banda: de 0,700 μm a 0,610 μm - esta é a região correspondente à mais forte absorção da clorofila e à maior atividade fotossintética. Em muitos casos mostra, também, a maior atividade fotoperiódica.

4ª Banda: de 0,610 μm a 0,510 μm - tem-se, nesta faixa, uma fraca eficiência fotossintética na região do verde, conseqüentemente, pequena atividade de planta no sentido de formar estruturas, tecidos etc..

5ª Banda: de 0,510 μm a 0,400 μm - nesta banda do azul-violeta, há intensa atividade fotossintética, com forte absorção dos pigmentos clorofilianos e carotenóides, resultando em acentuados efeitos formativos. Quanto à região do ultravioleta esta é, usualmente, dividida em três grandes segmentos: de 0,315 μm a 0,400 μm - região caracterizada pela grande fluorescência vegetal, onde as emulsões fotográficas apresentam excelente resposta; de 0,28 μm a 0,315 μm - radiação de significante poder germicida e de efeitos antirraquíticos, decorrentes da produção de vitamina D; e abaixo de 0,280 μm - radiação também de poderoso efeito anti-patogênico, quando bem dosada, sendo obtida somente por meio de lâmpadas, não ocorrendo, portanto na superfície terrestre, pois se as sim fossem efeitos letais resultariam sobre os vegetais. De maneira geral, no entanto, muito pouco se conhece sobre a influência da radiação ultravioleta. Na Alemanha, alguns trabalhos estão sendo desenvolvidos, embora utilizando técnicas convencionais. Para aplicações de técnicas de sensoriamento remoto, o interesse é diminuto, visto a enorme absorção pela atmosfera daqueles comprimentos de onda.

Inúmeros são os fatores que modificam as assinaturas espectrais das espécies. Alguns são intrínsecos à própria planta como, por exemplo, a parte desta, considerada para a obtenção da assinatura. No tou-se, em vários experimentos, que as faces dorsais e ventrais das fo

lhas, de acordo com a faixa espectral selecionada, respondem com intensidades diferentes. O índice de área foliar, a geometria e idade da cultura, bem como os fatores externos à planta, ou seja, a influência de alvos do "background", o posicionamento do iluminante em relação ao vegetal, fenômenos solares, a própria composição atmosférica, que muitas vezes reduz a radiação proveniente do sol, não permite a obtenção de uma assinatura de forma imutável e única. Deduz-se, então que dificilmente as assinaturas espectrais, obtidas em laboratórios apresentam similaridades àquelas tomadas ao nível de verdade terrestre ou níveis orbitais, sendo difícil, se não impossível, de serem duplicadas. Tais, influências, necessariamente, exigem pesquisas cuidadosas de campo, na área do fitossanitarismo, através do emprego de sensores remotos, para definir o comportamento resultante naquelas condições particulares do momento, antes mesmo da incidência de agentes bióticos, se uma avaliação do estado de saúde de uma cultura é requerida.



Resposta generalizada dos vegetais em relação a reflectância

Fig. 2 - Resposta generalizada dos vegetais em relação a reflectância.

2. TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DE PLANTAS EM CONDIÇÕES ANORMAIS

A notável adaptabilidade das plantas ao meio, bem como a sua habilidade em compensar muitas influências, produzem alterações nos seus mecanismos biológicos intrínsecos. Estes influenciam as relações entre energia refletida, absorvida e transmitida, sem, haver, necessariamente, causa de origem patogênica da alteração da assinatura espectral, o que dificulta a interpretação de dados obtidos remotamente. No entanto, considerando que o ataque de pragas e doenças e o excesso e/ou deficiência de um elemento químico, também, podem causar problemas, tais como, cloroses, necroses, enrolamento das folhas, mudanças de coloração, modificações fenotípicas etc., torna-se, em princípio viável, o emprego de técnicas de sensoriamento remoto, sejam elas fotográficas, radiométricas ou espectrofotométricas na detecção daquelas anomalias.

