

# USO POTENCIAL DOS SENSORES REMOTOS

## ANTECEDENTES

A partir de 1968, por iniciativa da Comissão Nacional de Atividades Espaciais, hoje Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), começou a desenvolver-se em nosso país um novo ramo científico, o do sensoriamento remoto.

Os estudos e aplicações abrangem os campos: Agricultura e Silvicultura, Geografia, Cartografia, Geologia, Oceanografia, Hidrologia, Urbanismo etc., com a participação de especialistas em disciplinas correlatas importantes, entre as quais, a exemplo, a da computação eletrônica.

Tal fato teve início em cooperação com a "National Aeronautics and Space Administration" NASA — dos E.U.A., em uma primeira fase designada A e que compreendeu o treinamento, por seis meses, de um grupo multidisciplinar (principalmente em geociências) de técnicos brasileiros, junto ao "Manned Spacecraft Center", da NASA, em Houston, Texas; a Universidades e outras entidades participantes dos E.U.A.

## O QUE SÃO OS SENSORES REMOTOS

São aparelhos, capazes de captar e registrar características das superfícies; de corpos sobre ou nas mesmas; ou de ambos, abrangendo, em seu mais alto grau, instrumentos que não requerem contato físico com as superfícies ou corpos, para coleta das informações desejadas.

Seguiram-se as fases B e C, compreendendo a primeira seleção de áreas-testes no Brasil e, a segunda, sensoriamento de tais áreas por avião da NASA.

Enquanto propiciava elementos para início dos estudos e aplicações, a par da difusão e treinamentos de iniciação para número maior de técnicos entre nós, o INPE providenciava plataforma de pesquisas (Avião Bandeirantes), equipamentos sensores e laboratórios para processamento de dados, para nossa autonomia e prosseguimento das pesquisas, na fase C, hoje substituída pela atual fase, D, que subentende continuidade e novas pesquisas no campo, sob a denominação geral de vôos operacionais.

A expressão agrupa aparelhos, alguns já bem conhecidos e de rotineira utilização em campos científicos específicos, enquanto outros tiveram desenvolvimento na última década, para a coleta e estudo de dados, funções das ações da energia eletromagnética, dos campos de forças e da energia acústica, quer seja sobre a superfície terrestre, os corpos sobre ela, ou ainda, ação daqueles fatores através das superfícies dos corpos (abrangendo os meios líquidos).

---

**ARNALDO GUIDO DE SOUZA  
COELHO,** Instituto Agronômico  
de Campinas, Divisão de Solos,  
Seção de Fotointerpretação.

---

Atualmente, os sensores remotos, que permitem os sensoriamentos ou multisensoriamentos remotos ou espectrais, devem ser encarados sob dois aspectos, um que subentende estudos terrestres e, outro, o que envolve as explorações espaciais extra-terrestres.

Em outro sentido, tais aparelhos traduzem o esforço humano no sentido de obter informações melhores, mais extensivas, em prazos mais curtos, com repetibilidade, grande economia e que permitam tomadas de decisões urgentes face a determinados tipos de problemas. É a perspectiva futura da forma com que se irão estudar os fenômenos que ocorrem na natureza e que requerem, cada vez mais, amplo conhecimento, seja para a constatação, a redução ou a eliminação de fatores adversos à sua plena utilização.

Tem-se como certo que, com tais conhecimentos, haverá melhor orientação para maior e ou-

