

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

ARAMIS LEITE DE LIMA



**SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO E
PLANEJAMENTO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA DE ALTA TENSÃO**

Orientador: Prof. Dr. Admilson da Penha Pacheco

Dissertação de Mestrado

RECIFE, 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

Aramis Leite de Lima

**SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO E PLANEJAMENTO
DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE ALTA TENSÃO**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, área de concentração Cartografia e Sistemas de Geoinformação defendida e aprovada no dia 16/09/2009.

Orientadora: Prof. Dr. Admilson da Penha Pacheco

**Recife
2009**

L732s

Lima, Aramis Leite de.

Sensoriamento remoto no estudo e planejamento de linhas de transmissão de energia elétrica de alta tensão / Aramis Leite de Lima. - Recife: O Autor, 2009.

86f.; il., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2009.

Inclui Referências bibliográficas e Anexos.

1. Engenharia cartográfica. 2. Sensoriamento remoto. 3. Linhas de transmissão de energia elétrica em alta tensão - LT. 4. Imagens orbitais – Processamento digital. 5. Corredor elétrico. I. Título.

526.1 CDD (22.ed.)

UFPE/BCTG/2010-034

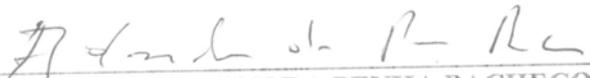
**SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO E
PLANEJAMENTO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA EM ALTA TENSÃO**

POR

ARAMIS LEITE DE LIMA

Dissertação defendida e aprovada em 16/09/2009.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. ADMILSON DA PENHA PACHECO

Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco



Prof.ª Dr. ANA LÚCIA BEZERRA CANDEIAS

Departamento de Engenharia Cartográfica - Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dr. MARCOS TAVARES DE MELO

Departamento de Eletrônica e Sistemas – Universidade Federal de Pernambuco

Não há limite para a bagagem de conhecimentos de um Cartógrafo.

Erwin Raisz.

Dedico este trabalho à Maria
Marinete G. de Lima, minha mãe.

AGRADECIMENTOS

No ano de 1996 resolvi entrar o curso de Engenharia Cartográfica na Universidade Federal de Pernambuco, mas foi no ano de 2002 que se comprovou ser minha verdadeira vocação Engenheiro Cartógrafo. Desta forma em primeiro lugar agradeço a Deus que me mostrou esta verdade e que me dar condições de exercê-la todos os dias.

Agradecer aqueles que permitiram toda minha formação com amor e responsabilidade: meu pai, Roberto, minha mãe Maria Marinete, meus irmãos, Antônio e Árina, e minha afilhada que amo como uma filha, Ana Beatriz.

Durante minha formação tive apoio dedicação e orientação dos integrantes do corpo docente de Departamento de Engenharia Cartográfica (DECart) da UFPE e a eles agradeço imensamente: Prof. Tarcísio, Prof^a. Andréia Carneiro, Prof^a. Lucilene, Prof. Portugal, Prof. Adeildo, Prof. Carlos, Prof^a. Ana Lúcia, Prof^a. Andréia de Seixas, Prof^a. Verônica, Prof. Jaime, Prof. Schuler, Prof. Pacheco, Prof. Daniel e Prof. Gurgel.

Deixo um especial agradecimento ao meu orientador Prof. Pacheco que sempre acreditou em mim e em meu potencial, sempre me motivou a concluir esta dissertação. A Prof^a. Lucilene pelos conselhos e ensinamentos. A Prof^a. Ana Lúcia por sua participação fundamental na correção da dissertação.

Solange, Amável, Done Judith em especial Daniel, funcionárias do DECart, muito obrigado pelo apoio e amizade.

Agradeço aos meus amigos que fazem parte da minha vida por momentos inesquecíveis, momentos estes que me fizeram redescobrir o que é ter um verdadeiro grupo de amigos, meus amigos que até hoje sempre recordo com alegria e saudades: Antônio Carlos (Baiano), Roberto Neres (Katota), Ivan Dornelas (Bibi), Miguel (Cabeça), Sergio Lima (Ramsés), Silas César (Ogro - Shrek), André Meireles (Gaguinho), Helder Gama

(Gasparzinho), Fábio França (Adelsinho), Flávio Porfírio (Pachequinho), Silvane Paixão (Sil) e Carol Schuler (Amore).

Durante a pesquisa fui presenteado por Deus por me dar pela segunda vez à visão do olho direito e por colocar profissionais que fizeram com que isto se concretizasse: aos médicos Dr. Ermano Melo e Dr^a. Suzana Raquel meu sincero agradecimento.

Aos amigos Luis Augusto, Leonardo Bacelar, Luciano Albuquerque, Mônica Macena, Ivan Dornelas, Helder Gama e Carol Schuler, meu muito obrigado por toda ajuda e colaboração no desenvolvimento da pesquisa.

Gostaria de agradecer em especial a cinco amigos: Aldhir Alexandre, Washington Luiz, Lucas Diógenes, Bruno Moura e Flávia Moura, obrigado pelo apoio e amizade que sempre recebi de vocês.

Meu agradecimento final vai para uma pessoa que Deus colocou em minha vida quando eu pensei que ele estava fechando uma porta, mas na verdade ele estava abrindo uma maior ainda. Depois que essa pessoa entrou em minha vida tudo para mim vez mais sentido e pude buscar com mais objetividade os meus sonhos. Ela é meu norte, meu sistema de referência e minha rede geodésica rígida, minha noiva Karla Cristine. Nela encontro paz, carinho e muito amor. É com ela que vou construir o mapa mais importante de todos. O mapa de nossas vidas. Karlinha sem teu apoio e incentivo não teria conseguido. OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO E PALAVRAS-CHAVE	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS	7
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	8
CAPITULO 1: INTRODUÇÃO	10
CAPITULO 2: O ESTADO DA ARTE DO SENSORIAMENTO REMOTO.....	14
2.1. INTRODUÇÃO	14
2.2. FONTES DE ENERGIA USADAS EM SENSORIAMENTO REMOTO.....	15
2.3. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS APLICADO A LT.....	16
2.4. TAXONOMIA DE SISTEMAS DE SENSORIAMENTO REMOTO.....	19
2.5. SISTEMAS DE SATÉLITES	22
2.5.1. SISTEMAS DE SATÉLITES DE ALTA RESOLUÇÃO ESPECTRAL.....	22
2.5.1.1. Sistemas Multiespectrais	22
2.5.1.2. Sistemas Hiperespectrais	24
2.5.2. SISTEMAS DE SATÉLITES DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL.....	27
CAPITULO 3: ASPECTOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	32
3.1. INTRODUÇÃO	32
3.2. SISTEMA ELÉTRICO.....	32
3.3. LINHAS DE TRANSMISSÃO	34
3.4. MANUTENÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO	35

3.5. FAIXA DE SERVIDÃO	37
3.5.1. CORTE SELETIVO	38
3.5.2. TIPOS DE VEGETAÇÃO INDICADOS PARA LT.....	38
CAPITULO 4: METODOLOGIA DA PESQUISA	41
4.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	41
4.2. COLETA DOS DADOS E INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	41
4.3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	42
5.1. INTRODUÇÃO.....	45
5.2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE MAPAS DE USO DA TERRA.....	45
5.2.1. CONSIDERAÇÕES DE SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DA TERRA COM BASE NAS RECOMENDAÇÕES DO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE	47
5.3. MAPA DE USO DA TERRA em LT	49
5.4. realce de imagens	49
5.4.1. REALCE ESPACIAL	49
5.4.1.1. Filtros Lineares	50
5.4.1.2. Filtros Não-Lineares.....	52
5.4.1.3. Processamento de Imagens Orbitais em LT por Técnicas de Realce Espacial.	53
5.4.2. REALCE ESPECTRAL.....	61
5.4.2.1. Análise por Componentes Principais.....	62
CAPITULO 6: PROPOSTA DE UM CORREDOR DE LT A PARTIR DE ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	65
6.1. INTRODUÇÃO.....	65

6.2. TRAÇADO DO CORREDOR ELÉTRICO PROPOSTO	65
6.3. ANÁLISE ESPECÍFICA DAS CONDIÇÕES DE OCUPAÇÃO DO CORREDOR ELÉTRICO.....	66
6.3.1. PROCESSAMENTO DOS DADOS	67
CAPITULO 7: CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS.....	84

RESUMO E PALAVRAS-CHAVE

LIMA, Aramis Leite. **Sensoriamento Remoto no Estudo e Planejamento de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica de Alta Tensão**. Recife, 2009, 86 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

Esta pesquisa aborda o Sensoriamento Remoto como ferramenta no estudo e planejamento de manutenção de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica em Alta Tensão - LT. As ações, neste espaço estratégico de conhecimento, foram motivadas pela necessidade do Complexo Industrial Portuário de Suape - CIPS – Ipojuca / PE em fiscalizar a manutenção dos corredores elétricos das linhas de transmissão de energia elétrica, uma vez que a mesma é responsável pela administração do bom funcionamento das infra-estruturas utilizadas pelas empresas que compõe seu pólo industrial. Este trabalho mostra o processamento digital de imagens orbitais de alta resolução na identificação automática de alvos que possam comprometer o bom funcionamento das LT. Aborda também, com a utilização das geotecnologias, uma metodologia que possibilite um fácil e confiável método de monitoramento e gestão dos corredores que abrangem as LT conflitantes com a legislação ambiental. Estes processos definem os processamentos digitais de imagens mais adequados ao estudo das LT e metodologia para produção de cartografia temática no suporte ao planejamento e monitoramento das LT.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Imagens Orbitais, Processamento Digital, Corredor Elétrico, Linha de Transmissão.

ABSTRACT

This research deals with the Remote Sensing as a tool in the study and planning of maintenance of Transmission Lines Electricity High Voltage - LT. Actions in this strategic area of knowledge, were motivated by the need for Port and Industrial Complex Suape - CIPS - Ipojuca / PE in overseeing the maintenance of the corridors of electrical transmission lines of electricity, since it is responsible for administering the proper functioning of the infrastructure used by companies that make up its industrial center. This work shows the digital processing of imagery from high resolution automatic identification of targets that could compromise the proper functioning of LT. It also deals with the use of geo, a methodology that enables an easy and reliable method of monitoring and management of corridors covering the LT conflicting with environmental legislation. These processes define the processing of digital images more suitable for the study of LT and methodology for the production of thematic cartography in supporting the planning and monitoring of LT.

Keywords: Remote Sensing, orbital images, Digital Image Processing, Corridor Electric, Transmission Line.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tendências atuais no processamento de informações de sensoriamento remoto.....	11
Figura 2: O espectro eletromagnético.....	16
Figura 3: Curva espectral da vegetação, da água e do solo.	18
Figura 4: Curva espectral de alguns alvos da superfície terrestre.....	18
Figura 5: Classificação dos sistemas sensores quanto à categoria, tipo de produto e fonte de radiação.....	20
Figura 6: Níveis de obtenção de imagens por sensoriamento remoto.	21
Figura 7: Imageamento espectroscópico dos sensores hiperespectrais.	25
Figura 8: Configuração do Sistema AVIRIS.	26
Figura 9: Largura da Faixa de Servidão conforme a tensão.....	37
Figura 10: Uso conforme divisão da faixa de servidão.....	40
Figura 11: Mapa de situação do Complexo Industrial Portuário de SUAPE.....	43
Figura 12: Formas de uso e ocupação.	46
Figura 13: Classes, Tipos e Subtipos de Uso da Terra.....	48
Figura 14: Frequência Espacial.....	50
Figura 15: Imagem original e com filtro passa-baixas..	51
Figura 16: Imagem original e com filtro passa-altas..	52
Figura 17: Exemplos de filtros direcionais: Norte, Leste, Sul e Oeste respectivamente.....	52
Figura 18: Kernel - Detecção Borda Cruzamento (DBC).	55

Figura 19: Kernel – Detectar (D).	56
Figura 20: Kernel - Horizontal (H).....	57
Figura 21: Kernel - Detecção Borda Horizontal (DBH).....	58
Figura 22: Kernel - Detecção Borda Laplaciana (DBL).....	59
Figura 23: Kernel - Vertical (V).....	60
Figura 24: Realce espacial por Textura (T).....	61
Figura 25: Análise por Principais Componentes.)	64
Figura 26: Base cartográfica digital da área de análise do CE.	68
Figura 27: Modelo Digital de Elevação.....	70
Figura 28: Mapa de Declividade.	72
Figura 29: Mapa de APP em relação à declividade.....	74
Figura 30: Carta imagem de LT existente	85
Figura 31: Carta imagem do corredor elétrico proposto	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Taxonomia de sistemas de sensoriamento remoto.	22
Tabela 2: Missões de satélites de sistemas multiespectrais com média a alta resolução espacial (seleção)	23
Tabela 3: Missões de satélites de alta resolução espacial.	31
Tabela 4: Distância mínima do cabo condutor ao objeto conforme a tensão.	38
Tabela 5: Coleta dos dados e instrumentos de pesquisa - Imagem Orbital de alta Resolução.	41
Tabela 6: Coleta dos dados e instrumentos de pesquisa - Imagem obtida por sobrevôo.	41
Tabela 7: Coleta dos dados e instrumentos de pesquisa – software e sistemas de geoinformação	42
Tabela 8: Parâmetros e as respectivas legislações ambientais.	67

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
APP - Áreas de Preservação Permanente
ASI - Agência Espacial Italiana
AVIRIS - Airborne Visible/Infrared Spectrometer
CE - Corredor Elétrico
CECT – Coordenadoria Executiva de Cartografia
CED / ASCE - American Society Of Civil Engineers
CIGRE - International Council On Large Electric Systems
CIPS - Complexo Industrial Portuário de Suape
CONDEPE / FIDEM - Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco
D - Detectar (detect)
DBC - Detecção Borda Cruzamento (cross edge detection)
DBH - Detecção Borda Horizontal (horizontal edge detection)
DBL - Detecção Borda Laplaciana (laplacian edge detection)
DLR - Agência Espacial Alemã
DPU – Diretoria de Planejamento e Urbanismo
ESA - Agencia Espacial Européia
ETM - Enhanced Thematic Mapper
GPS - Sistema de Posicionamento Global
H – Horizontal
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEEE - Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IFOV - Instantaneous Field of View
JPL - Jet Propulsion Laboratory
LIDAR - Light Detection And Ranging
LT - Linhas de Transmissão de Energia Elétrica em Alta Tensão

MDE - Modelo Digital de Elevação

MDT - Modelo Digital do Terreno

NASA - National Aeronautics and Space Administration,

NGA - National Geospatial-Intelligence Agency,

NOS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

REM - Radiação Eletromagnética

SIN - Sistema Interligado Nacional

SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica

SR - Sensoriamento Remoto

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

UGI - União Geográfica Internacional

V - Vertical (vertical)

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

O número de sistemas de sensoriamento remoto que podem fornecer aos gestores de planejamento e monitoramento, informações atuais e sinópticas vem aumentando significativamente nos últimos anos. Segundo Ehlers (2002) “novas tecnologias, tais como o uso rotineiro de Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e sistemas de satélites multissensores, bem como o desenvolvimento da fotogrametria digital, produzem geodados com resoluções espaciais, espectrais e temporais cada vez maiores”.

O sensoriamento remoto possibilita um rápido planejamento na implantação de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica em Alta Tensão - LT, prevendo futuros problemas que venham a comprometer toda a estrutura de transmissão de energia.

Os sistema de Perfilamento a Laser, denominado LIDAR (Ligth Detection and Ranging), ou ALS (Airbone Laser Scaning), ou ALTM (Airbone Laser Terrain Mapper) são sistemas aerotransportados de laser para mapeamento do terreno, que adquire dados digitais de elevação do terreno com precisão equivalente ao da tecnologia do sistema de posicionamento global (GPS). O laser varre a superfície do terreno abaixo da aeronave e registra até o solo ou obstáculo para cada um dos feixes emitidos, sendo registrado também o respectivo ângulo de inclinação de cada feixe em relação à vertical do lugar.

As tendências atuais no processamento de informações de sensoriamento remoto (Figura 1) contribuem para o constante aumento de geoinformações.

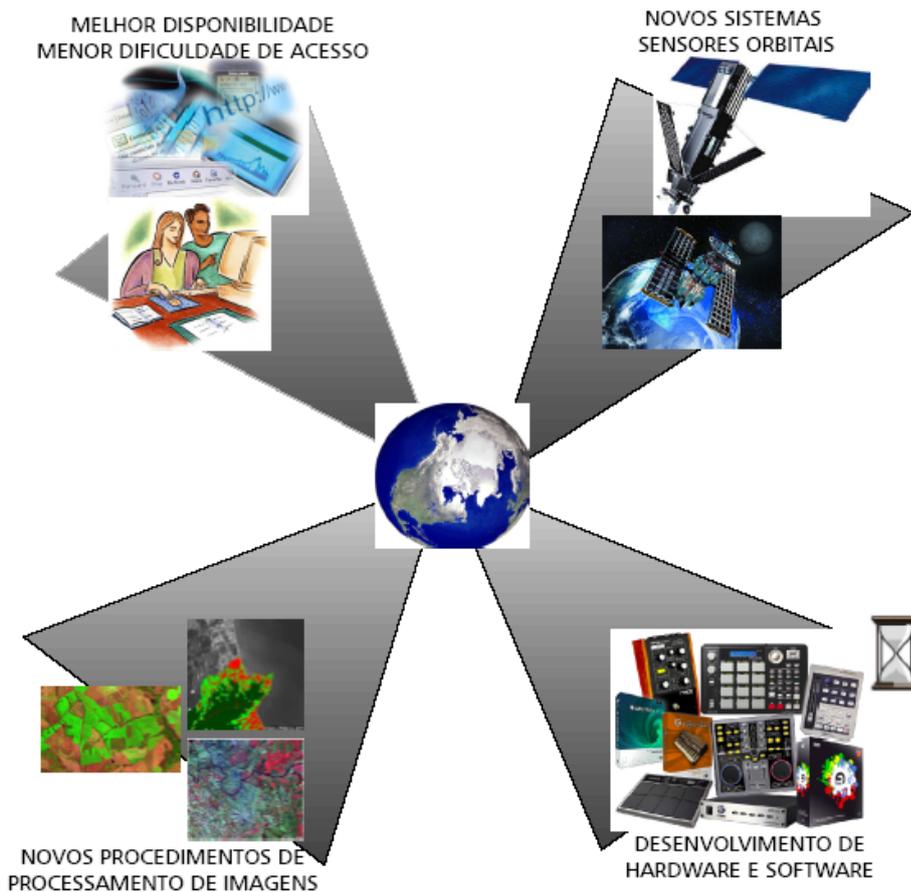


Figura 1: Tendências atuais no processamento de informações de sensoriamento remoto.
Fonte: Ehlers, 2007

- **Melhor disponibilidade, menor dificuldade de acesso:** a internet como ferramenta de disponibilidade aos geodados facilita acesso dos usuários;

- **Novos sistemas sensores:** novos sensores, juntamente com as resoluções cada vez maiores das câmeras para fotografias aéreas digitais levaram a um certo deslocamento dos conceitos de resolução, ou seja, sensores considerados até pouco tempo de alta resolução hoje são considerados de média resolução;

- **Novos procedimentos de processamento de imagens:** com a facilidade de disponibilidades aos geodados novas pesquisas podem ser realizadas;

- **Desenvolvimento de hardware e software:** para acompanhar o rápido avanço da resolução dos sensores novos hardware e software são criados para auxiliar no processamento de imagens.

Desta forma os conflitos de uso da terra aumentam constantemente na prática do planejamento cotidiano, fazendo com que as exigências quanto ao planejamento espacial, proteção e monitoramento também aumentem constantemente (BLASCHKE, GLÄSSER E LANG, 2001).

Para tanto, os dados de sensoriamento remoto disponíveis não se limitam somente à observação da Terra, mas também aos estudos específicos de um determinado fenômeno ou problema.

Esta dissertação buscou novas metodologias e tecnologias no âmbito dos sistemas de sensoriamento remoto para o estudo de corredores e traçados de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica da Alta Tensão - LTEEAT.

Destacando quanto à resolução espectral (pancromático, multiespectral, hiperespectral e ultra-espectral), a resolução espacial (muita baixa, baixa, média, alta, muito alta e ultra-alta) e quanto à plataforma de observação, que diferencia tipicamente entre sistemas orbitais e os aerotransportados (EHLERS, 2007).