A Figura 3 mostra uma representação esquemática da interação da energia solar, folha e sensor. O tecido esponjoso do mesófilo foliar, pelas suas características estruturais, constitui um bom refletor para a energia radiante, incluindo os comprimentos de onda correspondentes ao infravermelho próximo. Esta energia passa pelo tecido paliçádico, cuja característica marcante é a de possuir cloroplastos, que absorvem o azul e o vermelho, refletindo o verde no visível. Se por determinada razão as relações normais entre os tecidos são fortemente modificadas e a planta começa a perder o vigor, o mesófilo entra em colapso, e, como resultado, ocorre uma diminuição da reflectância das folhas no infravermelho próximo. Porém, a mudança das relações, como no caso de água-planta, pode ocorrer antes que existam alterações na parte visível do espectro, desde que nenhuma alteração tenha ocorrido, ainda, na quantidade e qualidade da clorofila das células parenquimatosas do tecido paliçádico. Pode-se observar, assim, que a radiação refletida, proveniente da região de comprimento de ondas do espectro eletromagnético da região do visível e do infravermelho próximo, informa mais sobre alguns componentes da planta, enquanto que a detecção da radiação emitida, na região do infravermelho termal, diz sobre a planta como um to

do, uma vez que a temperatura, por ser uma grandeza não limitada a um só ponto do alvo, representa um estado em geral, assumindo, portanto, importância fundamental para o sensoriamento remoto.

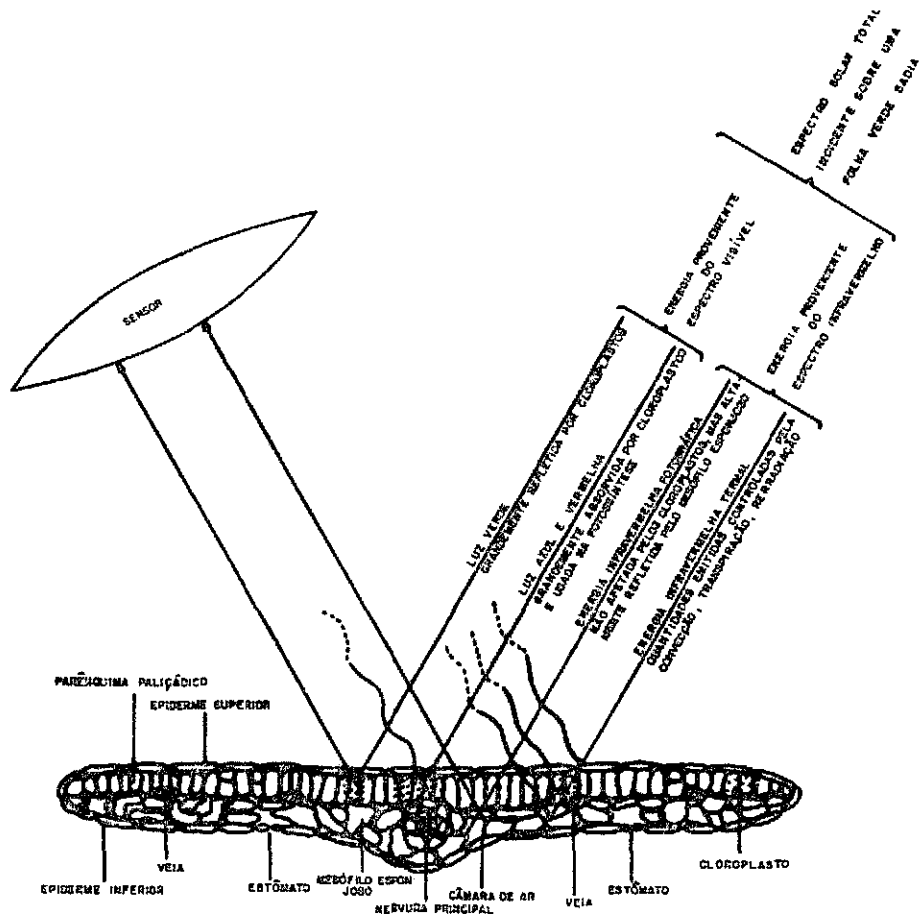


Fig. 3 - Representação esquemática da interação da energia solar, da folha e do sensor.

Fonte: Calwell et al (1966).

Muitas vezes, o técnico na pesquisa de um problema fito-sanitário tem a possibilidade de convenientemente, optar por uma ou outra faixa espectral. Mas, na maioria dos casos é de todo desejável o emprego simultâneo de várias bandas, dada as deficiências inerentes impostas pelo uso de uma faixa espectral limitada.

No caso da falta de água por exemplo, há várias maneiras pelas quais as manifestações da deficiência se evidenciam. Duas delas são prontamente enquadradas como possíveis de serem pesquisadas por sensoriamento remoto: a mudança do conteúdo de água, que é evidente por alterações morfológicas e fisiológicas (faixa do visível), e as alterações no balanço de energia, evidentes através da mudança da temperatura (faixa do termal).