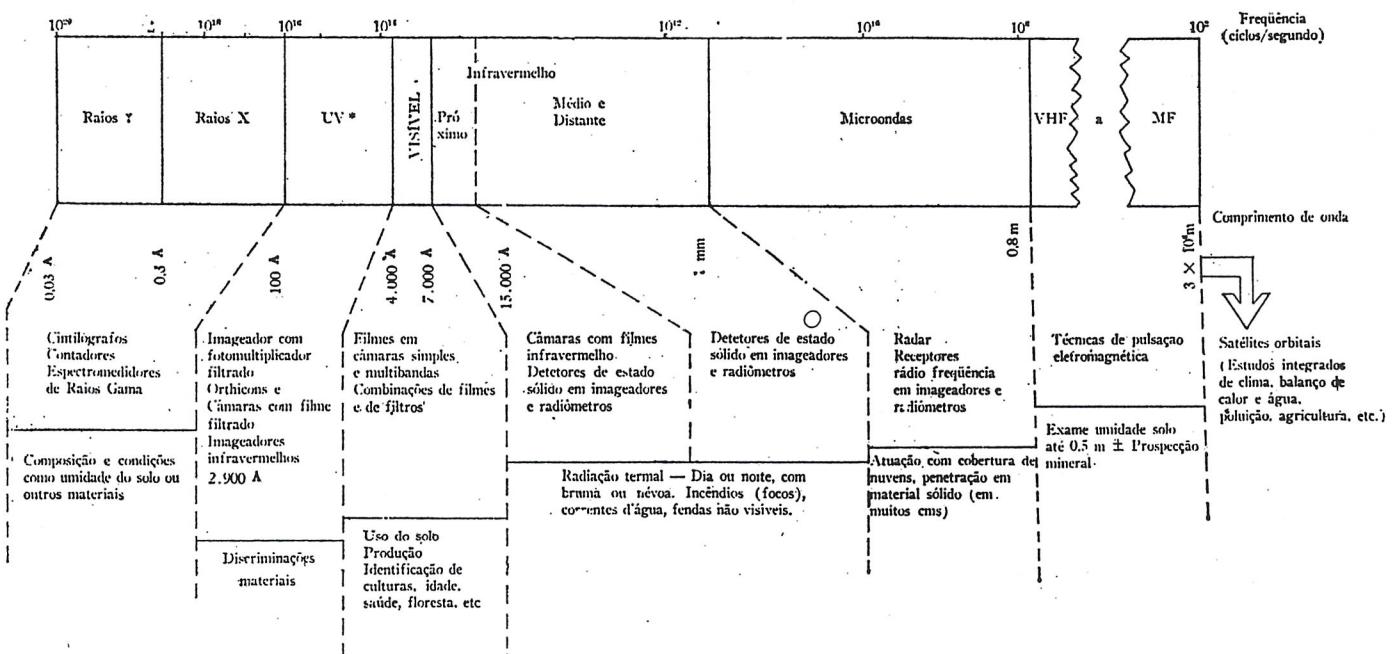
mais efetiva e necessária utilização e conservação dos recursos naturais.

Outro aspecto preliminar a ser considerado atualmente, diz respeito à utilização global ou parcial de tais equipamentos, ou seja, sua utilização para estudos gerais ou parciais. Certamente, o ideal é o uso global que, contudo, não dispensa ou invalida as excelentes perspectivas para estudos e pesquisas em áreas restritas, através da utilização progressiva (segundo as disponibilidades, antes de tudo técnicas e depois econômicas) dos equipamentos já disponíveis.

### ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E OS APARELHOS SENSORES REMOTOS

A Figura 1 mostra o espectro eletromagnético e as suas divisões; enquanto o Quadro 1 relaciona alguns aparelhos sensores remotos francamente em uso.

**Fig. 1.** O espectro eletromagnético e os aparelhos sensores remotos. (Adaptado de: Parker e Wolf, 1966 e University of Michigan, Research News, 1968).



\* UV — Espectrofotômetro de absorção atômica (é aproximação do sensoriamento no UV — a maioria das linhas de absorção atômica caem nesta faixa. É importante em oceanografia, mineração e petróleo..

#### QUADRO 1

##### Principais aparelhos sensores remotos

Aparelhos	Características (sensibilidade)	Aplicações
Câmaras métricas (1)	Desde ultravioleta até infravermelho	Desde mapas planimétricos até estudos detecção doenças, incêndios, etc.
Câmaras multibandas (1) Imageador termal Radar	Idem Infravermelho distante Acima limite humano	Idem Estudos sobre umidade e temperatura Mapeamentos, agricultura, geologia, etc.
Escaterômetro Laser Receptor rádio-freqüência Medidores gravidade (2) Sismômetros (2) Cintilômetros (2) Magnetômetros (2) Sonar Televisão	Idem Feixe luz coerente Radiação eletromagnética Idem Energia acústica Radioatividade Campos de força Energia acústica (som) Associação de microondas (imagens) e som (rádio)	Idem Perfilógrafos  Comunicações, medições, localizações jazidas minerais, etc.  Estudos agrícolas, geológicos etc., em tomadas diretas ou em circuitos fechados (preto e branco e ou colorido).