Apesar de poucas publicações, sobre linhas de transmissão de energia elétrica a partir de dados sensoriamento remoto, ultimamente este panorama têm mudado positivamente. As abordagens existentes cobrem uma ampla variedade de estratégias, usando imagens aéreas ou de satélite com diferentes resoluções. Visões de conjunto sobre o assunto podem ser encontradas em XX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE (SNPTEE, 2009), Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE, 2009), International Council On Large Electric Systems (CIGRE, 2009) e American Society Of Civil Engineers (CED / ASCE, 2009).

A área de estudo foi o Complexo Industrial Portuário de Suape – CIPS, este complexo possui características que foram determinantes para sua escolha, pois, estas são fontes de conflitos no meio em que vivemos que motivou a busca por soluções. São elas:

- Grandes áreas de preservação ecológica;
- Grande pólo econômico e industrial;
- Habitações irregulares;

- Corredores e linhas de transmissão de energia elétrica;
- Futuros empreendimentos que necessitaram de novas alternativas de corredores e traçados de linhas de transmissão de energia elétrica.

Neste contexto esta pesquisa tem como objetivo geral estabelecer uma metodologia, fundamentada em base técnico-científica, que relacione aspectos exploratório e aplicado do Sensoriamento Remoto e da Cartografia de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica de Alta Tensão (LT) no Complexo Industrial e Portuário de Suape, envolvendo processamento digital de imagens de alta resolução na identificação de alvos em LT, como também a avaliação de corredor elétrico no âmbito da legislação ambiental vigente obtendo uma definição de áreas mais adequadas e favoráveis para sua implantação.

A pesquisa tem como objetivos específicos:

- Caracterizar o estado da arte do Sensoriamento Remoto
- Definir aspectos das Linhas de Transmissão de Energia Elétrica de Alta Tensão dentre eles: conceitos, manutenção de LT, sistemas e legislação;
- Avaliar o potencial do Sensoriamento Remoto no contexto espectral e espacial das imagens orbitais, como fonte de dados para a geração de cartografia terrestre visando fornecer subsídios no estudo de planejamento e monitoramento de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica de Alta Tensão.
- Avaliar cartograficamente uma alternativa de traçado para corredor de energia elétrica de alta tensão no CIPS.

CAPITULO 2: O ESTADO DA ARTE DO SENSORIAMENTO REMOTO

2.1. INTRODUÇÃO

Existe um grande número de alternativas para a descrição e discriminação de sistemas de sensoriamento remoto. Geralmente é definido como “ciência de derivar informações a respeito de objetos, área ou fenômeno pela análise de dados adquiridos por um sistema que não se encontra em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação”. Esta definição adotada por LILLESAND E KIEFER (1994) (apud CENTENO, 2004) também é defendida por KONECNY E LEHMANN (1984) (apud EHLERS, 2007) e SCHOWENGERDT (1983) (apud CENTENO, 2004) definindo o sensoriamento remoto como sendo “a obtenção de informações sobre objetos distantes, sem contato com os mesmos”.

Estas definições além de serem gerais também podem causar polêmicas quanto aos termos usados, segundo Centeno (2004), com relação ao conceito de “distância” ou a natureza da informação envolvida no processo. Como exemplo o autor expressa que “a atividade de cheirar um objeto não requer o contato direto com o objeto e mesmo assim é uma maneira de derivar informação a respeito do objeto”.

Por sua vez a definição adotada por SWAIN e DAVIS (1978) (apud CENTENO, 2004) torna-se mais prática quando defini o termo sensoriamento remoto como sendo “procedimentos destinados à obtenção de imagens mediante o registro das variações gravimétricas, ondas sísmicas, ondas acústicas e energia eletromagnética constante”. Porém a forma mais difundida de sensoriamento remoto, no âmbito comercial, é aquela que usa a radiação eletromagnética (FUSSEL et. al., 1986, apud CENTENO, 2004). Desta forma uma definição prática é adotada por Florenzano (2002) onde o autor define o sensoriamento remoto como sendo “a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da capacitação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície”.

Este capítulo objetiva descrever alguns aspectos do sensoriamento remoto e discriminar os principais sistemas sensores atualmente usados.

Estes aspectos e sistemas ajudam a entender melhor o assunto e contribui para o desenvolvimento de novas metodologias aplicado ao planejamento de LT.

2.2. FONTES DE ENERGIA USADAS EM SENSORIAMENTO REMOTO

Qualquer atividade requer o uso de energia, assim como para a obtenção de dados por sensoriamento remoto. A energia com a qual operam os sensores remotos pode ser proveniente de uma fonte natural, como a luz do sol e o calor emitido pela superfície da Terra, e pode ser de uma fonte artificial como, por exemplo, a do *flash* utilizado em uma máquina fotográfica e o sinal produzido por um radar.

A energia utilizada em sensoriamento remoto é a radiação eletromagnética, que se propaga em forma de ondas eletromagnéticas com a velocidade da luz (300.000 km por segundo). Ela é medida em frequência (em unidades de hertz-Hz,) e comprimento de onda (em unidades de metro). A frequência de onda é o número de vezes que uma onda se repete por unidade de tempo. Dessa maneira, como indicado na Figura 2, quanto maior for o número, maior será a frequência e, quanto menor, menor será a frequência de onda. O comprimento de onda é a distância entre dois picos de ondas sucessivas: quanto mais distantes, maior é o comprimento e, quanto menos distante, menor será o comprimento de onda (Figura 2). A frequência de onda é diretamente proporcional à velocidade de propagação e inversamente proporcional ao comprimento de onda.

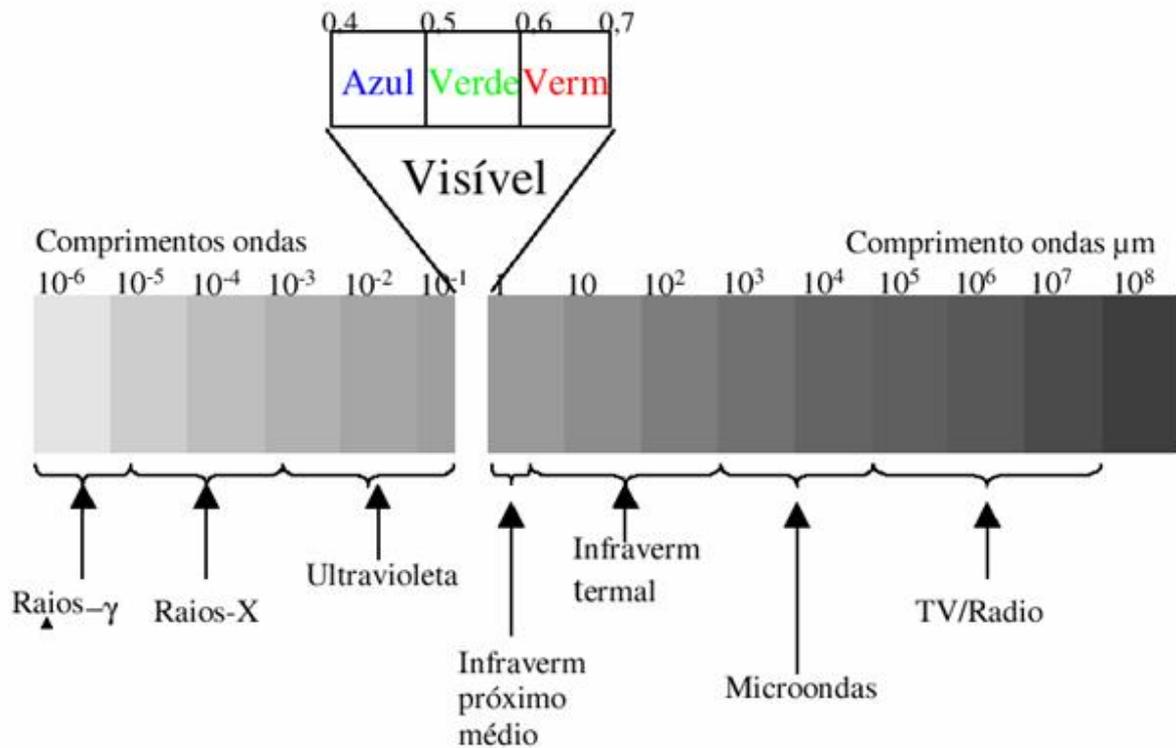


Figura 2: O espectro eletromagnético.
Fonte: Figueredo, 2005.

O Espectro Eletromagnético representa a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões, segundo o comprimento de onda e a frequência (Figura 2). Observa-se que o espectro eletromagnético abrange desde curtos comprimentos de onda, como os raios gama (γ), de alta frequência, até longos comprimentos de onda como as ondas de rádio e TV, de baixa frequência. Na região do espectro visível, o olho humano enxerga a energia (luz) eletromagnética, sendo capaz de distinguir as cores do violeta ao vermelho. A radiação do infravermelho é subdividida em três regiões: infravermelho próximo (0,7-1,3 μm) médio (1,3-6,0 μm) e distante ou termal (6,0-1000 μm).

2.3. COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE ALVOS APLICADO A LT

O termo comportamento espectral de alvos tem sido atribuído pelos profissionais que atuam na aplicação do Sensoriamento Remoto (SR), no estudo dos recursos naturais, como ao estudo da reflectância espectral

destes recursos, quer sejam: vegetação, solos, minerais e rochas, água, etc. Em termos mais abrangentes, estudar como um objeto se comporta espectralmente, deveria contemplar os três fenômenos já mencionados que ocorrem após a incidência da Radiação Eletromagnética (REM) sobre um dado objeto: reflexão, transmissão e absorção. Assim, o comportamento espectral de um alvo só é plenamente compreendido quando são estudadas suas propriedades de refletir, transmitir e absorver a REM. Contudo, serão enfatizadas aqui as propriedades de reflexão dos alvos (recursos naturais), uma vez que a maioria dos sensores atualmente disponíveis para o estudo dos recursos naturais utiliza a REM refletida por eles.

A caracterização de como e de quanto um objeto reflete de REM pode ser feita em diversos níveis e formas. Nos primeiros estão incluídos os chamados níveis de aquisição de dados, os quais podem ser de laboratório, campo, aéreo e orbital. Em cada um destes níveis podem ser adotadas variadas formas, as quais incluem as chamadas geometrias de iluminação e de visada. A primeira refere-se ao posicionamento espacial da fonte de REM em relação ao objeto, enquanto que a segunda refere-se ao posicionamento espacial do sensor.

Os níveis e as formas condicionam as caracterizações tornando seus resultados específicos para as situações nas quais foram concebidos. Este fato torna imprescindível que em qualquer caracterização da Reflectância espectral de um objeto, sejam bem descritas as condições de iluminação e visada adotadas, tanto no que se refere aos domínios espacial, espectral, temporal e ainda das suas geometrias.

Os aspectos que serão apresentados a seguir referem-se às características básicas dos principais recursos naturais em refletir a REM sobre eles incidente. A Figura 3 ilustra um gráfico contendo as curvas de Reflectância de alguns recursos naturais e na Figura 4 de concreto, solo arenoso, asfalto e água.

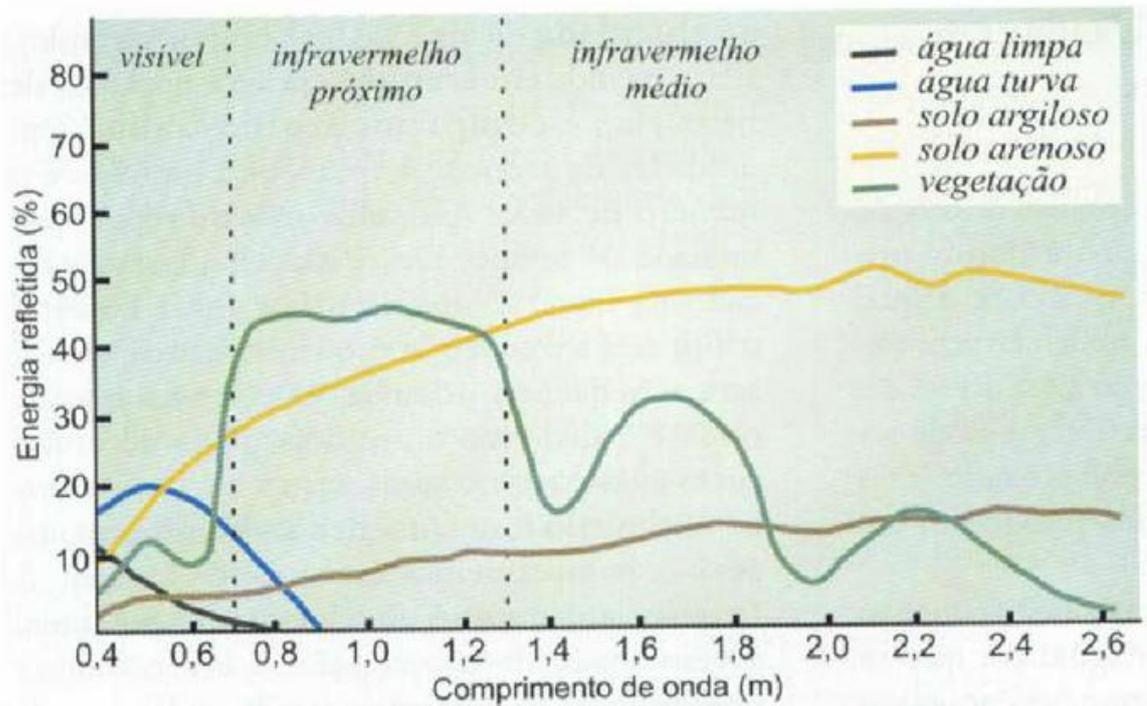


Figura 3: Curva espectral da vegetação, da água e do solo.
 Fonte: Florenzano, 2002.

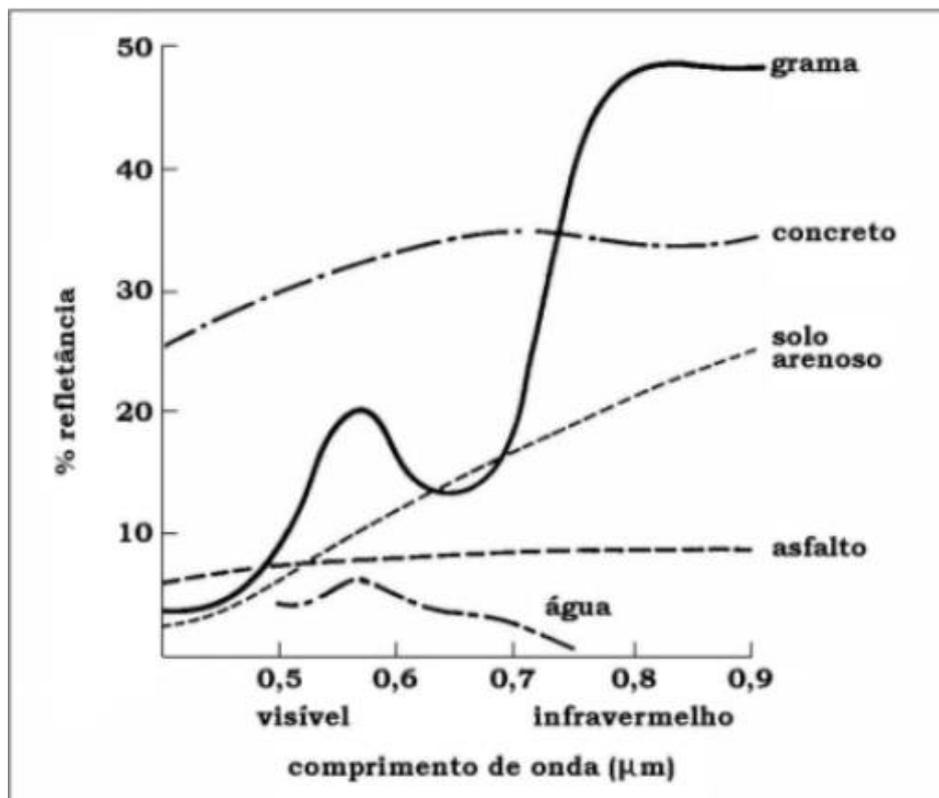


Figura 4: Curva espectral de alguns alvos da superfície terrestre.
 Fonte: Moreira, 2009.

Como pode ser observada nesta Figura 5, na região do visível (0,4 a 0,7 m) a maioria das curvas dos alvos apresentados encontram-se muito próximas entre si, em contraste com um maior distanciamento entre elas na região espectral (infravermelho próximo, de 0,7 a 0,9m). Isto indica que na região do visível, os alvos apresentam-se “parecidos”, enquanto que na região do infravermelho eles podem ser mais facilmente individualizados. Nos pontos de intersecção entre as curvas, os quais ocorrem com alguma frequência em pontos específicos do espectro, diz-se que os alvos apresentam a mesma reflectância, ou seja, eles assumem uma mesma “aparência” quando observados mediante alguma técnica de sensoriamento remoto.

Deste modo a avaliação espectral dos alvos em LT é importante, pois, as estruturas das LT são composta por acessos de manutenção quer sejam de asfalto ou terra. Além das estruturas metálicas como torres e cabos condutores.

2.4. TAXONOMIA DE SISTEMAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Atualmente o sensoriamento remoto, do ponto de vista espectral, afastou-se fortemente de sua origem: a fotografia aérea. A principal característica desta mudança esta na transmissão de informações onde são explorados outros comprimentos de onda eletromagnética, que se encontram no infravermelho próximo e médio, no infravermelho termal ou na faixa de microondas (radar). Os modernos dados de sensoriamento remoto são registrados digitalmente (EHLERS, 2007, p.39).

O registro da informação possui dois conceitos importantes, segundo Centeno (2004, p. 1), são eles:

Sistema Sensor – é o elemento encarregado de medir a radiação eletromagnética e gerar um valor digital ou um produto analógico.

Plataforma – é o elemento de suporte usado como base para o sistema sensor e encarregado do transporte do mesmo até a posição mais adequada para o registro dos dados.

São exemplos de sistemas sensores os sensores digitais e as câmeras fotográficas analógicas. E são discriminados tipicamente se possuem **sensores passivos**, caracterizados por registrarem a radiação refletida ou emitida da superfície terrestre e dependem de uma fonte de iluminação, ou **sensores ativos**, um imageamento ativo que lhes permite ter uma fonte de iluminação praticamente própria, e assim permitir o registro durante o dia ou a noite. Dentre esses últimos destacam-se os sistemas a laser e radar (EHLERS, 2007).

Moreira (2001) classifica os sistemas sensores detalhadamente quanto à: fonte de radiação, ao princípio de funcionamento e ao tipo de produto, conforme é resumido na Figura 5.