2.1 - ESTUDOS DE ANOMALIAS NA FAIXA DO VISÍVEL E INFRAVERMELHO PRÓXIMO

O fenômeno da reflectância no visível (0.4 - 0.7 μm) está intimamente relacionado com a presença da clorofila e outros compostos da folha, enquanto que o comportamento da reflectância no infravermelho próximo é altamente correlacionado com a área e orientação das paredes celulares, bem como a quantidade de espaços intercelulares. Segundo Gates (1965), esta significância tornou-se evidente em experimentos de detecção de deficiência de água, realizados com soja e milho. Na realidade, até o momento, pouco se sabe da exata relação dos déficits de água de culturas e a reflectância na faixa de 0.4 a 0.7 μm . Aceita-se que está intimamente relacionado à sequência de eventos metabólicos. Segundo Slatyer (1967), na presença de um estresse há uma migração acelerada do fósforo solúvel e compostos nitrogenados, principalmente, de folhas mais velhas para o caule. Tal reação, provavelmente, poderia ser detectada por uma alteração na faixa visível do espectro. Porém para uma avaliação do conteúdo de água de uma planta a reflectância entre 1.3 a 2.6 μm deverá ser cuidadosamente examinada. Estudos feitos nos Estados Unidos com culturas de trigo, aveia, algodão, milho, sorgo granífero e soja concluíram que quanto maior o conteúdo de água dessas plantas, menor a reflectância e maior a absortância. Entretanto, observou-

-se que as curvas espectrais resultantes são diferentes para um mesmo teor líquido, o que abre boas perspectivas para o emprego de técnicas de sensoriamento remoto, no que diz respeito a esse problema. Não se conhecem pesquisas realizadas, no País, referentes a problemas de deficiência hídrica, utilizando as faixas do visível e do infravermelho próximo. Entretanto, alguns estudos já foram realizados visando a detecção de danos em culturas.

Chen (1975) com o objetivo de avaliar técnicas de sensoriamento remoto no reconhecimento de comunidades vegetais e caracterizar feições fisiográficas e geológicas para auxiliar na prospecção de jazidas utilizou o "Kodak 2443 Infrared Aerofilm", sensível à radiação entre 750 ~ 900 nm. Este trabalho foi possível de ser desenvolvido pelo fato dos níveis de tolerância à toxidez de metais pesados variarem para cada planta.

Tardin et al (1975), pela análise de imagens do filme 2443 (infravermelho colorido), apresentaram uma avaliação dos danos causados pela geada no noroeste do Paraná, quando esta afetou culturas importantes tais como o trigo e o café. Os dados obtidos remotamente com a câmara fotográfica RC-10 foram interpretados visualmente, chegando-se a identificar estágios diferentes de desenvolvimento para o trigo, e as seguintes classes para o café: jovem, exuberante, não exuberante e eradicado. Verificou-se que as áreas ocupadas por café foram totalmente atingidas pela geada, não sendo observados cafeeiros que mostrassem aspectos normais. Através dos dados obtidos em campo e por fotografias, também foram fornecidos percentagens de perda na produção de trigo.

Tardin et al (1977) deram sequência ao trabalho anterior, testando a utilização de imagens LANDSAT, através de um sistema de classificação automática, na avaliação de danos de geada em café e trigo. Os resultados obtidos mostraram que, dependendo da cultura, o erro na classificação pode ser maior ou menor. Trigo, por exemplo, foi uma classe que apresentou assinatura espectral bem definida, embora não tenha sido possível separar, automaticamente, trigo normal do anormal. Por

outro lado, foi possível a caracterização de áreas, com café, atingidas pela geada.

Vasconcelos et al (1976) realizaram o primeiro trabalho, no Brasil, com técnicas de sensoriamento remoto na área do fitossanitarismo, detectando a doença "fumagina" (*CAPNODIUM CITRI*), na cultura de Citrus. Pela interpretação do filme infravermelho colorido, constatou-se que plantas atacadas apresentavam-se com uma coloração "café castanho", em contraste com plantas saudáveis, de tonalidade vermelha.

No exterior, muitas foram as aplicações das técnicas não convencionais em questões de ordem fitossanitária.

Gausman et al (1970), utilizando o filme Ektachrome IR, estudaram a severidade e a extensão de áreas salinas cultivadas com algodão, tendo sido registrado, em tons vermelho escuros, as plantas afetadas, contrastando com as plantas saudáveis, que se apresentaram em tons vermelho vivos ou rosas. O trabalho de pesquisa de maior impacto e sucesso foi realizado na Inglaterra com o emprego de fotografias IR, quando Manzer e Cooper (apud Lintz e Simonet, 1976) detectaram, em 1967, a mela da batata causada por *PHYTHOFTORA INFESTANS*.