1. Câmaras { Para uso com luz natural (diurna)  
                  { Para uso noturno

2. Sensores de campo de força: mineralogia e petróleo (explorações geofísicas).

#### A MISSÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO

Através do sensoriamento remoto procura-se ampliar os limitados recursos humanos, entre os quais o da visão, para outras porções do espectro eletromagnético, tais como a do infravermelho e das microondas (radar, televisão, etc.).

Desenvolveram-se aparelhos sensíveis a estas outras porções do espectro eletromagnético (Quadro 1), além de meios de se fazer o registro de tais dados, seja na forma de cópias fotográficas, transparências ou fitas magnéticas.

O desenvolvimento de tais instrumentos como que seguem passo a passo as pesquisas espaciais, ou delas derivam.

Para as finalidades terrestres, uma quantidade imensa de pesquisas, nos mais diferentes campos científicos (entre os quais os que citamos), vem sendo gerada pelos sensores remotos, considerados isoladamente ou em conjunto.

Enquanto os dados isolados (em porções específicas do espectro eletromagnético) são fundamentalmente básicos para o conhecimento dos aparelhos em si, de suas possibilidades e limitações, a tomada simultânea de informações (abrangendo as diferentes regiões do espectro-eletromagnético) é que promete o alcance máximo dos benefícios que a nova tecnologia oferece.

Os estudos progridem de plataformas fixas terrestres (laboratório e campo), para aviões e

satélites. De dados, praticamente pontuais, em escalas grandes (1:1.000 ou menores), progride-se para o registro informativo sobre regiões extensivas (imagens de satélites), em escalas extremamente reduzidas (1:1.000.000 ou menores).

O sensoriamento remoto pode ser encarado sob dois aspectos: (1) o que implica em missão global e simultânea, coletores de dados sobre um determinado ambiente, com equipamentos que exploram as possíveis e diferentes faixas de comprimentos de ondas do espectro-eletromagnético (câmeras fotográficas: métricas ou não, com filmes sensíveis ao ultra-violeta, à porção visível e ao infravermelho, preto e branco, colorido ou em falso-colorido; imageador termal; radar; etc.) e (2) o que implica no sensoria-

mento de uma área menor a ser estudada, com um só tipo de sensor, aquele previamente escolhido como melhor para o objetivo. A exemplo, sendo a fotografia colorida melhor para uma série de estudos básicos: culturas, florestas, solos etc., a despeito do custo mais elevado, na dependência das condições, pode-se optar por tal tipo de obtenção de dados, esperando-se que os resultados compensem a diferença de preço, a par de permitirem melhores e novas informações. Exemplo prático, de que se tem notícia, refere-se ao sensoriamento de áreas com Araucaria no Paraná (IBDF, 1971-72), com filme infravermelho preto e branco.

Paralelamente à missão de sensoriamento propriamente dito, necessário se torna realizar ou coletar dados na superfície a ser sensoriada, dizendo respeito, principalmente, a dados termais, de umidade e de radiações (que exigem equipamentos outros), a par da perfeita descrição das condições e características culturais na ocasião. Tais informes irão ser a base para estudos de correlação, podendo-se precisar as condições em que os fatos observados ocorrem. Pode-se seguir o raciocínio, também, de que o importante é saber reconhecer o que é registrado, devendo coisas semelhantes responderem de forma similar em regiões diferentes, a despeito do desconhecimento das condições antes consideradas. É a constatação dos fenômenos e suas utilizações práticas, sem indagações quanto ao *por que* dos mesmos.

#### ANALISE SUMÁRIA DOS DIFERENTES SENSORES

Iremos procurar dar uma idéia geral dos aparelhos sen-

sores operacionais, entre nós, deixando de abordar outros mais sofisticados.

Isto implica em dizer, que ainda não estamos fazendo sensoriamento remoto propriamente dito, mas que vimos procurando dominar a tecnologia da forma mais viável. Assim é, que os estudos vêm sendo desenvolvidos mais na porção visível do espectro eletromagnético e no infravermelho próximo (imagens em preto e branco, selecionadas com filtros; coloridas naturais; preto e branco infravermelho e colorido ou falso-colorido). Já existe o imageador termal, que se espera poder estar operacional em futuro próximo. O Projeto RADAM, a seu turno, obtém imagens de radar. Dispõe-se, também de aparelho que dá perfil térmico (termômetro de precisão), para uso terrestre ou aéreo. As técnicas mais empregadas têm sido as da fotogrametria e da fotointerpretação, seguidas de estudos densitométricos, espectrofotométricos e de computação eletrônica.