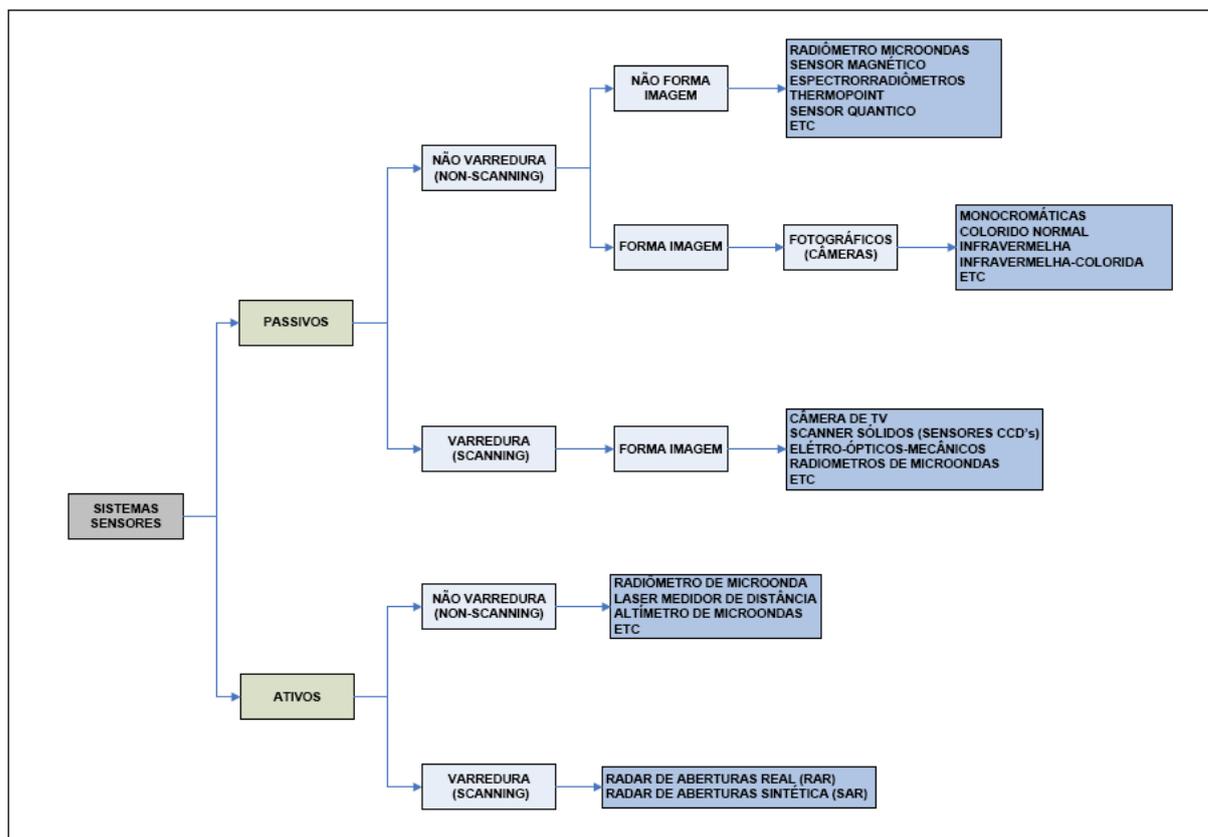


Figura 5: Classificação dos sistemas sensores quanto à categoria, tipo de produto e fonte de radiação.
Fonte: Moreira, 2009.

A plataforma de observação é diferenciada com relação a diferentes distâncias do sistema sensor em relação à superfície observada (FLORENZANO, 2002, p.38) (Figura 6). Dentre as discriminações das

plataformas de observação usadas por vários autores, por exemplo, Florenzano (2002, p.38) e Centeno (2004, p.39), destacam-se as definidas por Ehlers (2007, p.20): **orbitais** (sistemas sensores a bordo de satélites artificiais), **aerotransportados** (sistemas sensores a bordo de aviões) e **estacionários** (sistemas sensores em torres elevatórias para observações próximas do solo).

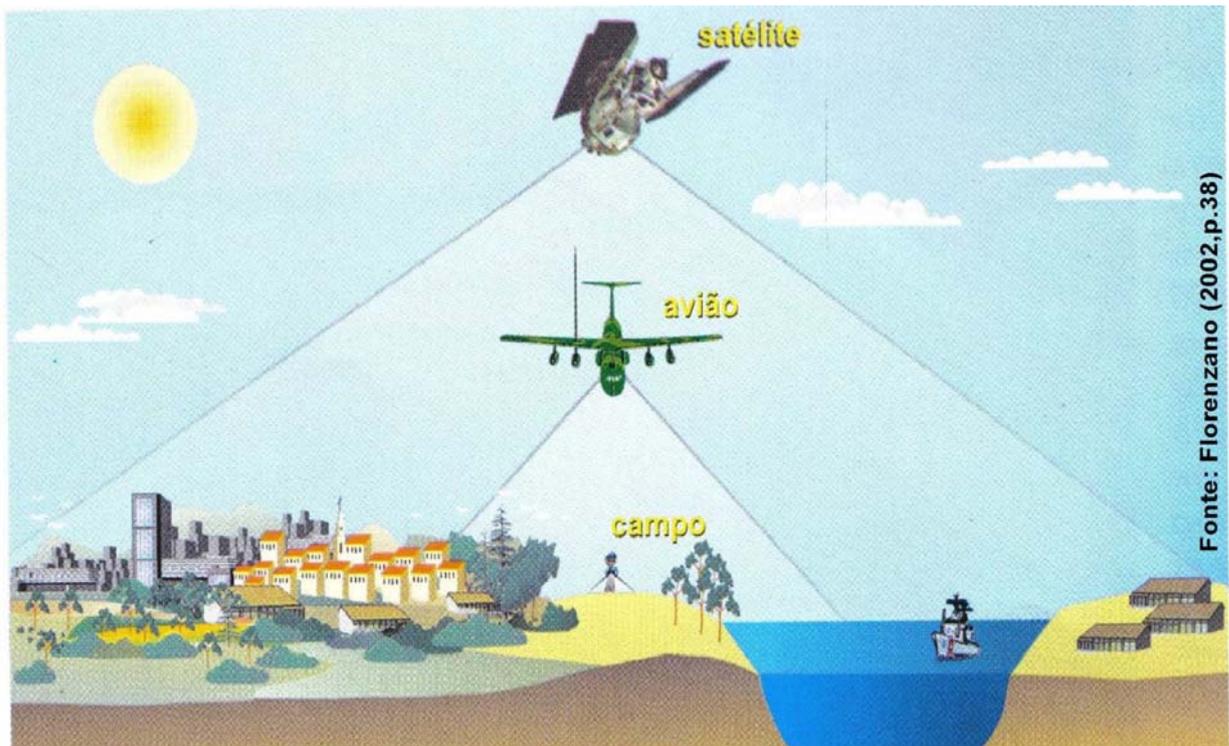


Figura 6: Níveis de obtenção de imagens por sensoriamento remoto.
Fonte: Florenzano, 2002.

A Tabela 1 resume as concepções das possíveis taxonomias de sistemas de sensoriamento remoto com as principais diferenciações de resolução e gravação.

Tabela 1: Taxonomia de sistemas de sensoriamento remoto.

TAXONOMIA DE SISTEMAS DE SENSORIAMENTO REMOTO						
Plataforma de gravação	Satélite		Avião		Estacionário	
Modo de gravação	Passivo (visível, infravermelho próximo, infravermelho termal, microndas)			Ativo (laser, radar)		
Meio de gravação	Analogico (câmera, vídeo)			Digital (Whiskbroom, Line array, 2D CCD)		
Cobertura espectral	Visível / Ultravioleta	Infravermelho refletido	Infravermelho Termal		Microndas	
Resolução espectral	Pancromático 1 banda	Multiespectral 2-20 bandas	Hiperespectral 20-250 bandas		Ultra-espectral >250 bandas	
Resolução radiométrica	Baixa (<6bit)	Média (6-8bit)	Alta (8-12bit)		Muito alta (> 12bit)	
Resolução espacial no solo	Muito baixa >250m	Baixa 50-250m	Média 10-50m	Alta 4-10m	Muito alta 1-4m	Ultra-alta <1m

Fonte: Ehlers et al., 2002a

2.5. SISTEMAS DE SATÉLITES

2.5.1. SISTEMAS DE SATÉLITES DE ALTA RESOLUÇÃO ESPECTRAL

Os sistemas sensores que utilizam como princípio de funcionamento o sistema de varredura (scanners) fornecem um maior volume de dados de sensoriamento remoto quando explorados as bandas espectrais.

2.5.1.1. Sistemas Multiespectrais

Considerando a taxonomia de sistemas de sensoriamento remoto descrito na Tabela 1, os sistemas multiespectrais são caracterizados por trabalharem com 2 a 20 bandas espectrais. A título de exemplo serão citados os sistemas sensores que atualmente mais produzem dados de sensoriamento remoto e operacionais para análise da terra. A Tabela 2, a seguir, apresenta uma visão de conjunto dos sistemas de satélites atualmente em operação, incluindo o SPOT (França), o Landsat (EUA) e o IRS (Índia).

Tabela 2: Missões de satélites de sistemas multiespectrais com média a alta resolução espacial (seleção)

Empresa / Instituição	NASA / EUA		CNES / FRANÇA		NRSA / INDIA	
Sistema	Landsat 7 ETM		SPOT 3/4 HRV		IRS 1 C/D	
Modo	Pan	MS + termal	Pan	Multiespectral	Pan	Multiespectral
Resolução Geométrica (m)	15	30 (60 IV t.)	10	20	5,8	23,5
Resolução Espectral (nm)	520-900	450-520 (az.)	480-710	500-590 (v.)		520-590 (v.)
		530-610 (v.)		610-680 (vm.)		620-680 (vm.)
		620-690 (vm.)		790-890 (IV p.)		770-860 (IV p.)
		780-910 (IV p.)		1580-1750 (IV m.)		1550-1700 (IV m.)
		1570-1780 (SWIR) 10420-12500 (IV t.) 2080-2350 (IV m.)				
Escala para aplicações	1:100.000		1:50.000		1:25.000	
Tamanho de cena imageada	185 km x 185 km		60 km x 60 km		23 km x 23 km 70 km x 70 km	
Alt. da órbita	704 km		832 km		817 km	
Inclinação	98,2° solsíncrono		98,7° solsíncrono		98,1° solsíncrono	

Fonte: Ehlers et al., 2002a

Convenções: Pan = pancromático MS = Multiespectral az. = azul
v. = verde vm. = vermelho IV m. = infravermelho médio
IV t. = infravermelho termal IV p. = infravermelho próximo

Segundo Ehlers (2007) para aplicações que exigem um componente multiespectral, esses sistemas fornecem uma resolução espacial de 20-30 m, podendo ser interpretados por meio do uso de procedimentos padronizados de processamento de imagens.

Um exemplo é o Landsat ETM (*Enhanced Thematic Mapper* – Mapeador Temático Realçado), desde que se tornou público ganhou em interesse de uso. E ao incluir um canal pancromático, ele passou a ter uma resolução espacial melhorada em 15 m. Duas características tornam este

sistema produtivo, uma é sua largura de banda espectral que o torna utilizável para muitas aplicações e soluções de problemas e a outra é sua fonte de dados arquivados até 1982 o transforma na ferramenta ideal para a utilização em programas de monitoramento (EHLERS 2007). Com um tamanho de cena de 185 x 185 km, ele fornece a maior cobertura regional tendo, assim, uma atrativa relação custo / benefício. Porém a limitação da resolução devido à tecnologia de varredura (scanner) e da altitude de imageamento, não permite sua utilização para aplicações em regiões urbanas e com elevadas exigências de precisão (EHLERS 2007).

2.5.1.2. Sistemas Hiperespectrais

Segundo Accioly (2004) "o sensoriamento remoto hiperespectral, também conhecido como espectroscopia que usa o sensoriamento remoto, envolve a utilização de sensores com um número elevado de bandas (dezenas a centenas) contíguas, cuja largura, normalmente, é da ordem de 10 nm".

Existem sensores hiperespectrais para serem usados em laboratório (espectroscopia de laboratório) e a bordo de aeronaves ou espaçonaves (obtendo-se, comumente, a espectroscopia de imagem) (ACCIOLY 2004).

A Espectroscopia tradicional é o estudo da dinâmica e da estrutura molecular através da análise dos espectros de absorção, espalhamento e emissão de radiação pelos diferentes tipos de materiais. Em outras palavras, através da espectroscopia de laboratório podem ser discriminados diferentes componentes da matéria a partir da análise dos espectros resultados de sua interação com a energia incidente.

O mesmo princípio se aplica a espectroscopia de imagem (imageamento espectroscópico): para cada pixel do terreno, podem ser obtidos espectros de energia refletida ou emitida. A análise desses espectros através de técnicas oriundas da espectroscopia de absorção permite fazer julgamentos sobre propriedades dos objetos presentes numa dada cena.

O conceito de imageamento espectroscópico pode ser melhor compreendido observando-se a Figura 7. Nela podemos observar que para

cada constituinte da cena, podemos recuperar um espectro. A análise desses espectros e a comparação de suas feições com bibliotecas espectrais permitem diagnosticar a presença de certos componentes da matéria.

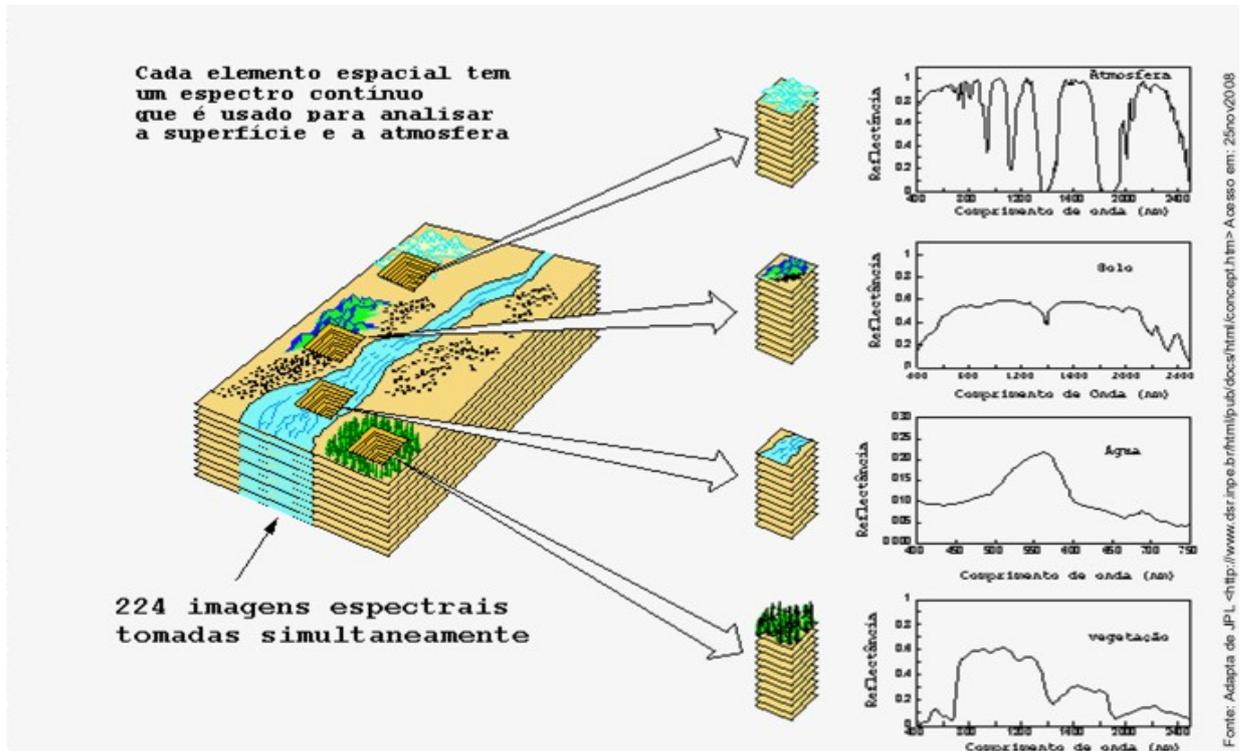


Figura 7: Imageamento espectroscópico dos sensores hiperespectrais.
Fonte: INPE, 2008.

Segundo Green et al (1998), podemos definir um sensor como um Espectro - Imageador se ele permite a aquisição de imagens em mais de 50 bandas espectrais contíguas. A contigüidade e número de bandas espectrais são fundamentais para o conceito de imageamento espectroscópico porque a análise dos dados derivados desse sensor se baseia na identificação de feições de absorção presentes no espectro para através delas determinar: o tipo de material presente, sua concentração, a proporção de componentes mistos, a distribuição espacial do material.

O conceito de espectrômetro Imageador foi desenvolvido a partir da década de 80 pelo Jet Propulsion Laboratory – JPL (Califórnia Institute of Technology). E o primeiro sensor operacional iniciou sua operação a partir de 1987 e é conhecido pela sigla AVIRIS (Airborne Visible/Infrared

Spectrometer). Desde o início de sua operação já foram escritos centenas de artigos científicos apresentando novas metodologias de utilização desses dados e permitindo um constante aperfeiçoamento do sistema sensor, bem como um recrudescimento dos projetos de espectroscopia de campo de modo a aprofundar as bases teóricas para a interpretação de tais dados (AVIRIS, 2008).

Um espectrômetro imageador, Figura 8 é formado basicamente pelos seguintes componentes: a) espelho oscilatório para 'varrer' ou 'escanear' a superfície da terra; b) um sistema de lentes (objetiva) para focalizar a radiação proveniente da superfície; c) um espectrômetro responsável pela dispersão da radiação em diferentes comprimentos de onda, d) uma matriz de detetores responsável pela detecção da radiação incidente de cada ponto do terreno e cada intervalo de comprimento de onda convertendo "fotons" em "eletrons); e) um sistema de calibragem responsável pela estabilidade da qualidade radiométrica dos dados durante à aquisição das imagens; f) um sistema eletrônico que é responsável pela amplificação do sinal, conversão Analógico-Digital e registro em uma fita magnética de alta densidade (AVIRIS, 2008).



Figura 8: Configuração do Sistema AVIRIS.
Fonte: AVIRIS, 2008.

2.5.2. SISTEMAS DE SATÉLITES DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL

O desenvolvimento de novos sistemas que provém, por um lado, dos satélites de espionagem de última geração, e por outro, do desenvolvimento de *scanners* hiperespectrais, são considerados as principais expectativas do desenvolvimento do sensoriamento remoto (EHLERS 2007). Segundo Möller (2003) (apud EHLERS 2007) "com resoluções no solo de até 0,6m (modo pancromático) e 3-4m (modo multiespectral), esses sistemas sensores orbitais poderão ser utilizados pela primeira vez em aplicações de planejamento em áreas urbanas".

Nos últimos anos, com o aumento da resolução espacial em imagens e o desenvolvimento de novos sistemas sensores, as aplicações de sensoriamento remoto em ambientes urbanos foram ampliadas. Segundo Centeno et. al. (2007) "as imagens de alta resolução, como aquelas obtidas pelos sistemas Quickbird e Ikonos, tornam-se cada vez mais necessárias aos gestores urbanos, como suporte para a tomada de decisões técnicas". As imagens obtidas por esses sistemas facilitam a atualização de bases cadastrais e quando associadas a outras fontes de dados, como mapas temáticos ou dados derivados de levantamentos, possibilitam a detecção de novas construções, o monitoramento de alterações em regiões urbanas, estudos de impermeabilização de solo ou o mapeamento de ocupações irregulares, dentre outros (CENTENO et. al. 2007).

A Tabela 3, a seguir, apresenta uma visão de conjunto dos sistemas de satélites disponíveis atualmente e planejados com resolução máxima espacial máxima. A maior resolução dentre todos os satélites civis de sensoriamento remoto, aproximadamente 0,6m, atualmente é obtida pelo satélite Quickbird-2 da DigitalGlobe.