Nos anos 70, os EUA (veja Bauer et al, 1971 e Kumar e Silva, 1974), montaram um experimento para avaliar a extensão e severidade do ataque do fungo *HELMINTHOSPORO MAYDIS*, na grande região produtora de milho, denominada de "corn belt". A percepção antecipada de focos de infestação foi detectada, mas com pequena precisão, pelo fato do agente patológico estar localizado nas folhas mais inferiores. Entretanto, à medida que a infestação progredia, foi possível classificar cinco níveis de patogenicidade, com um varredor multiespectral de 12 canais, atuando desde 0.4 μm até 11.7 μm .

Vários outros trabalhos foram ainda realizados fora do País, como o de Younes et al (1974) que detectaram sintomas pré-visuais das deficiências minerais de fósforo e potássio, do milho, na região do

infravermelho, ao passo que a região do visível provou ser eficiente na detecção da deficiência do nitrogênio, sendo possível separar, remotamente, plantas com sintomas da carência daqueles três elementos.

2.2 - ESTUDOS DE ANOMALIAS NA FAIXA DO TERMAL

A medida de temperatura das plantas é uma técnica usada para exames das relações planta-água da umidade de solos e para a detecção e ocorrência de solos salinos.

Certas propriedades das plantas como sua capacidade de absorver radiação e dissipar o excesso de radiação é que influenciam a temperatura do vegetal, através das estruturas foliares de ordem histológica e anatômica. A transpiração, por exemplo que a protege de um super-aquecimento e a respiração que a esfria através de liberação de algum calor.

Lucht e Ghizoni (1978), baseados num modelo teórico que leva em consideração parâmetros ambientais e fisiológicos, afirmam que qualquer planta sob condições de estresse tem suas temperaturas de radiação alteradas. A detecção dessa alteração, no entanto, fica na direta dependência do limite de sensibilidade do aparelho sensor. O estudo mencionado teve sequência em 1979, quando desenvolveram um método de detecção do estresse de água na cana-de-açúcar. Para tal, foi utilizada a faixa espectral compreendida entre 8 e 14 μm e o Radiômetro de Precisão, modelo PRT-5, no nível de campo e o Imageador de Infravermelho Térmico, montado a bordo de uma aeronave. Este trabalho indicou que as plantas do gênero *Saccharum* aumentam suas temperaturas quando em condições de falta de água. Embora o acréscimo das temperaturas da cana-de-açúcar não seja grande, comprovou-se que o monitoramento do estado hídrico daquela vegetação é plenamente realizável, não havendo necessidade de uma abordagem multitemporal, quando se pretende estabelecer a época em que as plantas começam a sentir a problemática da carência hídrica.

Muitas medidas de temperatura foram feitas por Wiegand et al (1968), Gates (1953) e outros mostrando que diferenças significantes de temperatura eram causadas por diferentes taxas de transpiração. As principais culturas estudadas foram o trigo, a soja, o centeio, a cevada e o algodão.

3. CONCLUSÃO

O avanço tecnológico fez-se sentir sobremaneira com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto, na área do fitossanitarismo, pois através da sua adoção obtém-se uma visão global do dinâmico processo agrícola, base essencial na economia e bem estar, principalmente, de países em desenvolvimento.

Considera-se que no Brasil, atualmente, as pesquisas estão, ainda, em estado embrionário, sendo limitado o número de trabalhos em estresses de nossas principais culturas.

Vê-se, no entanto, que neste momento em que a nação busca um estado de equilíbrio, que as informações fornecidas pelos sensores remotos, são cada vez mais necessárias, sendo de fundamental importância a detecção e a solução de problemas de ordem sanitária, através de pesquisas não convencionais.

A aquisição e análise de dados orbitais em tempo real, com a sua conseqüente manipulação pelos órgãos de estratégia governamental, devem otimizar as tomadas de decisões, posicionando-as com sucesso, dentro de um programa de política agrícola, tecnicamente delineada e aplicada.