Somente para efeitos teóricos se podem considerar os sensores isoladamente, pois sua utilização prática fica na dependência de trabalhos e observações conjuntos de campo, além dos de laboratório e escritório, que mereceriam a consideração de uma série muito grande e onerosa de necessidades a serem satisfeitas.

Consideremos, contudo, tais necessidades como satisfeitas e analisemos alguns sensores:

1. Câmaras métricas — São câmaras aerofotogramétricas, das quais a Wild RC-10 é uma, utilizada para a obtenção de imagens fotográficas, por exposições contínuas, de 23cm x 23cm, em preto e branco ou colorido comuns; infravermelho

preto e branco e colorido; além de permitir uso de filtros. Operacional, pois, na faixa visível e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Permite obtenção de imagens e escalas grandes (1:2.000) ou pequenas (1:60.000), na conceituação normal de fotografias aéreas. A variabilidade e disponibilidade de filmes, de qualidades crescentes, ampliam as possibilidades para estudos do meio (solos, culturas, florestas, drenagem, culturas atacadas por pragas ou doenças etc.). São sensores que dependem da luz solar, de condições favoráveis de tempo e horários pré-estabelecidos.

#### 2. Câmaras multibandas

— Este sistema objetiva obter série de imagens, simultâneas, da mesma área, na faixa visível do espectro eletromagnético, através do emprego de filtros selecionadores de comprimentos de ondas. Exemplo de câmaras empregadas no sistema é a Hasselblad, que dá negativos de, aproximadamente, 5,71cm x 5,71cm. São empregadas, no geral, em grupo de quatro, sendo três com o mesmo tipo de filme, preto e branco (ou colorido), a primeira com filtro azul, a segunda com filtro verde e a terceira com filtro vermelho, enquanto a quarta câmara é carregada com filme infravermelho (próximo). Obtém-se, desta forma, imagens em quatro porções distintas do espectro, três na faixa visível mesmo e uma na infravermelho próxima, procurando-se somar informações, para cujo estudo uma é melhor que outra (na foto comum o negativo é impressionado pela média das radiações, mascarando-se as propriedades específicas de cada comprimento de onda típico). De forma similar às câmaras anteriores, dependem da luz solar, boas con-

dições de tempo e horários convenientes.

3. *Imageador termal* — É um tipo diferente de sensor, passivo, pois tem sensibilidade para as radiações caloríficas emitidas pelos corpos, baseando-se no princípio de que, na natureza, todos os corpos em temperatura superior ao zero absoluto ( $-273^{\circ}\text{K}$ ), emitem constantemente radiações caloríficas, em função das atividades moleculares e atômicas. Elementos fundamentais desses aparelhos são os detetores termais, metais nobres ou ligas, de sensibilidades específicas, como no infravermelho distante. Por meio de outros recursos, recebem diretamente a radiação, que pode ir impressionar filme ou, gerar impulsos elétricos, reversíveis em imagens, através de tubo de raios catódicos, os quais ficam registrados em fitas magnéticas. É aparelho de funcionamento contínuo, varrendo faixas de  $180^{\circ}$  transversais à linha de vôo. No filme, dá imagem em escalas pequenas (1:50.000) chamada termal, com variações griseas, que podem ir aos extremos, branco e preto absolutos. Quanto maior a temperatura de um corpo, mais clara será sua imagem, ocorrendo o inverso com os corpos frios, que produzem imagens escuras. Registra, portanto, as temperaturas dos corpos, diretamente correlacionadas com tonalidades de imagens. Independente da luz solar, podendo ser empregado de dia ou de noite, sob condições atmosféricas desfavoráveis.

4. *Radar* — É outro sensor passivo, que produz sua própria iluminação, que independe de horário ou supera condições adversas de tempo. Emite impulso, capta o retorno, que gera impulso elétrico via tubo de raios catódicos, impres-

sionando filme ou ficando registrado em fita magnética. Os impulsos são emitidos em comprimentos de ondas pré-selecionados, possibilitando penetrações diferentes. Assim, pode ignorar uma cobertura vegetal, dando imagens da superfície, ou então, penetrar mesmo, até certas profundidades, no solo, dando informações físico-químicas até aqueles limites que alcançou. É um sistema extremamente rápido de cobertura, pois pode sensoriar  $180.000 \text{ Km}^2$  por dia, em faixas contínuas. As imagens geradas pelo radar apresentam-se em micro-escalas, 1:250.000 ou menores, o que leva a novas necessidades quanto às definições de padrões de reconhecimento.