Tabela 3: Missões de satélites de alta resolução espacial (<http://www.digitalglobe.com>, <http://www.spaceimaging.com>, <http://www.orbimage.com>, <http://www.imagesat.com>)

Empresa	Digital Globe					GeoEye (ORBIMAGE & SPACE IMAGING)						
	QuickBird 2 (Lanç.:2001)		WorldView I (Lanç.: 2007)		WorldView II (Lanç.: 2008)		IKONOS II (SPACE IMAGING) (Lanç.: 1999)		Orb-View-3 (ORBIMAGE) (Lanç.: 2003)		GeoEye-1 (OrbView-5) (Lanç.: 2007)	
Sistema	QuickBird 2 (Lanç.:2001)		WorldView I (Lanç.: 2007)		WorldView II (Lanç.: 2008)		IKONOS II (SPACE IMAGING) (Lanç.: 1999)		Orb-View-3 (ORBIMAGE) (Lanç.: 2003)		GeoEye-1 (OrbView-5) (Lanç.: 2007)	
Modo	Pan 11 bit	MS 4 bandas 11 bit	Pan 11 bit	Pan 11 bit	MS 8 banda s 11 bit	Pan 11 bit	MS 4 bandas 11 bit	Pan 11 bit	MS 4 bandas 11 bit	Pan 11 bit	MS 4 bandas 11 bit	
Resol. Espacial	0.61m	2.44m	0.45m	0.46 m	1.8m	1m	4m	1m	4m	0.4m	1.64m	
Resol. Espectral (nm)	450-900	450-520 (az) 520-600 (vd) 630-690 (vm) 760-900 (IV p.)	N/D	N/D	N/D	450- 900	450-520 (az) 520-600 (vd) 630-690 (vm) 760-900 (IV p.)	450- 900	450-520 (az) 520-600 (vd) 625-695 (vm) 760-900 (IV p.)	450-900	450-520 (az) 520-600 (vd) 625-695 (vm) 760-900 (IV p.)	
Faixa imageada	16.5km		16km		16.4km		11.3km		8km		15.2km	
Altitude da órbita	450km		450km		770km		681km		470km		684km	
Inclinação	97.2° sol-síncrono		sol-síncrono		sol-síncrono		98.1° sol-síncrono		97° sol-síncrono		98° sol-síncrono	
Fonte	www.digitalglobe.com					www.geoeye.com						

Empresa	ImageSat International - Israel			CNES - França		ORFEO (CNES & COSMO-Skymed) - França, Itália	
	EROS A (Lanç.: 2000)	EROS B (Lanç.: 2006)	EROS C (Lanç.: 2007)	SPOT-5 (Lanç.: 2002)		Pleiadas Satellite System(HR 1 Lanç.: 2008 e HR 2) Lanç.: 2010)	
Modo	Pan 11 bit	Pan 11 bit	Pan 11 bit	MS 11 bit	Pan 8 bit	MS 5 bandas	Pan MS 4 bandas

Tabela 3: Missões de satélites de alta resolução espacial (<http://www.digitalglobe.com>, <http://www.spaceimaging.com>, <http://www.orbimage.com>, <http://www.imagesat.com>)

	8 bit							
Resol. Espacial	1.8m	0.7m	0.7m	2.8m	2.5 m (realçado) 5.0 m (normal)	10m (swir 20 m)	0.7m	2.8m
Resol. Espectral (nm)	500-900				490-690	430-470 (az) 500-590 (vd) 610-680 (vm) 780-890 (IV p.) 1580-1750 (swir)	~470-840	
Faixa imageada	13.5km	14km	11km			60km		20km
Altitude da órbita	480km	~500km	~500km			822km		694km
Inclinação	97.3° sol-síncrono	sol-síncrono	sol-síncrono			98.7° sol-síncrono		sol-síncrono
URL		www.imagesatinti.com				http://spot.cnes.fr		http://smc.cnes.fr/PLEIADES/index.htm

Empresa	NSPO (National Space Organization) Taiwan		ISRO (Indian Space Research Organization) Índia		KARI (Korean Aerospace Research Institute) Coréia do Sul			
Sistema	Formosat-2 (Lanç.: 2004)		Cartosat-1 (IRS-P5) (Lanç.: 2005)		Cartosat-2 (Lanç.: 2006)		KOMPSAT-2 (Lanç.: 7/2006)	
Modo	Pan 11 bit	MS 4 bandas 12 bit	Pan fore 10 bit	Pan aft 10 bit	Pan		Pan 10 bit	MS 4 bandas 10 bit
Resol. Espacial	2m	8m	2.54m		<1m		1m	4m
Resol. Espectral (nm)	450-900	450-520 (az) 520-600 (vd) 630-690 (vm) 760-900 (IV p.)	500-850		500-900		500-900	450-520 (az) 520-600 (vd) 630-690 (vm) 760-900 (IV p.)
Faixa imageada	24km		29.4km	26.2km	10km		15km	

Tabela 3: Missões de satélites de alta resolução espacial (<http://www.digitalglobe.com>, <http://www.spaceimaging.com>, <http://www.orbimage.com>, <http://www.imagesat.com>)

Altitude da órbita	891 km	618 km	630 km	685 km		
Inclinação	99.14° sol-síncrono	98.87° sol-síncrono	97.91° sol-síncrono	sol-síncrono		
Fonte	www.nspo.org.tw/2005e	www.isro.org		www.spotimage.fr		
Empresa	QinetQ, SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd.) Info Terra Ltd. & RAL (Rutherford Appleton Laboratory) Reino Unido		JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) Japão	ATSB (Astronautic Technology (M) Sdn Bhd) & SaTReCi (SaTReC Initiative Co Ltd.) Malásia – Coréia		
Sistema	TopSat (Lanç.: 10/2005)		ALOS (Lanç.: 1/2006)	RazakSat (Lanç.: 2006)		
Modo	Pan	MS 3 bandas	Pan	MS 4 bandas	Pan 10 bit	MS 4 bandas 10 bit
Resol. Espacial	2.5 m (a 600 km) 2.86 m (a 686 km)	5 m (a 600 km) 5.7 m (a 686 km)	2.5 m	10 m	2.5 m	5 m
Resol. Espectral (nm)	500–700	450–500 (az) 500–600 (vd) 600–700 (vr)	520–770	420–500 (az) 520–600 (vd) 610–690 (vm) 760–890 (IV p.)	510–730	450–890
Faixa imageada	15 km / 17 km		35 km (Modo triplet) 70 km (Somente Nadir Modo varredura larga)	70 km	20 km	
Altitude da órbita	600 km / 686 km		692 km	685 km		
Inclinação	98.2° sol-síncrono		98.17° sol-síncrono	9° sol-síncrono. NeqO (Near Equatorial Low Earth Orbit)		
Fonte	www.sstd.rt.ac.uk , www.infoterra.co.uk , www.qinetiq.com		www.eoc.jaxa.jp	http://atsb-malaysia.com.my , www.satreci.com		

Tabela 3: Missões de satélites de alta resolução espacial (<http://www.digitalglobe.com>, <http://www.spaceimaging.com>, <http://www.orbimage.com>, <http://www.imagesat.com>)

Empresa	GISTDA (Geo-informatics and Space Technology Development Agency) Tailândia		CNTS (Algerian National Space Technology Centre) & EADS Astrium Argélia – França		CAST (China Academy of Space Technology) & INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) China – Brasil	
Sistema	THEOS (Thailand Earth Observation System) (Lanç.: 2007)		AISAT-2 (Algeria SATellite – Constelação de 2 satélites: ALSAT-2A & ALSAT-2B) (Lanç.: 2008)		CBERS-2b (China-Brazil Earth Resources Satellite) (Lanç.: 10/2007)	
Modo	Pan	MS	Pan	MS 4 bandas	Pan	MS 4 bandas
Resol. Espacial	2m	15m	2.5m	10m	2.5m	20m
Resol. Espectral (nm)	450-900	450-520 (az) 530-600(vd) 620-690 (vr) 770-900 (IV p.)			500-800	450-520 (az) 520-590 (vd) 630-690 (vm) 770-890 (IV p.) 510-730 (Pan)
Faixa imageada	22km	90km	17.5km		27km	113km
Altitude da órbita	822km				778km	
Inclinação	98.7° sol-síncrono		sol-síncrono órbita polar		98.2° sol-síncrono, órbita polar	
Fonte	www.space.eads.net		www.space.eads.net		www.cbers.inpe.br	

Legenda:

- az = azul
- vd = verde
- vm = vermelho
- IV p. = Infravermelho próximo
- PAN = Pancromático
- MS = Multiespectral
- ND = Não disponível
- SWIR = Short Wave Infrared

Tabela 3: Missões de satélites de alta resolução espacial. Fonte: (<http://www.digitalglobe.com>, <http://www.spaceimaging.com>, <http://www.orbimage.com>, <http://www.imagesat.com>)

CAPITULO 3: ASPECTOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

3.1. INTRODUÇÃO

Toda a atividade produtiva da sociedade moderna necessita de um insumo básico, a energia elétrica. A energia elétrica está tão presente no cotidiano que se torna difícil mencionar uma tarefa que não dependa, ainda que indiretamente, desse tipo de energia. Portanto, as organizações do setor de elétrico detêm uma grande responsabilidade, fornecer o principal insumo da sociedade moderna.

Este capítulo tem com objetivo descrever alguns aspectos pertinentes a linhas de transmissão de energia elétrica que se fez necessário na pesquisa.

3.2. SISTEMA ELÉTRICO

Sistema elétrico é um conjunto de usinas, subestações, linhas de transmissão e outros equipamentos que possibilitam a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em uma área específica (ANEEL, 2007).

A energia elétrica só pode ser gerada em usinas classificadas conforme os recursos que utilizam (hidroelétrica, termoelétrica, eólica, nuclear, etc.). Devido a motivos de segurança para a população, condições naturais e instalações físicas, estas usinas muitas vezes não podem estar localizadas próximas às regiões consumidoras da energia gerada.

Assim há a necessidade que a energia elétrica percorra longas distâncias, saindo das usinas geradoras, onde o nível de tensão da energia é elevado (subestação elevadora) para valores muito mais altos do que aqueles em que foram gerados, visando uma transmissão de energia elétrica de modo econômico e com menores perdas.

A energia percorre as linhas de transmissão até outras subestações de empresas distribuidoras que, por sua vez, reduzem o nível de tensão ao necessário pra o consumo (indústrias usam média tensão, até 15 kV e

residências usam baixa tensão, até 600 Volts). Percebe-se que a atividade elétrica é composta por três etapas principais: a geração, onde certo tipo de energia é transformado em energia elétrica; a transmissão, onde a energia elétrica é transportada em altas tensões; e a distribuição, onde a energia é distribuída ao consumidor final em baixas tensões (ANEEL, 2007).

A energia elétrica no Brasil é derivada, predominantemente de usinas hidroelétricas e termoelétricas. As usinas hidroelétricas são inúmeras, devido à natureza privilegiada, às condições continentais e ao grande número de rios caudalosos capazes de gerar energia em grande escala. No caso do sistema elétrico brasileiro, torna-se imprescindível decorrer sobre o Operador Nacional do Sistema Elétrico.

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é uma entidade de direito privado, sem fins lucrativos, criada em 26 de agosto de 1998, responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). (ONS, 2007)

Conforme a ONS (2007) a produção de energia elétrica no Brasil é realizada por um sistema hidrotérmico de múltiplos proprietários, sendo que 96,6% dessa produção integra o SIN, formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Os 3,4% restantes encontram-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados, localizados, principalmente, na região amazônica.

O mercado consumidor nacional é composto por cerca de 47 milhões de unidades, sendo 56% nas regiões sudeste/centro-oeste, 22% na região nordeste, 15% na região sul, 5% na região norte e 2% em sistemas isolados. Dados de 2005 da ONS.

O Sistema de Transmissão Interligado Nacional, nas tensões de 230 kV a 750 kV, é composto de cerca de 77.640 km de linhas de transmissão e cerca de 530 usinas e subestações. Dados de 2005 da ONS.

3.3. LINHAS DE TRANSMISSÃO

Linha de transmissão de energia elétrica (LT) é uma linha usada para transmitir energia elétrica em alta tensão de 230 kV a 750 kV (ANEEL, 2007). Esta transmissão não é irradiada, e sim guiada de uma fonte geradora para uma carga consumidora. A linha de transmissão é formada por cabos condutores de energia elétrica (principais componentes), torres e isoladores que sustentam esses cabos.

A energia gerada nem sempre será utilizada, ou consumida no lugar de sua geração, portanto a linha de transmissão precisa ter a maior eficiência possível. Esta é delimitada por diversos parâmetros, tais como indutância, capacitância, velocidade de propagação, constante de fase, entre vários outros.

A atividade de manutenção em linhas de transmissão é regulamentada pela ONS. Para um melhor desempenho do sistema elétrico nacional foram criados os "Procedimentos de Rede" referentes ao "Acompanhamento da Manutenção dos Sistemas Elétricos". Estes têm como objetivo padronizar a operação, de modo a proporcionar um serviço de fornecimento de energia elétrica nos níveis e padrões de qualidade e confiabilidade requeridos pelos consumidores e aprovados pela ANEEL (ONS, 2007).

Conforme o documento citado considera-se que os agentes de geração e os agentes de transmissão, por serem os proprietários dos equipamentos e instalações integrantes do sistema físico, são os responsáveis pela manutenção dos mesmos.

Para que os níveis e padrões de qualidade requeridos sejam alcançados, é essencial que as atividades de manutenção realizadas pelos agentes nos equipamentos e instalações da rede de operação, garantam normalidade, confiabilidade e continuidade da operação dos mesmos nas condições nominais de projeto ou naquelas previamente comunicadas ao ONS, dentro dos padrões de desempenho homologados pela ANEEL.

Neste contexto, o acompanhamento da manutenção exercido pelo ONS consiste em (ONS, 2007):

a) Analisar os dados obtidos em ensaio operacional conduzido pelo ONS, para a certificação da capacidade de geração de unidade geradora declarada pelo Agente de Geração;

b) Empenhar para que haja a liberação de equipamentos e instalações da Rede de Operação para a execução das atividades mínimas de manutenção previstas pelos Agentes de Geração e Agentes de Transmissão;

c) Verificar, através do acompanhamento dos Programas Mensais e do Plano Anual de Manutenção da Rede de Operação, se as atividades mínimas de manutenção estão sendo executadas e analisar os indicadores de realização e cancelamento das programações;

d) Acompanhar o desempenho da manutenção da Rede de Operação através da análise dos indicadores de desempenho de linhas de transmissão, de equipamentos de subestações e usinas despachadas pelo ONS;

e) Atuar nos casos em que os indicadores de desempenho estejam situados dentro da faixa de alerta definida pela ANEEL, solicitando ao Agente um Plano de Ação para a recuperação desses indicadores e acompanhando os resultados dele decorrentes.

3.4. MANUTENÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

O trabalho de manutenção das LT realizado pelos agentes de transmissão é dividido em três aspectos principais: manutenção do terreno onde está instalada a torre, manutenção da torre e manutenção dos cabos condutores.

A manutenção do terreno onde está instalada a torre é importante para que a vegetação local não interfira no bom funcionamento da linha de transmissão e para que os acessos à torre estejam em condições que

permitam o trânsito dos veículos de manutenção que transportam pessoal, ferramentas e instrumentos.

Com relação à manutenção da vegetação deve ser mantida uma distância (entre o topo das árvores e os cabos condutores) regulamentada por normas de projeto da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - para que não ocorra nenhum contato entre a vegetação e as torres ou cabos de transmissão que possa provocar o desligamento da linha por descarga elétrica. Este tipo de manutenção depende da vegetação local que determina o crescimento e a altura da vegetação na idade adulta.

A supressão das árvores depende de licença ambiental do IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. Em locais de mata nativa e espécies raras a vegetação deve ser podada e nos casos extremos em que for permitido o corte, o IBAMA exige que lhe seja apresentado um programa de replantio das espécies.

O serviço de limpeza de faixa (corte da vegetação comum a média altura) inclui o afastamento da vegetação cortada para longe dos cabos condutores, pois a vegetação seca amontoadada facilita o surgimento de incêndio, principalmente na região do cerrado onde as temperaturas são muito altas e a umidade do ar baixa. A queimada, com altas labaredas e sob os condutores, provoca o desligamento da linha pela redução do isolamento do ar.

No que tange à manutenção das torres de transmissão existem várias operações destinadas à sua conservação. Dentre estas, tem-se: o aperto ou troca de parafusos, troca de isoladores, substituição de peças corroídas e retencionamento de estais (tirantes de aço que sustentam certos tipos de torres).

Na manutenção dos isoladores e acessórios de cabos condutores e pára-raios.

A programação das manutenções das linhas de transmissão deve ser realizada anualmente e acordada com o cliente estabelecido em contrato, sendo a mesma baseada na experiência da empresa e nos dados históricos.

Além disso, inspeções devem ocorrer e podem ser de duas formas: inspeções gerais, onde as verificações são feitas com os eletricitistas indo a campo e detectando anomalias observadas a distância (a olho nu ou com binóculos) cujo registro é feito em relatório próprio de inspeção e inspeções específicas, onde os trabalhadores sobem nas torres das linhas de transmissão e verificam o estado de cada componente ser revisado (ANEEL, 2007).

3.5. FAIXA DE SERVIDÃO

A Faixa de Servidão se define como as áreas de terra ao longo do eixo da LT, cujo domínio permanece com o proprietário, porém, com restrições ao uso da área. Declarada de através de instrumento público extrajudicial. Sua distância Utilidade Pública e instituída transversal ao eixo da LT determinada em função de suas características elétricas e mecânicas, necessária para garantir o bom desempenho do empreendimento, sua inspeção e manutenção e a segurança das instalações e de terceiros, essa determinação da largura é feita através de cálculos conforme definições e parâmetros, estabelecidos nas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 5422.

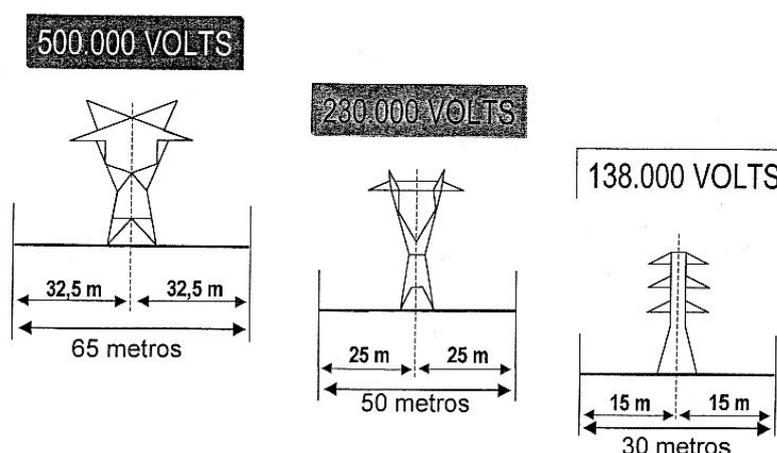


Figura 9: Largura da Faixa de Servidão conforme a tensão. Fonte: ABNT – NBR 5422.

A Figura 9 exemplifica as faixas de servidão estabelecidas pela ABNT NBR 5422 conforme a tensão.

3.5.1. CORTE SELETIVO

Para a realização de limpeza de faixa utilizando as técnicas de corte seletivo, são muitas vezes dificultadas pelas condições das instalações dos corredores dentre elas destacam:

- As estradas de acessos normalmente não permitem a circulação de guindastes e maquinários, específicos para os desmatamentos seletivos, através do processo de poda;
- O acesso ao longo dos vãos que necessitam de desmatamentos, pois neles raramente existem condições de tráfego;

A ABNT NBR 5422 estabelece alturas cabo/solo e cabo/vegetação adequadas para o bom funcionamento das LT's.

De acordo com a ABNT NBR 5422 a distancia mínima do cabo condutor ao objeto conforme a tensão é exemplificada na Tabela 4.

Tabela 4: Distância mínima do cabo condutor ao objeto conforme a tensão. Fonte: ABNT – NBR 5422

Tensão (kV)	Distância Mínima do Condutor ao Objeto (m)
34,5	4,0
69	4,0
138	5,0
230	6,0
525	9,0

Esta normatização faz-se necessário não somente no processo de manutenção das LT como também no planejamento evitando maiores problemas no futuro.

3.5.2. TIPOS DE VEGETAÇÃO INDICADOS PARA LT

As empresas de transmissão de energia elétrica têm garantias, baseadas em lei, nas ações sobre problemas em faixas de servidão que venham a trazer embaraços para o bom desempenho da linha e para a segurança de pessoal.

A servidão administrativa para passagem de linha de transmissão é instituída mediante declaração de utilidade pública por resolução da ANEEL (Leis 8987 de 13.2.95 e 9648 de 27.5.98). O decreto nº 35851 de 16/07/54 que regulamenta o artigo 151, alínea c do Código de Águas, a respeito das servidões para passagem de linha de transmissão de energia elétrica, estabelece que Boscotto (2008):

Art. 3º "Os proprietários das áreas atingidas pelo ônus limitarão o uso do gozo das mesmas ao que for compatível com a existência à servidão, abstando-se, em consequência, de praticar, dentro delas, quaisquer atos que a embarquem ou lhe causem dano, incluídos entre eles os de erguerem construções ou fazerem plantações de elevado porte".

§ 1º A Administração, ao expedir o decreto de servidão, poderá vedar que tais construções ou plantações se façam em uma faixa paralela à área de servidão, estabelecendo-lhes os respectivos limites.

Com isso, as empresas têm o controle dos tipos de vegetação que podem ser utilizados nas faixas de servidão das linhas de transmissão, podendo assim indicar as melhores espécies no intuito de evitar as erosões nos pés de torres e minimizar o impacto ambiental ao longo dos vãos.