BIBLIOGRAFIA

- BAUER, M.E.; SWAIN, P.H.; MROCYNSKI, R.P.; ANUTA, P.E.; McDONALD, R.B.
Detection of southern corn leaf blight by remote sensing techniques.
In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 7.;
Ann Arbor, MI, 1971. Proceedings. p. 633-704.
- CHEN, S.C. *A preliminary report on the geobotanical geochemical Survey
of the vazante area - Minas Gerais - Brazil.* São José dos Campos,
INPE, Oct. 1975. (INPE-765-NTE/032).
- GATES, D.M. Radiant energy, its receipt and disposal. In: AMERICAN
METEOROLOGICAL SOCIETY. *Agricultural Meteorology.* Boston, MA, 1975.
(Meteorological monographs, V 6, N. 28).
- GATES, D.M.; TRANTRAPORN, W. The reflectivity of deciduous trees and
herbaceous in the infrared to 25 um. *Science*, 155 (): 613-616,
June. 1953.
- GAUSMAN, H.W. Leaf reflectance of near infrared. *Photogrammetry
Engineering*, 40 (2): 183-191, 1974.
- GAUSMAN, H.W.; ALLEN, W.A.; CARDENAS, R.; BOWEN, R.L. Color photos,
Cotton Leaves and Soil Salinity. *Photogrammetry Engineering*, 36 (5):
454-459, 1970.
- GAUSMAN, H.W.; ALLEN, W.A.; WIEGAND, C.L.; ESCOBAR, D.E.; RODRIGUEZ R.
R. Leaf light reflectance, transmittance, absorptance, and optical
and geometrical parameters for eleven plant genera with different
leaf mesophyll arrangements. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE
SENSING OF ENVIRONMENT, 7., Ann Arbor MI, 1971. Proceedings. p.
1599-1625.
- KUMAR, R.; SILVA, L.F. Statistical separability of spectral class of
Blighted Corn. *Remote Sensing of Environment*, 3 (2): 109-115, 1974.

LUCHT, L.A.M. GHIZONI, C.C. *A temperatura das plantas e avaliação de culturas através de imagens termais*. São José dos Campos, INPE, out. 1978. (INPE - 1368-NTI/116).

LUCHT, L.A.M. *O uso da temperatura da radiação para detectar o estresse de água na cultura da cana-de-açúcar*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1979. (1767-TDL/028).

SIMONETT, D.S. Remote sensing of cultivated and natural vegetation: cropland and forest land. In: LINTZ Jr., J.; SIMONETT, D.S. *Remote sensing of environment*. Reading, MA, Addison-Wesley, 1975. cap. 13, p. 109-115.

SLATYER, R.O. *Plant-water relationships*. London, Academic, 1976.

TARDIN, A.T.; PALESTINO, C.V.B.; SONNENBURG, C.R. *Assessment of the damage caused by the frost of 1975 to coffee and wheat crops in the northwest of the state of Paraná using LANDSAT imagens with automatic classification*. São José dos Campos, INPE, Mar. 1977. (INPE-1077-NTE/078).

TARDIN, A.T.; SANTOS, A.P. dos.; LEE, D.C.L.; BATISTA, G.T.; HARA, H.; SANTOS, J.R.; HERNANDEZ FILHO, P.; NOVAES, R. A. CHEN, S. C.; SHIMABUKURO, Y.E. *Uso de sensoriamento remoto para avaliação de danos causados pela geada no Nordeste do Paraná*. São José dos Campos, INPE, set. 1975. (INPE-745-NTE/026).

VASCONCELOS, H.O.; CASTRO, J.A.B. de; DRUMOND, O.A.; BATISTA, G.T.; TARDIN, A.T.; LUCHT, L.A.M. *Deteção de "Fumagina" (Capnodium citri, Webber) usando filme infravermelho colorido*. São José dos Campos, INPE, out. 1976. (INPE-955-NTE/070).

WIEGAND, C.L.; HELLMAN, M.D.; GERBERMANN, A.H. Detailed plant and soil thermal regime in agronomy. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 5., Ann Arbor, MI, 1968. Proceedings. p. 325-341.

YOUNES, H.A.; ABDEL-Aal, R.M.; KHODAIR, M.M.; ABDEL-SAMIE, A.G. Spectral reflectance studies on mineral deficiency in corn plants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 9., Ann Arbor, MI, 1974. Proceedings. V.2, p. 1105-1125.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Centro de Pesquisas Agronômicas. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo*. Rio de Janeiro, 1960. 634p. (Boletim 12).

MENDONÇA, F.J. *Uso de dados do LANDSAT para avaliação de áreas ocupadas com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1980. (INPE-1713-TDL/023).

VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. *Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT-1) como base para levantamento de solos*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1976. (INPE-912-TPT/030).