5. *Termômetro de Precisão para Radiação* — Como o nome indica é um termômetro, que pode ser empregado em terra ou espaçonaves, fornecendo informações quanto às variações de temperatura ao longo da linha de vôo. É um sensor passivo, dando um perfil térmico em papel, além de possibilitar o registro das informações em fita magnética.

Como já o assinalamos, outros tipos de sensores existem, sendo que os citaremos apenas para complementação informativa. São eles: (1) Televisão; (2) Radar difusômetro ou Escatterômetro; (3) Radar ótico ou Laser; (4) Espectrômetro de raios gama; (5) Espectrofotômetro de absorção atômica; (6) Sonar; (7) Gravímetros; (8) Magnetômetros (6 a 8 — sensores não relacionados com o espectro eletromagnético) etc.

## AS PESQUISAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO BRASIL

Conforme já o analisamos, o sensoriamento remoto propriamente dito seria o aproveitamento simultâneo das vantagens específicas de cada faixa de comprimentos de ondas do espectro eletromagnético.

Os sensores, genericamente, podem ser imageadores e não imageadores, sendo os primeiros os que vêm sendo mais estudados, nos campos já consagrados da Fotogrametria e da Fotointerpretação.

Tais estudos não se restringem apenas à porção visível do espectro, indo até as porções do infravermelho e das micro-ondas (radar), fornecendo uma série de imagens com respostas espectrais (também chamadas de "assinaturas") diferentes. As imagens são reproduzidas em transparências (diapositivos), papéis etc., em preto e branco, cores naturais, falsas cores e outras formas, que permitem uma variação muito grande de pesquisas, em cada tipo isoladamente e em combinações.

Projeções e filtros, circuitos fechados de televisão e a densitometria (medidas da intensidade luminosa através de transparências) são outros recursos que ampliam grandemente as perspectivas para pesquisas.

O problema fundamental dos sensores remotos é a extraordinária quantidade e variedade de informações, em prazos muito curtos, que eles podem fornecer diariamente, impossíveis de serem traduzidas, convencionalmente. Tal fato leva à necessidade de se buscar meios semi ou automáticos de interpretação, através dos computadores eletrônicos. Para isto, passo fundamental é a padronização, para programação dos computadores.

As pesquisas e estudos que se vêm desenvolvendo entre nós, a par de ir levando, pouco a pouco, ao conhecimento das possibilidades e limitações de cada sensor, seja na agricultura, na silvicultura, na geologia, na oceanografia etc., se de um lado vem mostrando a complexidade da tecnologia, de outro permite que, pouco a pouco, a mesma seja encarada mais objetivamente, com um dimensionamento real das conveniências prioritárias de pesquisas e comprometimento técnico-econômico.

De forma geral, o INPE é o único órgão que, até o presente, possui infra-estrutura em condições de favorecer o desenvolvimento da tecnologia, pois as demais instituições, quando o possuem, têm equipamentos para atender os campos convencionais da fotogrametria e da fotointerpretação.

Os estudos agrícolas entre nós desenvolvidos e já publicados, que têm ensejado algumas pesquisas básicas, qualitativas e estatísticas, para verificar a previsão possível de ser alcançada com a utilização dos diferentes dados, têm sido dirigidos para as culturas de café e suas produções; identificações de solos; nutrientes; classes de capacidade de uso; previsão de safras e avaliações de produções primárias.

Tentativas de aplicação da tecnologia, como meio auxiliar no equacionamento do problema da ferrugem do cafeiro, segundo publicação do Instituto Brasileiro do Café, foram negativas. O mesmo IBC, com o INPE e o IAC, continua com estudos voltados para os problemas de geadas e nematóides em cafezais, entre outros.

Com os dados do Projeto RADAM, que deverá ir até final de 1974, espera-se alcançar resultados geológicos e temáticos quanto à vegetação do Amazonas, entre vários objetivos.

#### PERSPECTIVAS FUTURAS DO SENSORIAMENTO REMOTO

Espera-se alcançar a fase mais avançada da tecnologia através de satélites artificiais, os quais sensoriarão e enviarão os dados para a terra. A NASA possui e desenvolve dois projetos de pesquisas neste sentido, o primeiro sendo o "ERTS" A e B e o segundo, o "SKYLAB".