Segundo Boscotto (2008), para classificar os diversos tipos de uso, as empresas do setor elétrico, em sua maioria, dividem a faixa de servidão nas seguintes áreas:

- Área A: É uma área circular em torno das estruturas da LT, de raio igual à metade da largura da faixa;
- Área B: É definida por uma área da faixa ao longo da linha, de largura igual a quatro vezes a distância máxima entre o centro da torre e a fase lateral;
- Área C: É a área da faixa de servidão, excluídas as áreas A e B.

A Figura 10 mostra de forma ilustrativa estas áreas.



Figura 10: Uso conforme divisão da faixa de servidão.
Fonte: ABNT – NBR 5422.

CAPITULO 4: METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para se alcançar os objetivos propostos, esta pesquisa está dividida em três grandes etapas:

- Fundamentação teórica: caracterizar o estado da arte do Sensoriamento Remoto e definir aspectos das Linhas de Transmissão de Energia Elétrica de Alta Tensão dentre eles: conceitos, manutenção de LT, sistemas e legislação;
- Análise espectral e espacial das imagens: avaliar o potencial do Sensoriamento Remoto no contexto espectral e espacial das imagens orbitais, como fonte de dados para a geração de cartografia terrestre visando fornecer subsídios no estudo de planejamento e monitoramento de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica de Alta Tensão.
- Avaliar cartograficamente uma alternativa de traçado para corredor de energia elétrica de alta tensão no CIPS.

4.2. COLETA DOS DADOS E INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Tabela 5: Coleta dos dados e instrumentos de pesquisa - Imagem Orbital de alta Resolução.
Fonte: DIGITALGLOBE.

IMAGENS DE SATÉLITE				
SENSOR	TIPO DO PRODUTO	RESOLUÇÃO ESPACIAL		RESOLUÇÃO RADIOMÉTRICA
		PANCROMÁTICO	MULTIESPECTRAL	
QuickBird	Imagem OrtoQuick Color	1 banda com resolução de 0,60m	3 bandas com resolução de 2,4m	16 bits

Observações: imagens ortoretificadas;

Tabela 6: Coleta dos dados e instrumentos de pesquisa - Imagem obtida por sobrevôo.
Fonte: CIPS – DPU – CECT.

IMAGENS DE ORTOFOTO	
BASE CARTOGRÁFICA DIGITAL na escala de 1:5000 (curvas de nível de 2 em 2m).	

Tabela 7: Coleta dos dados e instrumentos de pesquisa – software e sistemas de geoinformação

SOFTWARES DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E SISTEMAS DE GEOINFORMAÇÃO	
SOFTWARE	ERDAS IMAGINE, ARCGIS - ARCMAP Base Cartográfica Digital CIPS
CARTAS E MAPAS DE REFERÊNCIA	Cartas da Superintendência do Nordeste – SUDENE Cartas e documentos da FIDEM

4.3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Complexo Industrial Portuário de SUAPE (CIPS) está localizado no Nordeste brasileiro Figura 11, região que tem um Produto Interno Bruto (PIB), segundo fontes mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008) e a Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco (CONDEPE / FIDEM, 2008), é de R\$ 280.504,00 milhões em 2005. Pernambuco, estado onde se localiza, tem um PIB que gira em torno de R\$ 49.904,00 milhões, representando 17,8% do PIB regional e 2,3% do PIB nacional. Dados recentes das mesmas fontes mostram que o PIB a preços básicos do Brasil, apresentou no primeiro trimestre de 2008 em relação ao mesmo período do ano anterior uma taxa de crescimento de 5,5%.

Certamente essa participação se elevará até o final da década, tendo em vista:

O impacto dos novos investimentos;

- Os benefícios que os novos empreendimentos, pela sua natureza, irão a termos de adensamento dos elos com as cadeias produtivas do Estado, sendo nesse sentido um fator de descentralização e interiorização da dinâmica de sua economia;
- O efeito renda criado pelos novos investimentos, com impactos induzidos no comércio, no turismo, nos serviços especializados e nos serviços em geral;
- Dinamismo decorrente de uma maior presença no comércio internacional, por meio da elevação das exportações estaduais.

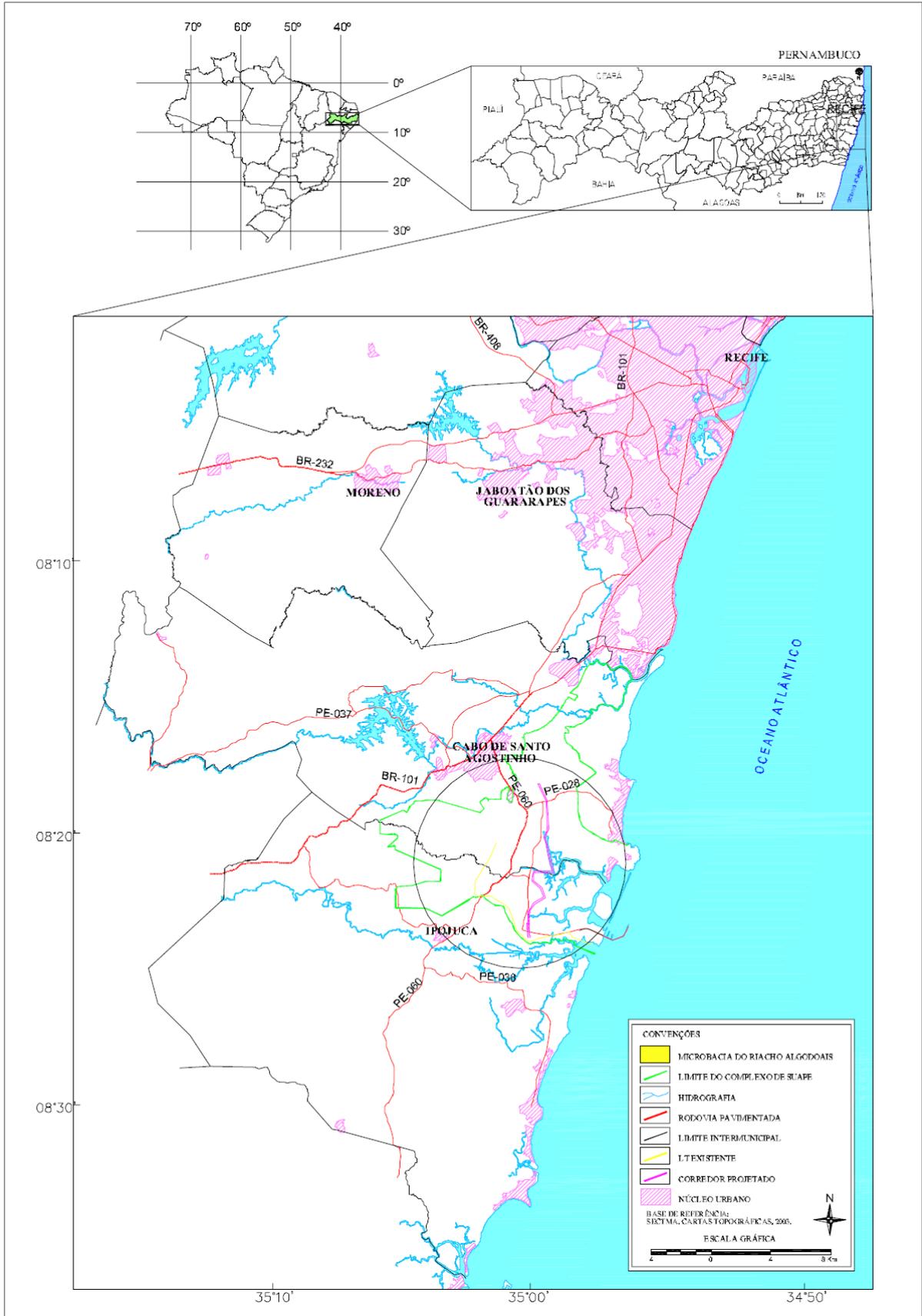


Figura 11: Mapa de situação do Complexo Industrial Portuário de SUAPE.
Fonte: CIPS e IBGE

O CIPS é o mais completo pólo para a localização de negócios industriais e portuários da Região Nordeste, situado em áreas do municípios do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, no litoral sul do Estado de Pernambuco ocupa uma área de 13.600 hectares. Dispondo de uma infraestrutura completa para atender às necessidades dos mais diversos empreendimentos, SUAPE tem atraído um número cada vez maior de empresas interessadas em colocar seus produtos no mercado regional ou exportá-los para outros países.

A posição geográfica de Pernambuco, no centro da Região Nordeste, transforma SUAPE em um centro concentrador e distribuidor de cargas. A localização também torna o porto de SUAPE vocacionado como um porto internacional concentrador de cargas para toda a América do Sul.

Em uma estratégia planejada pelos armadores internacionais, SUAPE passou a ser visto como o porto que poderia realizar, na Costa Atlântica da América do Sul, as operações de transferência de cargas de navios de grande porte para as instalações portuárias e reembarcando-as em navios de menor porte.

O pólo agrega uma multimodalidade de transportes, através de rodovias e ferrovias internas, aliadas a um porto de águas profundas com redes de abastecimento de água, energia elétrica, telecomunicações e gás natural instaladas em todo o complexo.

A influência do CIPS, portanto, transborda a sua área geográfica específica dos municípios onde se localiza, formando uma área de influência direta composta por cinco municípios: Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Cabo de Santo Agostinho, Escada e Ipojuca. Esta área de influência direta também denominada de Território Estratégico de SUAPE, conta com uma população superior a 1 milhão de habitantes, de acordo com os dados recentes da Contagem da População do IBGE para 2007. Este quadro populacional associado a grande oferta de empregos diretos e indiretos gerados pela implantação dos principais empreendimentos previsto no CIPS, gera um quadro preocupante no uso e ocupação do solo dentro e na periferia do CIPS.

CAPITULO 5: ANÁLISE DIGITAL DE IMAGENS ORBITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO

5.1. INTRODUÇÃO

Para a confecção de mapas de uso e cobertura do solo uma das mais recentes fontes de dados são as imagens orbitais de sensoriamento remoto (PINHO, et. al. 2007). Entretanto, as imagens orbitais disponíveis até meados da década de 1990 não possuíam resolução espacial suficiente para discriminar os alvos dentro do ambiente intra-urbano. Dessa forma, estudos detalhados sobre este ambiente só possuíam como fonte de dados de sensoriamento remoto as fotografias aéreas, com alta resolução espacial (PINHO, et. al. 2007).

Porém para produzir produtos com alta resolução espacial e temporal, já estavam então disponíveis as aerofotos (fontes de informação com alta resolução espacial), e os satélites da série Landsat, com repetitividade nominal de imageamento de 16 dias (aquelas com alta resolução temporal) (PINHO, et. al. 2007). Contudo, não havia ainda um tipo de dado que reunisse as duas vantagens em um só produto. Com o surgimento das imagens orbitais dos sistemas sensores Ikonos II (1999) e Quickbird (2001), pode-se reunir as duas vantagens, alta resoluções espacial e temporal, em um só produto com resoluções espaciais entre 0,6 m e 4,0 m, e temporais entre 1,5 e 3 dias (PINHO, et. al. 2007). Representando assim um momento de grande inovação para o sensoriamento remoto do espaço intra-urbano.

Este capítulo objetiva descrever análises digitais em imagens de alta resolução no estudo e planejamento de LT.

5.2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE MAPAS DE USO DA TERRA

RAISZ (1969) considera tão importante quanto os mapas detalhados de topografia, geologia, solo, população e outros, são os mapas de uso da terra. Na maioria dos países da Europa os mapas de uso da terra são de um nível de detalhamento compatíveis aos mapas topográficos, considerando

como principal vantagem para este sucesso são as dimensões territoriais dos mesmos. Porém em nosso país esta tarefa torna-se mais difícil. Desta forma a pesquisa por novas tecnologias e métodos associados, vem sendo uma busca constante da comunidade científica.

SANTOS (2004) defende a importância para o planejamento ambiental a elaboração de mapas de uso da terra, porque retrata as atividades humanas que podem significar pressão e impacto sobre os elementos naturais. O mesmo explica que esta ferramenta funciona como um elo importante de ligação entre as informações dos meios biofísicos e socioeconômicos. De uma forma geral as formas de uso e ocupação e o seu objetivo podem ser explicados pela Figura 12.

Figura 12.

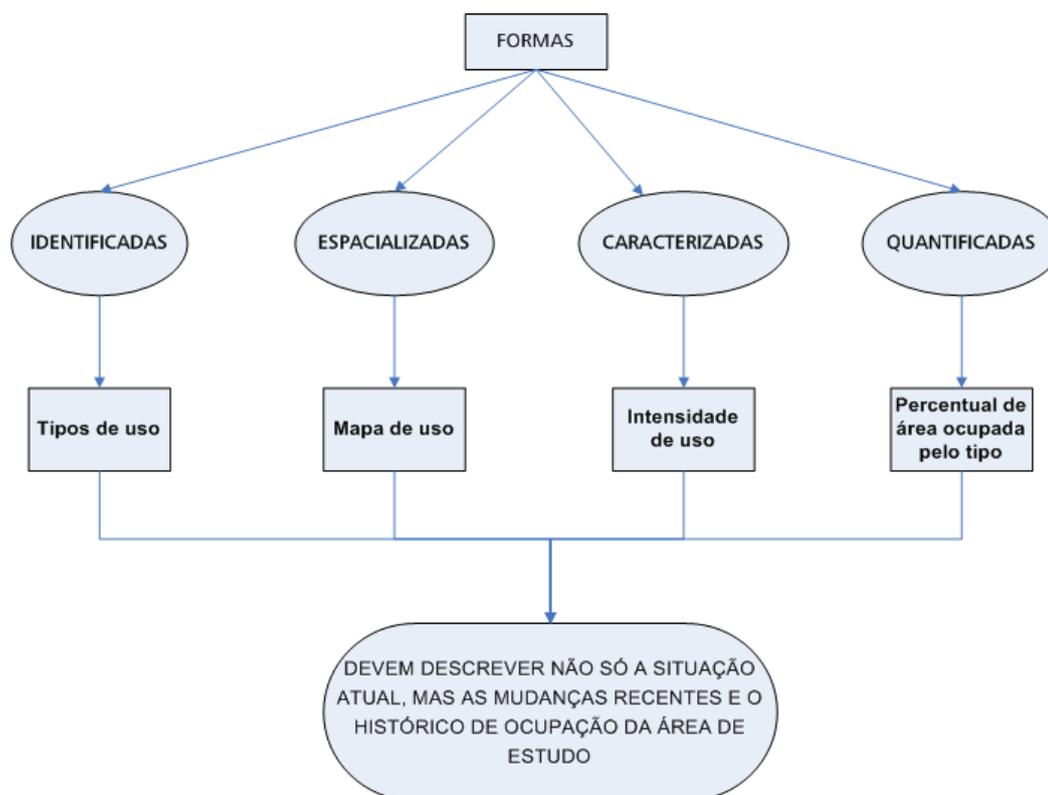


Figura 12: Formas de uso e ocupação.
Fonte: Santos, 2004.

Para descrever a situação de uma determinada área para conhecer e planejar o espaço faz-se necessário a definição de um Sistema de

Classificação de Uso da Terra. Deste modo tornou-se uma tarefa dos setores de planejamento urbano, estadual e regional, a definição e padronização das classes de uso da terra. São exemplos de setores o Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos da América, a União Geográfica Internacional - UGI e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e outros.

5.2.1. Considerações de Sistema de Classificação da Terra com Base nas Recomendações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

O IBGE validando a importância de se estabelecer uma padronização na classificação de uso atual da terra, em parte, já utilizada por técnicos da instituição, elaborou o Manual Técnico de Uso da Terra.

Este documento tem por finalidade apresentar uma primeira aproximação do Sistema de Classificação de Uso da Terra, com isso caracterizar da melhor forma possível as classes de uso definidas, procurando contribuir com o conhecimento e planejamento do espaço brasileiro.

5.2.1.1. Classes de Uso da Terra

Segundo o IBGE as classes de Uso da Terra podem ser definidas como unidades simples ou associações de classes, isto vai variar com o espaço a ser estudado e a escala de trabalho. De modo geral as unidades simples aparecerão apenas em estudos de detalhe ou semidetalhe, enquanto nos levantamentos a nível regional predominarão as associações de classes.

5.2.1.2. Grandes Classes de Uso Atual da Terra

O IBGE definiu 7 (sete) grandes **classes** de Uso da Terra, as subdivisões dessas classes formam os **tipos** e a subdivisão destes forma os **subtipos**. Estas subdivisões possuem uma forte relação com a escala de trabalho Figura 13.

Classes	Tipos	Subtipos	Descrição
A	AS		Agricultura de Subsistência
	AT	ATp	Agricultura Tradicional com cultura permanente
		ATc	Agricultura Tradicional com culturas cíclicas
		ATpc	Agricultura Tradicional com cultivo misto
	ATr	ATrp	Agricultura de Transição com cultura permanente
		ATrc	Agricultura de Transição com culturas cíclicas
		ATrpc	Agricultura de Transição com cultivo misto
	AM	AMp	Agricultura Modernizada com cultura permanente
		AMc	Agricultura Modernizada com cultura cíclica
		AMpc	Agricultura Modernizada com cultivo misto
		AMaf	Agricultura Modernizada com cultivo agroflorestal
	R/F	R	Reflorestamento com espécies exóticas
		F	Florestamento com espécies exóticas
Rn		Reflorestamento com espécies nativas	
Fn		Florestamento com espécies nativas	
P	PE	PEc	Pecuária Extensiva com finalidade de corte
		PEcl	Pecuária Extensiva com finalidade mista
	PS	PSc	Pecuária Semi-Intensiva com finalidade de corte
		PSl	Pecuária Semi-Intensiva com finalidade de leite
		PScl	Pecuária Semi-Intensiva com finalidade mista
	PI	PIc	Pecuária Intensiva com finalidade de corte
PIl		Pecuária Intensiva com finalidade de leite	
PIcl		Pecuária Intensiva com finalidade de mista	
AP	AP	APs	Agropecuária de subsistência
	AP	AP	Agropecuária
E	EV	EV	Extrativismo Vegetal
	EA	EA	Extrativismo Animal
	EM	EM	Extrativismo Mineral
M	MCA	MCA	Mineração Organizada a Céu Aberto
	MSS	MSS	Mineração Organizada em Sistema Subterrâneo
AE	AER	ERA	Áreas Especiais com destinação para Reservas
	AEP	AEP	Áreas Especiais com destinação para Parques
	AEF	AEF	Áreas Especiais com destinação para Florestas
	AEA	AEA	Áreas Especiais com destinação para APA
	AEE	AEE	Áreas Especiais com destinação para Estação Ecológica
AU	AUR	AUR	Áreas Urbanas Residenciais
	AUC	AUC	Áreas Urbanas Comerciais
	AUI	AUI	Áreas Urbanas Industriais
	AUCI	AUCI	Complexos Industriais e Comerciais
	AUM	AUM	Terras Urbanas de Uso Misto

Fonte: Manual Técnico de Uso da Terra - IBGE
Figura 13: Classes, Tipos e Subtipos de Uso da Terra.
 Fonte: IBGE, 1999.

5.3. MAPA DE USO DA TERRA EM LT

Todo o aumento de resolução implica também o aumento da quantidade de informações que podem ser obtidas das imagens. Segundo Antunes (et. al. 2007), “no caso da resolução espacial, a quantidade de detalhes visíveis na imagem aumenta, possibilitando visualizar e identificar objetos que, com resolução espacial mais grosseira, seriam invisíveis”. Em áreas urbanas, o aumento da resolução espacial permite identificar elementos como ruas, prédios e até árvores. Para isso, o uso exclusivo da informação espectral, leituras digitais contidas em cada banda, é insuficiente. Outro fator é que o incremento da resolução espacial também é responsável pelo aumento da variação espectral dentro de uma classe. Como exemplo, uma parcela de vegetação aparece como uma área espectralmente uniforme numa imagem com pixel de 30m. Já em imagens com pixel em torno de 1 m, a quantidade de tonalidades aumenta devido à presença de sombras e às diferentes condições de iluminação no dossel (ANTUNES et. al. 2007).

5.4. REALCE DE IMAGENS

O realce de imagens é o processo de tornar uma imagem mais interpretável para uma aplicação específica (FAUSTO, 1989). O realce destaca características importantes dos alvos (objetos imageados), tornando os dados de sensoriamento remoto mais interpretável ao olho humano.

Técnicas de realce podem ser usadas para o estudo, localização de áreas e objetos no solo de informações úteis a partir de imagens. O propósito deste capítulo é desenvolver idéias básicas que auxiliem na identificação de elementos importantes em LT.

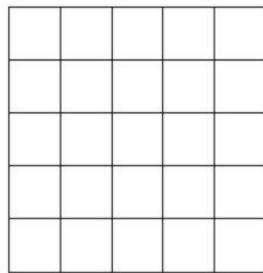
5.4.1. REALCE ESPACIAL

O realce espacial opera em cada pixel individualmente modificando o seu valor com base nos valores dos pixels vizinhos. O realce espacial trabalha em grande parte com freqüência espacial, que é a diferença entre

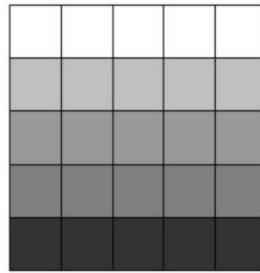
o maior e o menor valor de um conjunto de pixels contíguos. Jensen (1986) define freqüência espacial como "o número de mudanças no valor do brilho por unidade de distância de qualquer parte de uma imagem."

Considere como exemplo a Figura 14.

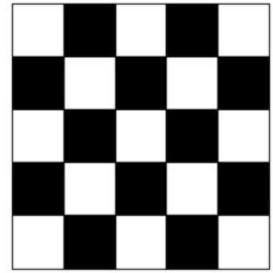
- zero freqüência espacial - uma imagem fixa, em que cada pixel tem o mesmo valor ;
- baixa freqüência espacial - uma imagem que consiste de uma escala de cinza variando suavemente;
- alta freqüência espacial - uma imagem constituída por um tabuleiro de jogo de pixels preto e branco.



zero freqüência espacial



baixa freqüência espacial



alta freqüência espacial

Figura 14: Freqüência Espacial. Fonte: ERDAS IMAGINE, 1997.

5.4.1.1. Filtros Lineares

Os filtros lineares resultam da convolução de uma máscara (janela móvel) e a imagem. O resultado de um filtro linear pode ser escrito na seguinte forma Equação 1:

$$G(y,x) = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^T (p(i,j) * I(y+i-a, x+j-a)) \quad (I)$$

Equação 1: Resultado aplicação de um filtro linear. Fonte: Centeno, 2004.

Onde:

$I(y,x)$ corresponde ao valor do pixel na posição linha = y e coluna = x ;

$p(i,j)$ representa o filtro;

T é o tamanho da máscara (janela);

$G(y,x)$ é a imagem resultante, filtrada;

$a = \text{int}(T / 2) + 1$.

O filtro $p(i,j)$ é na realidade um arranjo de pesos que servem para transformar o valor do pixel central fazendo uma varredura dos pixels vizinhos. Pode-se representar este filtro sob forma de uma matriz ou uma pequena imagem.

Os filtros lineares são definidos em termos de seu efeito na imagem como passa baixas e passa altas. Esta denominação obedece a eliminação de certas freqüências, considerando que a imagem pode ser representada por uma série de funções harmônicas superpostas.

Filtros passa-baixas (suavização)

Este filtro atenua as altas freqüências e deixam apenas as baixas freqüências (CENTENO, 2004). O efeito desse filtro é a remoção de detalhes da imagem e sua suavização Figura 15.



Figura 15: Imagem original e com filtro passa-baixas. Fonte: CARVALHO, 2003.

A imagem filtrada apresenta uma aparência de névoa ou um efeito de “imagem fora de foco”, tornando as áreas presentes na imagem mais homogêneas.

Filtros passa-altas (realce)

Este filtro tem o efeito contrário ao anterior, atenua as baixas freqüências e deixam apenas as altas freqüências. Nesta caso os detalhes da imagens são realçados Figura 16.



Figura 16: Imagem original e com filtro passa-altas. Fonte: CARVALHO, 2003.

O efeito visual do filtro passa-altas é o de uma imagem mais nítida, onde as bordas e detalhes encontram-se mais realçados.

Filtros Direcionais

Este filtro permite salientar as bordas ou linhas que ocorrem numa determinada direção, fazendo a diferença dos valores na máscara (janela) considerando sua posição em relação ao pixel central da janela.

São exemplos de filtros direcionais Norte, Leste, Sul, Oeste 3x3 na Figura 17.

1 1 1	-1 1 1	-1 -1 -1	1 1 -1
1 -2 1	-1 -2 1	1 -2 1	1 -2 -1
-1 -1 -1	-1 1 1	1 1 1	1 1 -1

Figura 17: Exemplos de filtros direcionais: Norte, Leste, Sul e Oeste respectivamente.

5.4.1.2. Filtros Não-Lineares

Estes filtros também operam em vizinhanças. Em geral, entretanto, a operação desses filtros baseia-se diretamente nos valores dos pixels na vizinhança, não utilizando coeficientes da maneira descrita na Equação 1. A redução de um ruído pode ser alcançada com um filtro não-linear cuja função básica consiste em computar o valor médio dos níveis de cinza na

vizinhança em que o filtro está posicionado. São exemplos de filtros não-lineares o filtro da mediana e o filtro da moda.

Filtro da Mediana

Neste filtro não-linear o elemento central de uma região é substituído pelo valor de nível digital que corresponde à mediana de seus vizinhos.

O cálculo da mediana dos vizinhos requer uma ordenação dos valores digitais dos mesmos e a escolha do valor mediano, ou seja, aquele que divide o conjunto de vizinhos em dois grupos de cardinalidade iguais.

Uma característica interessante é que a imagem resultante sofre um certo grau de suavização do que decorre perda de detalhe. A diferença em relação a filtro passa-baixas é que as bordas não são degradadas em extremo, pois os valores originais são preservados.

Filtro da Moda

Neste filtro não-linear o elemento central de uma região é substituído pelo valor de nível digital mais freqüente em sua vizinhança, ou seja, a moda dos seus vizinhos.

A implementação desse filtro se faz construindo-se um histograma dos valores vizinhos de um pixel e tomando-se aquele valor mais freqüente como novo valor do pixel central considerado.

Quando não encontramos um único valor de moda pode-se utilizar a moda que é igual ao valor do pixel central ou, na falta deste, a moda mais próxima do valor central.

5.4.1.3. Processamento de Imagens Orbitais em LT por Técnicas de Realce Espacial.

As técnicas de processamento de imagens por realce espacial pode ser utilizada na extração de informações que auxiliam no monitoramento de LT. Neste trabalho aplicaram-se algumas técnicas de realce espacial contidas do software ERDAS IMAGINE v. 9.1, em um trecho de LT existente. A localização exata da área onde foram realizadas as amostras corresponde à

janela de coordenadas J1: E(m)=277604,468 , N(m)=9071676,765 e J2: E(m)=278668,266, N(m)=9070645,027. Estando estas coordenadas referenciadas ao sistema geodésico de referência South American Datum (SAD-69) e sistema de projeção Universal Transverso de Mercator - UTM. Esta janela e o trecho da LT existente podem ser analisados na Figura 30 intitulada Carta Imagem de LT Existente, em anexo.

Detecção Borda Cruzamento (cross edge detection) - DBC

A Figura 18 (b) mostra uma imagem orbital de alta resolução, lado direito, e imagem realçada espacialmente onde foi aplicado o processamento de convolução usando a técnica de realce espacial DBC, Figura 18 (a).

Na observação "A", nota-se uma alta frequência de mudança (variações) representada por um aspecto rugoso constatando vegetações de médio a grande porte.

Na observação "B", o pequeno curso d'água (drenagem) foi realçado, lado esquerdo, nota-se que este curso d'água quase passa despercebido na imagem orbital de alta resolução, lado direito.

Na observação "C", a estrada de terra na imagem de alta resolução do lado direito pode ser bem identificada, já na imagem realçada do lado esquerdo esta identificação torna-se menor.

A técnica de realce DBC utiliza filtro passa-altas realçando as bordas de mudança dos alvos.

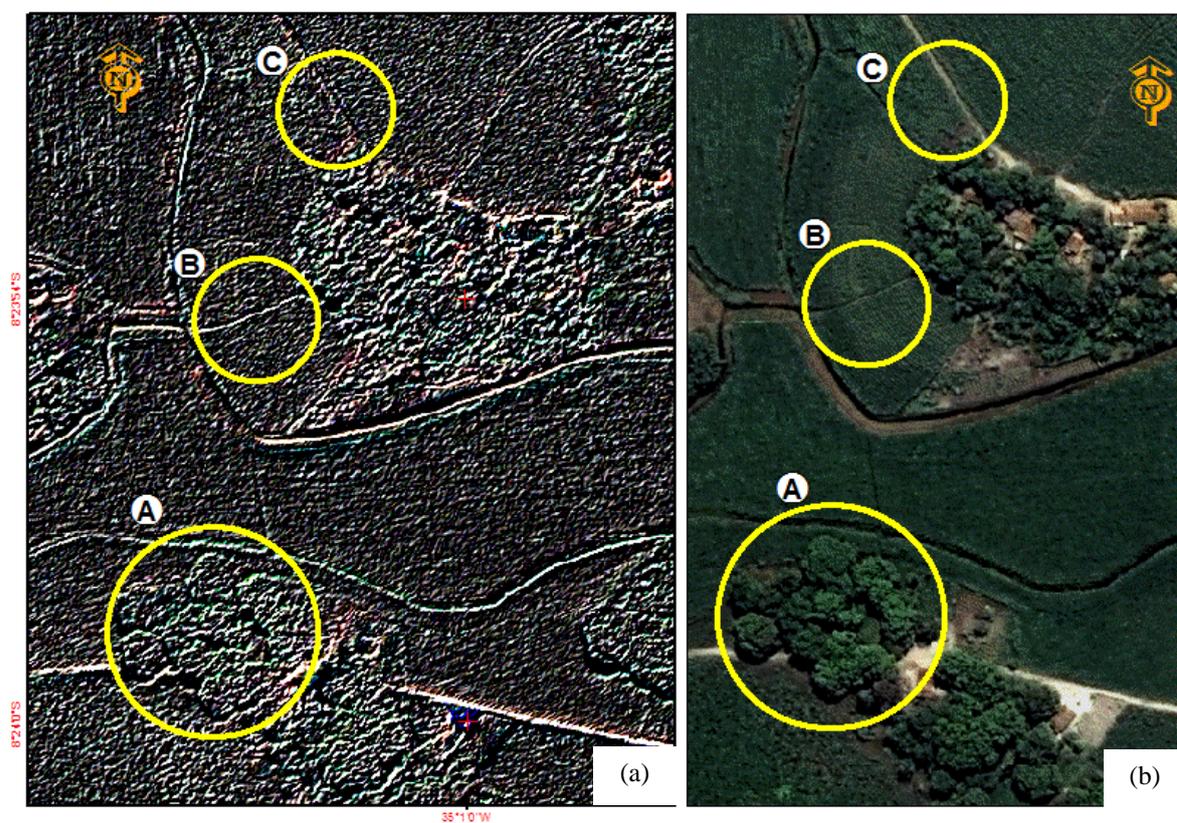


Figura 18: Kernel - Detecção Borda Cruzamento (DBC).

Detectar (detect) – D

A Figura 19 (b) mostra a imagem orbital de alta resolução, lado direito, e imagem realçada espacialmente onde foi aplicado o processamento de convolução usando a técnica de realce espacial D, Figura 19 (a).

Na observação "A", a definição do elemento forma torna-se mais nítida fornecendo uma informação quantitativa da vegetação, na imagem realçada.

Nas duas observações "B", podemos detectar uma orientação da vegetação (culturas) que ficando mais nítida na imagem realçada.

Na observação "C", podemos detectar os cabos das linhas de transmissão realçados pelo realce espacial D. No processo anterior, DBC, esta interpretação não é visível.

A técnica de realce D utiliza filtros direcionais realçando as bordas de mudança dos alvos, principalmente na direção norte.

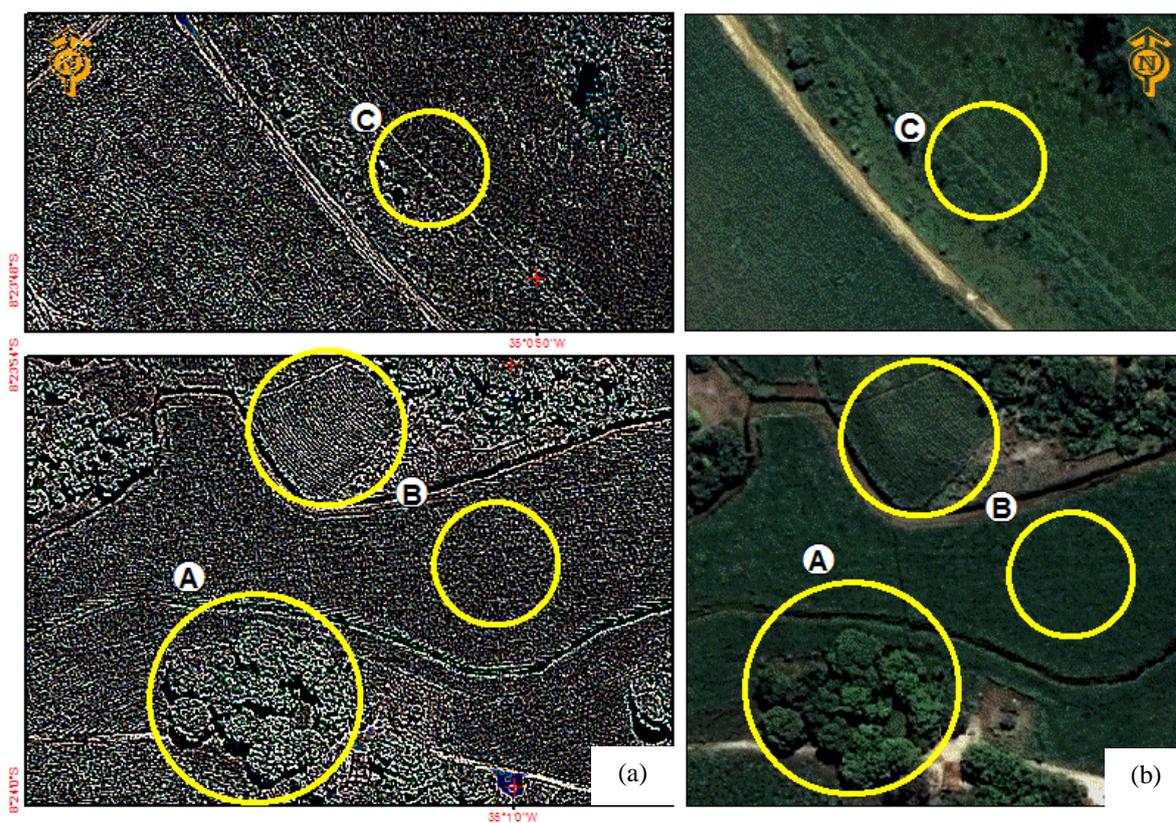


Figura 19: Kernel – Detectar (D).

Horizontal – H

A Figura 20 (b) mostra a imagem orbital de alta resolução, lado direito, e imagem realçada espacialmente onde foi aplicado o processamento de convolução usando a técnica de realce espacial H, Figura 20 (a).

Nas observações "A" e "B", o realce de direção horizontal pode ser observado, na imagem realçada, uma vez que os alvos possuem esta distribuição típica de plantação de culturas onde a distribuição geométrica é bem definida. Porém na observação "C" este realce não fornece uma direção bem definida típica de áreas de vegetação sem intervenção humana. A técnica de realce H também utiliza filtros direcionais.

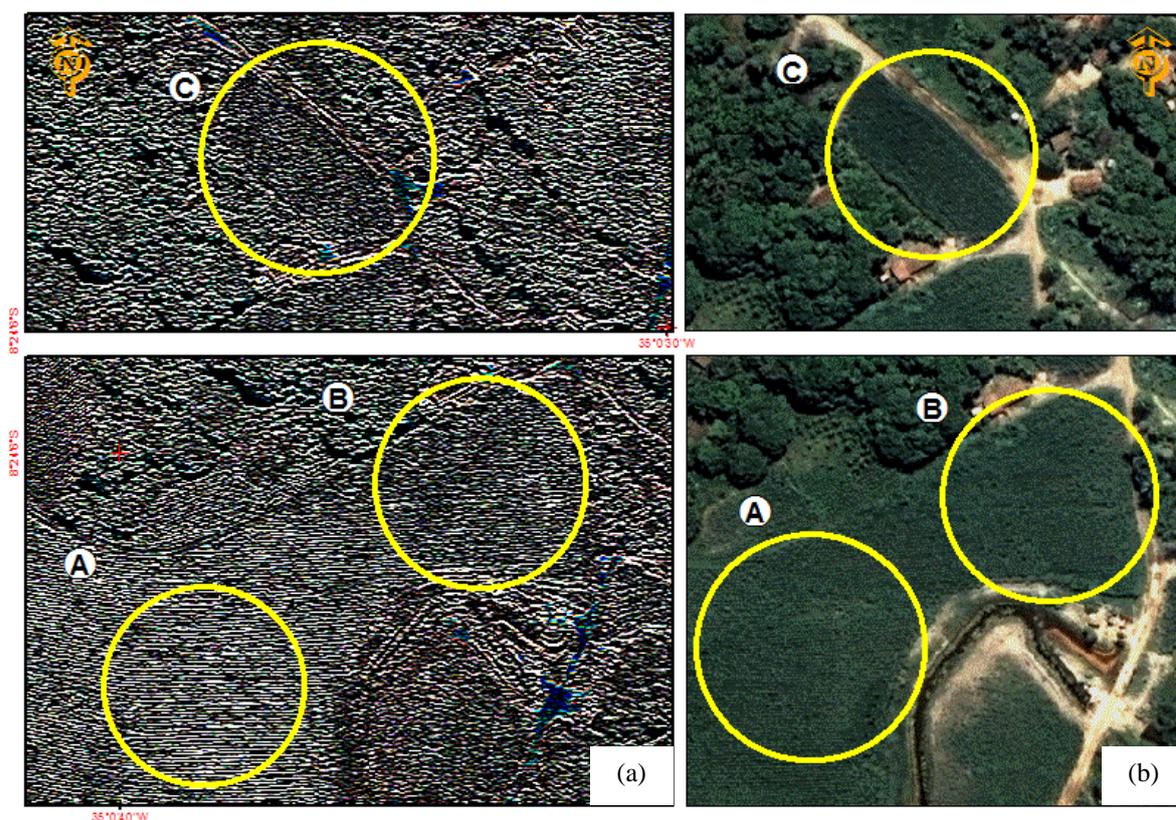


Figura 20: Kernel - Horizontal (H).

Deteccção Borda Horizontal (horizontal edge detection) – DBH

A Figura 21 (b) mostra a imagem orbital de alta resolução, lado direito, e imagem realçada espacialmente onde foi aplicado o processamento de convolução usando a técnica de realce espacial DBH, Figura 21 (a).

As observações na imagem realçada podem detectar os cabos das linhas de transmissão realçados. Na observação "A" com aspecto mais rugoso do que na observação "B", mostrando a presença de vegetação de maior porte.