1. "ERTS" A e B, são os Satélites Tecnológicos de Recursos Terrestres ("Earth Resources Technology Satellites").

O primeiro deles, o A, foi colocado em órbita em junho último e, o B, deverá ser lançado no próximo ano. Serão satélites não tripulados, que sensoriarão, através de sistemas de televisão, a superfície terrestre cada 18 dias, de uma altitude de 936 quilômetros. Circundará a terra em cada 103 minutos, obtendo imagens multiespectrais, no visível e no infra-vermelho próximo. Cada imagem cobrirá área de 180 Km x 180 Km ( $32.400 \text{ Km}^2$ ), que na superfície terrestre poderão ser ampliadas até a escala de .....

1:1.000.000. O sistema ERTS, enviando 7 milhões de impulsos informativos por dia poderá fornecer mais de 300.000 dados por semana, levantando mais de 42 milhões de quilômetros quadrados da superfície terrestre, sendo que uma mesma área será sensoriada 20 vezes por ano.

Para o "ERTS" B, há esperanças de adição de novos sensores e aplicação dos conhecimentos adquiridos com o A.

Nesta linha de experimentos, segundo apresentado no 7º Simpósio sobre Sensores Remotos, em Ann Arbor, Michigan, as despesas poderão ultrapassar os 300 milhões de dólares, que poderão cair para 25 milhões de dólares, após tudo ajustado, nos próximos 5 anos. As perspectivas de aplicações dos dados, são os mesmos campos já abordados.

#### 2. "SKYLAB" — (Laboratório Celeste).

É o nome de um programa da NASA, que pretende colocar em órbita uma estação espacial experimental e tripulada, nos próximos dois anos, após os "ERTS" A e B.

Abrangerá três grupos de experimentos: (1) Investigações científicas dos recursos terrestres; (2) Experimentações médicas e (3) Experimentações astronómicas.

Compreenderá série de vôos orbitais terrestres baixos, a cerca de 435 quilômetros de altitude. Quando operacional, o laboratório terá capacidade para alojar uma equipe de três cientistas para um primeiro período de 28 dias e, depois, dois períodos de 56 dias cada um.

Na parte que mais nos interessa, a dos recursos terrestres, cinco experimentos estão planejados, para investigar as aplicações práticas dos sensores remotos em estudos terrestres.

O equipamento compreenderá conjunto fotográfico multiespectral; um espectrômetro infra-vermelho; um imageador multiespectral de 10 bandas e alguns outros instrumentos mais sofisticados.

Durante os experimentos, serão analisados os dados do ponto de vista qualitativo, procurando-se estabelecer as possíveis aplicações

#### CONCLUSÃO

Conclui-se que, atualmente, o sensoriamento remoto leva a sensibilidade humana para limites extremos do espectro eletrromagnético, havendo a possibilidade de coletar melhores, diferentes e mais rápidas informações sobre o meio físico e o que o ocupa. As mais expressivas potências, com suas instituições e organizações, citan-

do órgão internacional como a ONU, dedicam recursos e técnicos, além de patrocinar reuniões internacionais, para tratar do sensoriamento remoto, que já se insinua hoje, como o recurso de amanhã para melhor conhecimento, aproveitamento e conservação dos recursos naturais e culturais terrestres e informações extra-terrestres, para o atendimento das crescentes necessidades humanas.

**TOPOGRAFIA**  
ASSESSORIA GERAL E EXECUÇÃO  
PLANTAS EM DIFERENTES ESCALAS  
TOPOGRAFIA  
NIVELAMENTO  
ASTRONOMIA  
CADASTRO IMOBILIÁRIO  
FOTO - INTERPRETAÇÃO  
MOSAICOS

**AEROFOGRAMETRIA**  
USO BÁSICO  
PROJETOS DE ESTRADAS  
PESQUISA E EXPLORAÇÃO DE  
RECURSOS MINERAIS  
PLANOS DE DESENVOLVIMENTO URBANO  
PROJETOS DE ELETRIFICAÇÃO  
ESTUDOS DE URBANIZAÇÃO  
LOTEAMENTOS

**CADASTRO**

**NUPLAN**  
— 231-0930 —

NITERÓI URBANISMO E PLANEJAMENTO LTDA  
RJ: AV. AMARAL PEIXOTO, 479 S/607  
GB: RUA REPÚBLICA DO LÍBANO, 61 S/809  
ZC 58 - CENTRO - TEL.: 231-0930