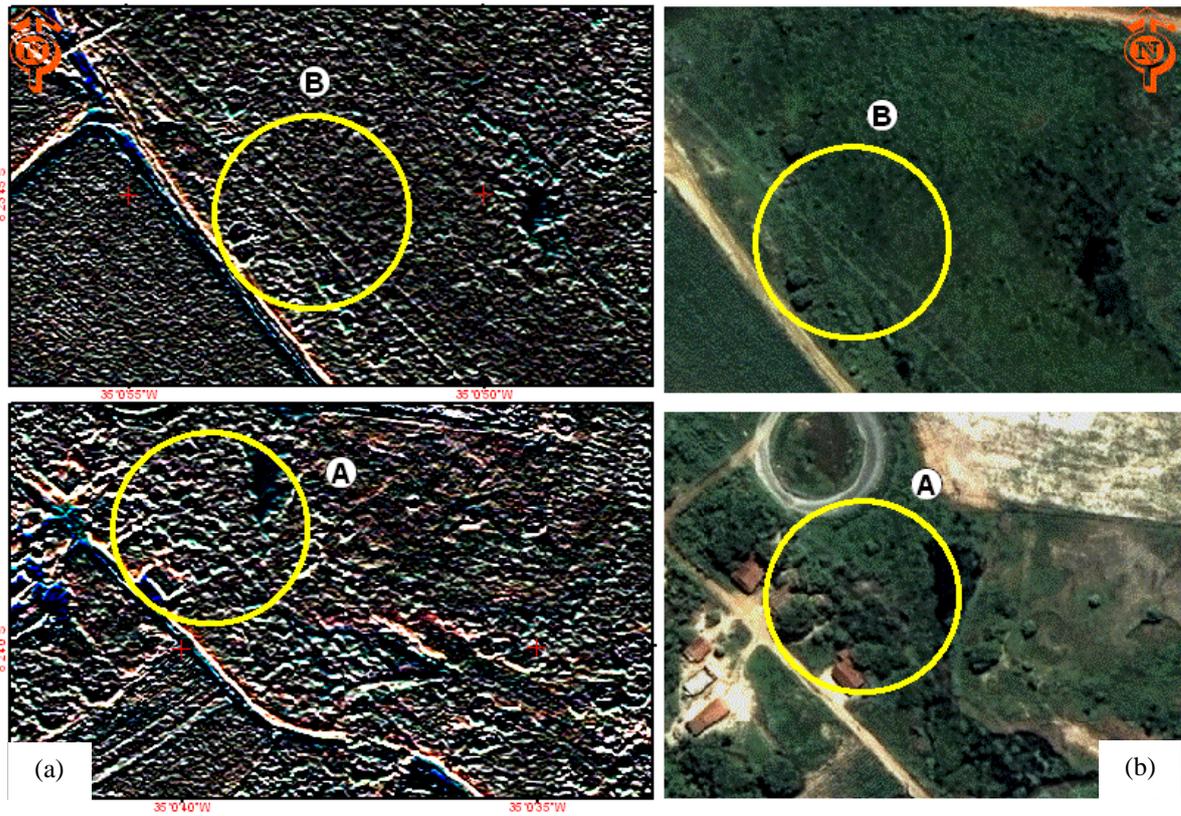


Figura 21: Kernel - Detecção Borda Horizontal (DBH).

Detecção Borda Laplaciana (laplacian edge detection) – DBL

A Figura 22 (b) mostra a imagem orbital de alta resolução, lado direito, e imagem realçada espacialmente onde foi aplicado o processamento de convolução usando a técnica de realce espacial DBL, Figura 22 (a).

Na observação "A", na imagem realçada, os cabos das linhas de transmissão foram realçados mesmo estando em uma área de sombra de nuvens.



Figura 22: Kernel - Detecção Borda Laplaciana (DBL).

Vertical (vertical) - V

A (Figura 23 (b) mostra a imagem orbital de alta resolução, lado direito, e imagem realçada espacialmente onde foi aplicado o processamento de convolução usando a técnica de realce espacial V, (Figura 23 (a)).

Este processamento produz o mesmo realce do kernel H só que na direção vertical. Na observação "A", na imagem realçada, os cabos das linhas de transmissão foram realçados mesmo estando em uma área de sombra de nuvens em uma melhora significativa com relação a técnica de realce espacial DBL.



(Figura 23: Kernel - Vertical (V)).

Textura

Muitos alvos nas imagens de cenas naturais são desprovidos de bordas realçadas sobre grandes áreas. Nestas áreas a cena muitas vezes pode ser caracterizada como uma estrutura consistente análoga para a textura uniforme. Medições de textura na imagem podem ser utilizadas para segmentar uma imagem e classificar seus segmentos (PRATT, 1991).

Segundo Centeno (2004), "o critério da textura é importante na análise visual, pois muitos elementos que não apresentam diferenças espectrais significativas podem ser diferenciados por sua textura".

Embora não exista nenhuma definição formal de textura, esse descritor intuitivamente fornece medidas de propriedades como suavidade, rugosidade e regularidade.

A Figura 24 (b) mostra a imagem orbital de alta resolução e imagem realçada espacialmente onde foi aplicado o processamento de textura, Figura 24 (a). Nela podemos visualmente identificar as medidas de

propriedades principalmente na vegetação: rugosidade "A", suavidade "B" e regularidade "C".

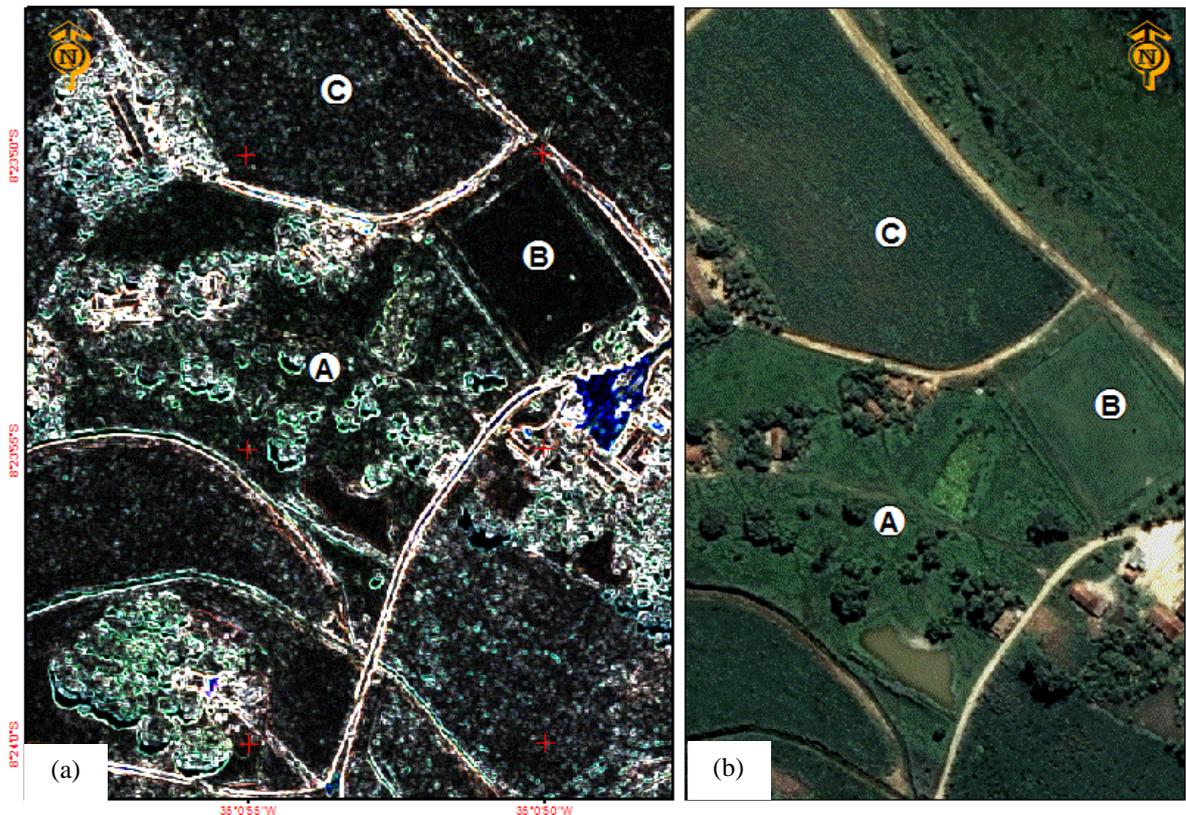


Figura 24: Realce espacial por Textura (T).

5.4.2. REALCE ESPECTRAL

No realce espectral os dados contidos em várias imagens, obtidas em faixas espectrais diferentes podem ser combinados para salientar determinadas características dos alvos. Tipicamente, estas operações envolvem a manipulação de várias bandas, das quais uma nova imagem (ou várias) é gerada. Eles podem ser utilizados para:

- comprimir faixas de dados que são semelhantes;
- extrair novas bandas de dados que são mais interpretável a olho nu;
- aplicar transformações matemáticas e algoritmos;
- exibir uma maior variedade de informações em três cores disponíveis nas faixas (R, G, B).

5.4.2.1. Análise por Componentes Principais

A grande correlação entre bandas multiespectrais em uma imagem de Sensoriamento Remoto é dada pela própria estrutura de aquisição dessas imagens. Tem-se uma certa similaridade entre as bandas por expressarem essencialmente a mesma informação (LILLESAND, 1994).

A Análise por Componentes Principais (Principles Component Analysis - PCA) é usada como um método de compressão de dados. Ela permite que dados redundantes sejam compactados em poucas bandas, isto é, a dimensão dos dados é reduzida. As bandas de dados PCA são não-correlacionadas e independentes, e são freqüentemente melhor interpretadas que os dados fonte (JENSEN, 1996). Esta técnica tem sido empregada em várias aplicações de sensoriamento remoto. A utilização de Principais Componentes em imagens hiperespectrais é um exemplo deste tipo de aplicação.

No processamento de imagens a principal tarefa executada pela PCA pode ser descrita da seguinte forma: dadas "n" imagens brutas (sem qualquer outro tipo de processamento), são analisadas as correlações entre elas e produzido um novo conjunto de n novas imagens, com nenhuma correlação entre si. De modo geral, esse novo conjunto de imagens terá as seguintes características: a primeira delas, chamada de Primeira Componente Principal (PC1) irá conter a informação que é comum a todas as "n" bandas originais; a Segunda Componente Principal (PC2) irá conter a feição espectral mais significativa do conjunto e assim sucessivamente as PCs de ordem mais alta irão conter feições espectrais cada vez menos significativas, até a última PC, que concentrará então a informação de ruído (CROSTA, 1992).

A primeira componente principal é o autovetor associado ao maior autovalor, a segunda componente principal é o autovetor associado ao segundo maior autovalor, e assim por diante.

Os valores dos dados da análise por componentes principais são resultantes de simples combinações lineares de valores de dados originais

(LILLESAND, 1994). Para uma imagem com duas bandas podemos exemplificar a combinação pelas seguintes equações:

$$DN_I = a_{11}DN_A + a_{12}DN_B \quad \text{Equação 2}$$

$$DN_{II} = a_{21}DN_A + a_{22}DN_B \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

- DN_I e DN_{II} : número digital (nível de cinza) no novo sistema de coordenadas;
- DN_A e DN_B : número digital (nível de cinza) no sistema de coordenadas original;
- a_{11} , a_{12} , a_{21} , a_{22} : coeficientes de transformação.

De uma forma geral, a análise por componentes principais permite também identificar a informação a respeito da cobertura do terreno contida no conjunto de bandas ou em um determinado subconjunto delas. Isto facilita a interpretação dos dados e o mapeamento mais apropriado de diferentes coberturas do solo (CENTENO, 2004).

A Figura 25 (b) mostra a imagem orbital de alta resolução e imagem realçada espacialmente onde foi aplicada a Análise por Principais Componentes, Figura 25 (a). Nela podemos visualmente identificar os três pontos de observação, "A", "B" e "C", diferenciados pela vegetação predominante que compõe a cobertura do solo.

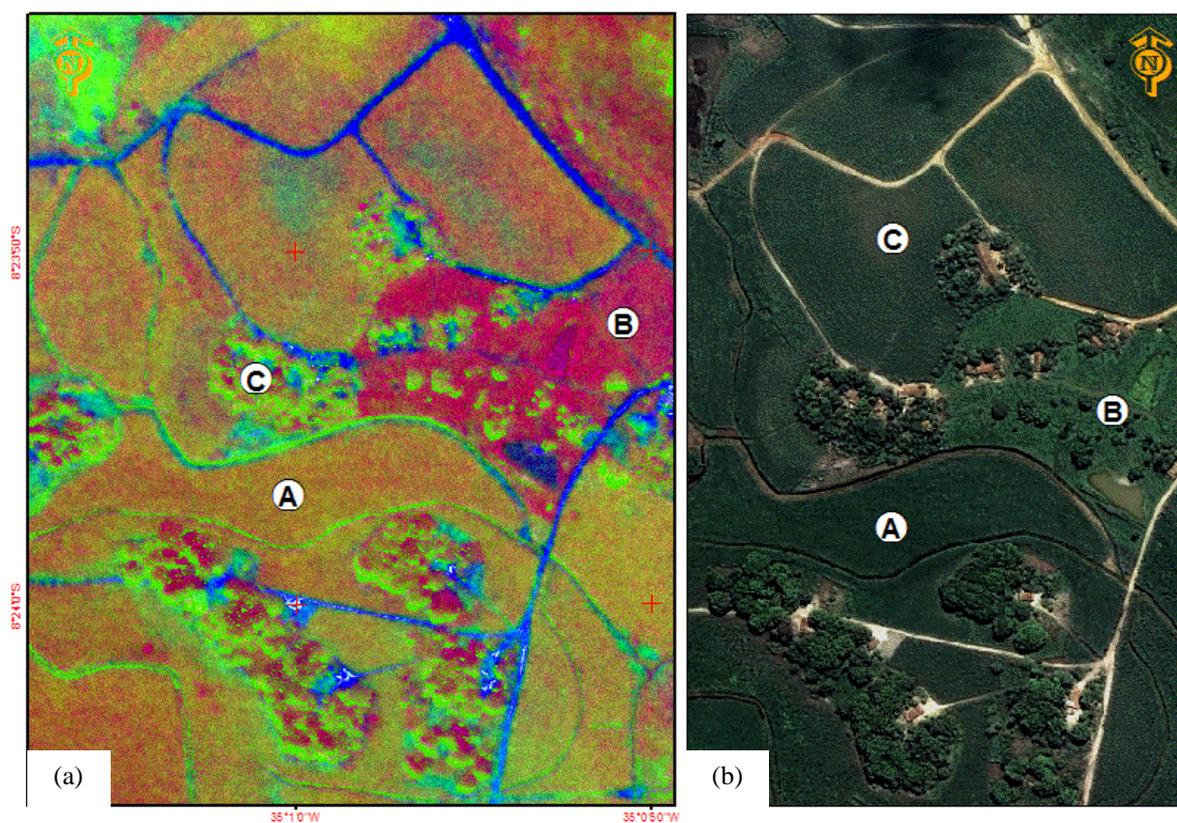


Figura 25: Análise por Principais Componentes.

Neste processo a identificação de áreas de cultivo de cana (A), vegetação arbustiva (C) representando sítios, áreas de cultivo de capim para gado (B). Podem ser facilmente diferenciados, contribuindo no processo de manutenção e planejamento de LT. Um exemplo disto seria a identificação de áreas com riscos de queimadas, como no cultivo de cana por exemplo.

CAPÍTULO 6: PROPOSTA DE UM CORREDOR DE LT A PARTIR DE ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

6.1. INTRODUÇÃO

Devido ao grande crescimento industrial do Complexo Industrial Portuário de Suape - CIPS nos últimos anos, fez com que houvesse uma maior procura por energia elétrica de alta tensão. Esta procura é impulsionada principalmente por dois grandes empreendimentos, a Refinaria e Estaleiro.

Para suprir esta necessidade a administração do CIPS lançou proposta de um corredor elétrico de pudesse atender não somente os grandes empreendimentos mais também os futuros impulsionados pelo desenvolvimento econômico.

Este capítulo visa analisar este corredor elétrico planejado pela administração do CIPS no âmbito da legislação ambiental vigente, utilizando as imagens orbitais de alta resolução do sensor QuickBird e modelos digitais de elevação.

6.2. TRAÇADO DO CORREDOR ELÉTRICO PROPOSTO

A Figura 31 intitulada Carta Imagem do Corredor Elétrico Proposto, em anexo. Corresponde a um CE proposto que possui dimensões aproximadas de: largura 100m, extensão 13km e ocupando uma área de 130ha.

Este CE possui um traçado que viabiliza um curto percurso levando em consideração os atuais e futuros empreendimentos no CIPS, sendo o mesmo sugerido pelas diretorias que compõem a administração do complexo.

Desta forma o trabalho objetivou a analisar e avaliar as condições de ocupação deste CE em confronto com as principais legislações ambientais e seus parâmetros exigidos.

6.3. ANÁLISE ESPECÍFICA DAS CONDIÇÕES DE OCUPAÇÃO DO CORREDOR ELÉTRICO

Por outro lado, as atividades de transmissão, distribuição e geração de energia estão sujeitas à legislação federal, estadual e municipal de ampla cobertura referente à preservação do meio ambiente. A Constituição Federal confere poderes aos Governos Federal e Estadual para promulgar leis destinadas a proteger o meio ambiente e a editar regulamentação ao amparo dessas leis sendo que os municípios podem também fazê-lo com relação aos assuntos de interesse local.

Em linhas gerais, os projetos de implantação de linhas de transmissão e seu entorno, com relação às normas ambientais, devem ser concebidos de forma a incorporar as variáveis ambientais e suas restrições decorrentes das disposições legais, a saber:

- Os estudos de traçados de novas linhas de transmissão são elaborados com vistas a minimizar os impactos sócio-ambientais;
- Os traçados buscam sempre as menores interferências com a vegetação;
- São utilizadas estruturas maiores para a transposição de matas nativas;
- Os vãos entre as estruturas das linhas de transmissão, nas travessias de rios e córregos, são aumentados;
- São utilizadas estruturas autoportantes e reduzida à largura da faixa em locais de topografia acidentada, para minimizar processos erosivos.

Além destes aspectos deve-se considerar a alteração na drenagem natural, a compactação do solo, a erosão e a desestabilização de encostas, que traz como consequência o assoreamento dos cursos de água e sua consequente degradação.

O procedimento para instalação de novas linhas de transmissão requer o cumprimento de uma série de medidas de proteção ambiental, de acordo com a Constituição Federal e respectivas leis e regulamentações federais, estaduais e municipais.

Com fins específicos para as análises realizadas nesta pesquisa destacamos na Tabela 8 algumas leis importantes a serem consideradas quando da implantação do corredor elétrico.

Tabela 8: Parâmetros e as respectivas legislações ambientais. Fonte: Lei 4771/65

Declividade		Legislação e os parâmetros exigidos
Graus	%	
25°	46,6%	CÓDIGO FLORESTAL: Lei 4771/65 - Art 10 - Não é permitida a derrubada de florestas, situadas em áreas de inclinação entre 25 a 45 graus, só sendo nelas tolerada a extra câ o de toros, quando em regime de utilização racional, que vise a rendimentos permanentes.
Encostas de Morros : Montanhas e Montes		
45°	100%	CÓDIGO FLORESTAL: Lei 4771/65 Art. 2° - Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45° , equivalente a 100% na linha de maior declive;

6.3.1. PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para gerenciar os dados utilizou-se o software ArcGis, foi elaborado pelo aplicativo ArcCatalog um arquivo de banco de dados Personal Geodatabase, para realizar análises topológicas dos arquivos vetoriais. O Geodatabase foi configurado com o sistema geodésico de referência South American Datum (SAD-69) e sistema de projeção Universal Transverso de Mercator - UTM.

Inicialmente foi adquirida uma imagem de satélite ortoretificada de alta resolução espacial do sensor Quickbird. O primeiro passo após a aquisição da imagem de satélite foi à identificação e vetorização do CE Figura 31. Este processo de vetorização foi realizado no software ArcGis e levou-se em consideração todos os obstáculos industriais, infra-estruturas e naturais existentes no trecho.

Após traçada o CE, foi delimitado um polígono de 2.888ha e perímetro de 26,75km, central ao CE. Este polígono foi à área de recorte do Modelo Digital do Terreno – MDT, Figura 26.

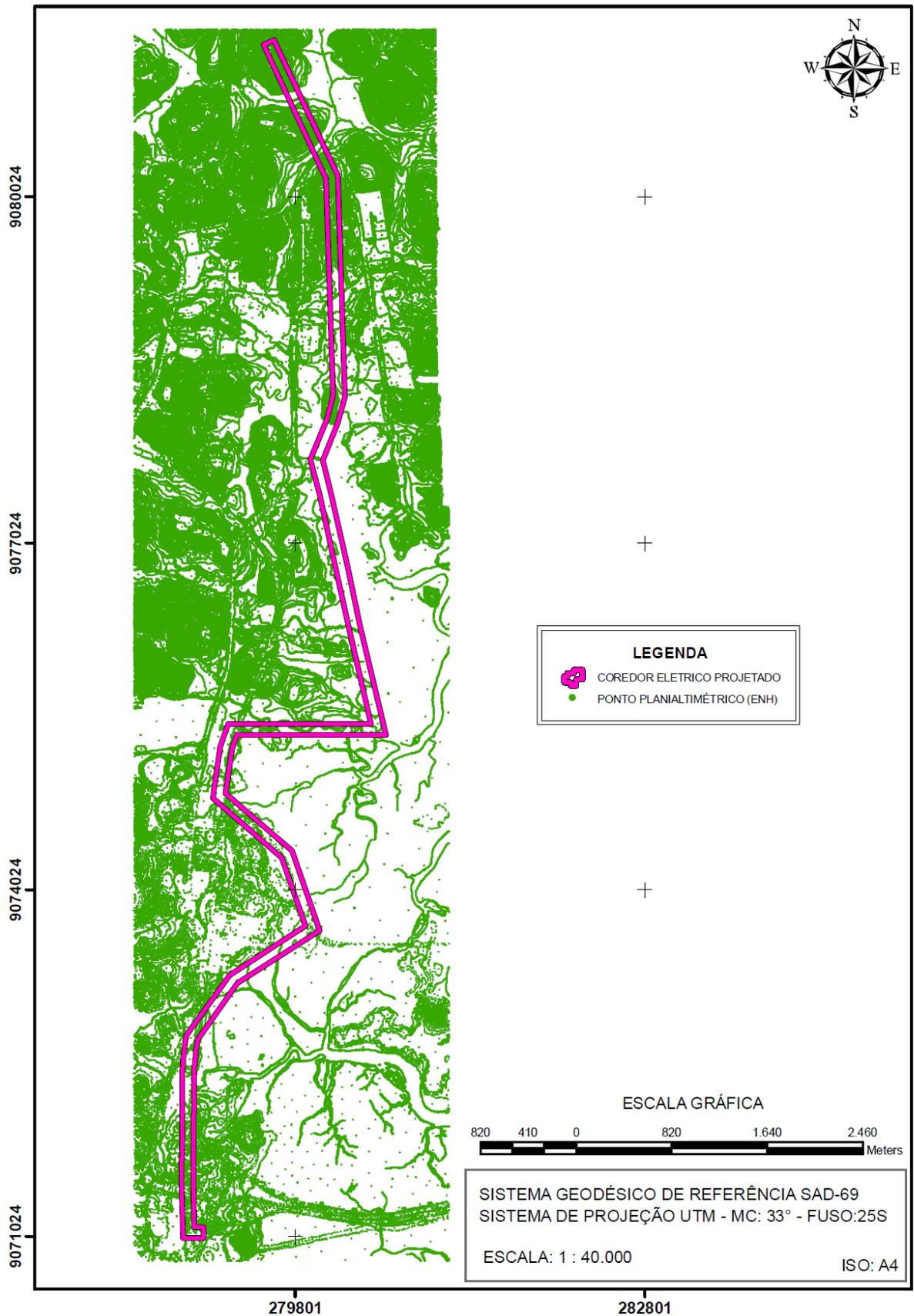


Figura 26: Base cartográfica digital da área de análise do CE.

O MDT foi gerado de restituição aerofotogramétrica com apoio de campo e as curvas de nível espaçadas de 2m.

Com a informação digital do terreno (MDT) utilizou-se o recurso do ArcGis (3D Analyst) para realizar uma interpolação para obtenção de imagem raster do terreno (Modelo Digital de Elevação - MDE).

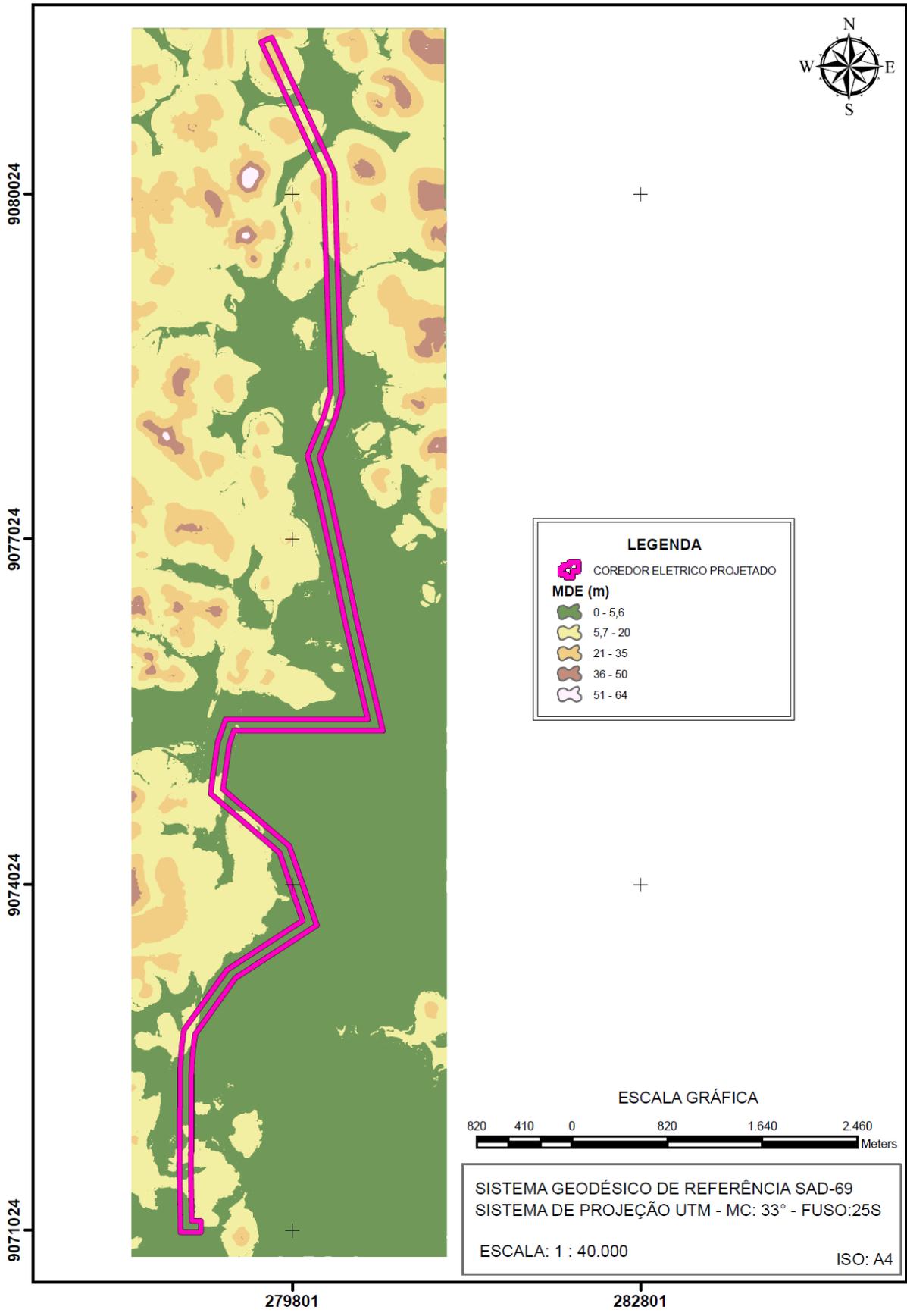


Figura 27: Modelo Digital de Elevação.

Com o MDE definido partiu-se para a elaboração do mapa de declividades. A geração do mapa de declividades, Figura 28, contou também o recurso do ArcGis (3D Analyst).

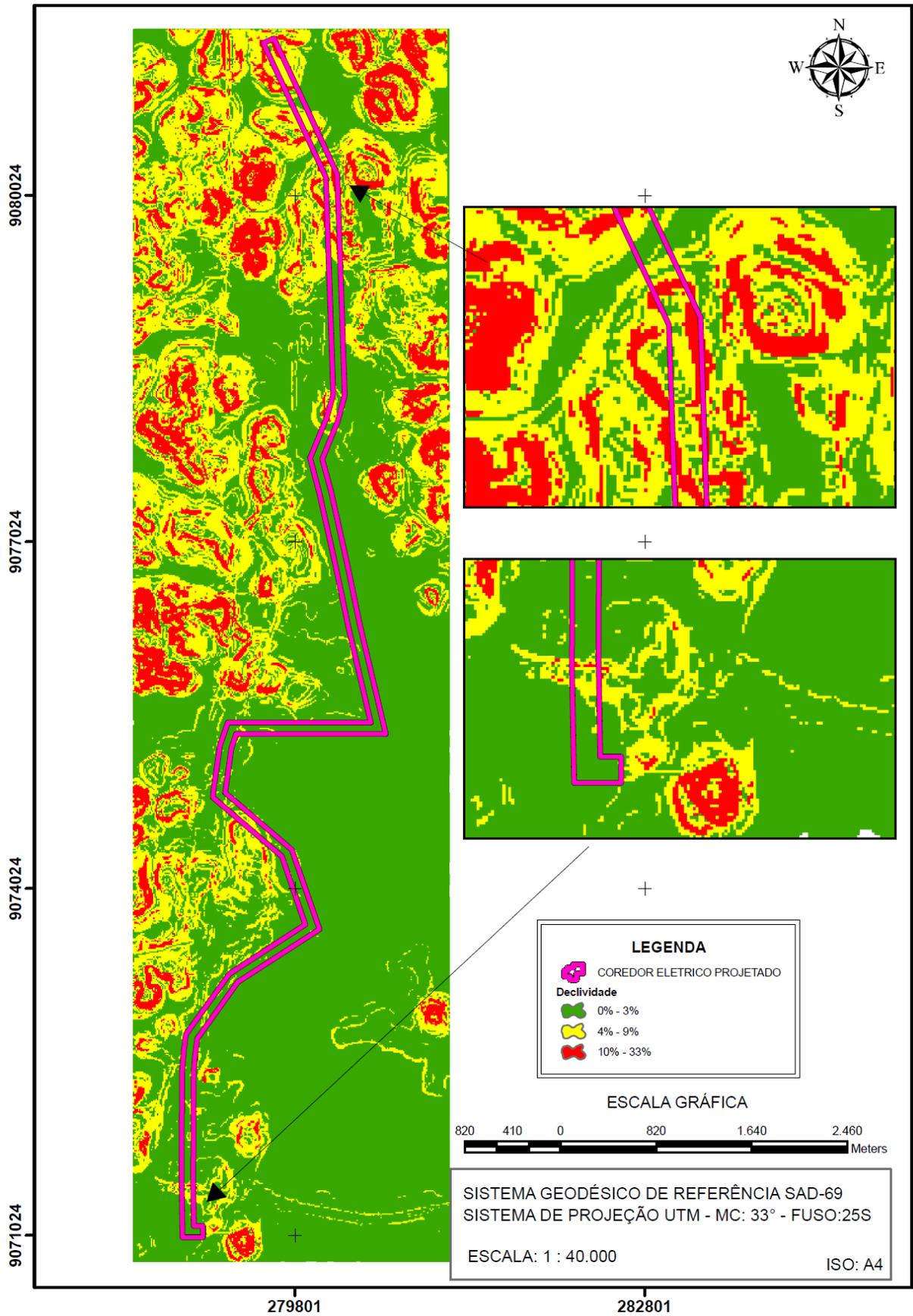


Figura 28: Mapa de Declividade.

Segundo Santos (2004), a declividade é avaliada em planejamento com o objetivo de observar as inclinações de um terreno em relação a um eixo horizontal. Construído a partir da análise das distâncias entre curvas de nível, a declividade, gradiente do declive, e um tema derivado, que representa, de forma contínua, a inclinação e as formas do terreno.

Este tema permite inferir informações como formas da paisagem, erosão, potencialidades para uso agrícola, restrições para ocupação urbana, manejos e práticas conservacionistas.

De acordo com os resultados apresentado na Figura 29 referente à declividade pode-se concluir que na faixa proposta para corredor elétrico não está instalado em Áreas de Preservação Permanente - APP com declividade superior a 45° (100%). Desta forma toda área proposta para implantação de corredor elétrico de Linha de Transmissão de energia está em locais permitidos em relação às áreas de APP.



Figura 29: Mapa de APP em relação à declividade.

CAPITULO 7: CONCLUSÃO

Este trabalho investigou a viabilidade de uso das imagens QuickBird de alta resolução, visando o estudo da manutenção e planejamento de LT.

O uso de imagens de alta resolução permite ter uma vigilância eficaz das LT e de sua faixa de servidão. No futuro, com a provável redução no custo das imagens de satélite, o procedimento de monitoramento e planejamento das LT poderá ser mais rápido.

Técnicas de realce podem ser freqüentemente utilizadas em vez das técnicas de classificação para caracterizar a extração, estudo e localização de áreas e objetos no solo decorrente de informações úteis a partir de imagens de alta resolução no apoio de manutenção de LT. As imagens de alta resolução espacial por caracterizarem uma grande fonte de informação ao olho humano podem contribuir para a negligência de informações relevantes a um determinado estudo. As técnicas de realce contribuem na identificação de alvos relevantes do estudo de LT, como por exemplo: técnica de realce espacial DBC distingue as vegetações de grande das de pequeno porte, além de realçar cursos d'água. Técnica de realce espacial D destaca os cabos condutores das LT. Técnica de realce espacial DBL destaca os cabos condutores das LT mesmo estes estando sobre influência de sombras de nuvens, e outros.

Estas identificações dão suporte ao:

- georreferenciamento de LT;
- identificação de áreas de riscos de queimadas como áreas de cultivo de cana;
- monitoramento dos corredores das LT;
- planejamento de novos estudos para alternativas de trajetórias de LT;
- formação de elementos para minimização de impactos na implantação de LT;
- fazer valer os principais instrumentos da legislação ambiental aplicáveis ao setor elétrico brasileiro;

Resumidamente, torna-se um desafio de tornar acessível o volume crescente de imagens de satélite de alta resolução, a uma comunidade de usuários, cuja tarefa não é somente o processamento de imagens, mas o planejamento e o gerenciamento. Como no setor de linhas de transmissão de energia elétrica partir do grande número de objetos de uma imagem, pode ser extraídos aqueles sobre os quais o usuário disponha de conhecimentos prévios e sobre cujas modificações ele esteja procurando informações (vegetação, ocupações irregulares, estado de conservação dos corredores e outros). Deste modo esta pesquisa buscou em associar o conhecimento disponível em executar processamento digital de imagens orbitais de alta resolução para achar e avaliar os objetos integrantes nos corredores das LT's.

Tendo clara a problemática e a complexidade na concepção e gestão de um projeto de implantação e monitoramento das LT's, torna-se imprescindível a necessidade da multidisciplinaridade de profissionais, atuantes no dimensionamento deste cenário. Neste sentido, deve haver o envolvimento de engenheiros eletricitas, geógrafos, cartógrafos, biólogos, entre outros, visando melhor interagir com o ambiente. Dessa maneira, caracteriza-se que a participação do engenheiro cartógrafo nos trabalhos voltados ao mapeamento das áreas presentes no entorno e abaixo das linhas de transmissão, ou seja, faixa de servidão apresenta-se como um campo de atuação latente no contexto de implantação das LT's e da gestão ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **Projeto de Linhas de Transmissão e Subtransmissão de Energia Elétrica – NBR 5422** – Brasil. 1985.

ACCIOLY, Luciano J. de O.. **Monitoramento Ambiental Utilizando o Sensoriamento Remoto Hiperspectral**. In: II SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 2004, Aracaju/SE. Anais.

ACKERMANN, F. **Airborne laser scanning – present status and future expectations**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 54, p. 64-67. 1999.

AKEL, N. A.; ZILBERSTEIN, O. & DOYTSHER, Y. **Automatic DTM extraction from dense raw lidar data in urban areas**. 2003. Disponível em: <http://www.isprs.org/istanbul2004/comm3/papers/272.pdf>. Acesso em julho de 2004.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Biblioteca Virtual da ANEEL**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em: maio, 2007.

AVIRIS - Airborne Visible/Infrared Spectrometer. Disponível em: <<http://aviris.jpl.nasa.gov/>>25.11.2008.

BLASCHKE, Thomas; GLÄSSER Cornelia e LANG Stefan; **Processamento de Imagens num Ambiente SIG / Sensoriamento Remoto – Tendências e Conseqüências**. In: BLASCHKE, Thomas; KUX, Hermann: Sensoriamento Remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores / versão brasileira atualizada; tradução Herman Kux. – 2ª Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 11-18.

BOSCATTO, Flavio; SANTO, Mariane Dal; PERES, Conrado; **Análise da Legislação ambiental na Faixa de Servidão de Linha de Transmissão de Energia no Estado de Santa Catarina-Resultados parciais do Cadastro da Eletrosul**. COBRAC, Florianópolis / SC. 2008.

BRASIL. **Código Florestal. Lei N.º 4.771** - de 15 de setembro de 1965. Lei alterada pela lei No 7,803 -18 de Julho de 1989.

BUBNIAK , Mauro José; HOFFMANN, João Nelson; SANTOS Flávio Sidnel. **Uso Conjugado de Perfilamento a Laser e Software de Projeto de Linhas de Transmissão Visando a Minimização dos Impactos Ambientais**. SNPTEE, Curitiba – Paraná. 2005.

BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. **Principies of geographical information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CARVALHO, Antonio A.; Silva, Romeu R.; Rebello, João Marcos A.; Viana, Alexandre F.. **O Mundo das Imagens Digitais**. In: *Materia*, Vol 8, Nº 2 (2003) 167 – 186 <http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10297>. Acesso em outubro 2009.

CED / ASCE - American Society Of Civil Engineers. Disponível em: <<http://ced.asce.org>>. 2009.

CENTENO, Jorge Antonio Silva. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba, Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas. 2004.

CENTENO, Jorge Antonio Silva. **Aplicações de Dados Sensores Remotos de Alta Resolução em Zonas Urbanas**. In: BLASCHKE, Thomas; KUX, Hermann: *Sensoriamento Remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores / versão brasileira atualizada; tradução Herman Kux*. – 2ª Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p.189-197.

CIGRE - International Council On Large Electric Systems. Disponível em: <<http://www.cigre.org/gb/events/symposium.asp>>. 2009.

CONDEPE / FIDEM – Agência CONDPE / FIDEM. Disponível em: <http://www.condepefidem.pe.gov.br>. Acesso em 2008.

CROSTA, A.P.: **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Editora UNICAMP; Campinas-SP; 1992.

DEFINIENS IMAGING. eCognition: User Guide. 468 p. Disponível em: <<http://www.definiens-imaging.com/down/ecognition>>. Acesso em: 10 mar. 2002.

DIGITALGLOBE. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>>.

EHLERS, Manfred; **Remote sensing for environmental monitoring, GIS applications and geology, Proceedings of SPIE**, v.4545, Bellingham, 330 p., 2002.

EHLERS, Manfred; **Sensoriamento Remoto para Usuários de SIG – Sistemas Sensores e Métodos: entre as Exigências do Usuário e a Realidade**. In: BLASCHKE, Thomas; KUX, Hermann: Sensoriamento Remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores / versão brasileira atualizada; tradução Herman Kux. – 2ª Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 19 - 39.

ERDAS IMAGINE: **Field Guide**. Erdas Version 8.4. 1997.

ESA - Agencia Espacial Européia. Disponível em: <<http://www.esa.int/esaSC/index.html>> 20.01.2007.

FAUST, Nickolas L. **Image Enhancement**. Volume 20, 5 of Encyclopedia of Computer Science and Technology, edited by Allen Kent and James G. Williams. New York: Marcel Dekker, Inc, 1989.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília - DF, 2005. Disponível em http://72.14.205.104/search?q=Cache:r9r3jyl5bKsJ:www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf+divino+figueiredo,+conceitod+basicos+sensoriamento+remoto&hl=pt-BR&ct=clnk&cd=1&gl=br Acesso em 10 fev. 2008.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Imagens de Satélites para Estudos Ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos. 2002.

FUSSEL, J. D.; HARRINGTON, J. A.. **On defining Remote Sensing, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 1986. In: CENTENO, Jorge Antonio Silva: Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais, Curitiba, Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas. 2004.

GREEN R. O. ; EASTWOOD M. L. ; SARTURE C. M. ; CHRIEN T. G. ; ARONSSON M. ; CHIPPENDALE B. J. ; FAUST J. A. ; PAVRI B. E. ; CHOVIT C. J. ; SOLIS M. ; OLAH M. R. ; WILLIAMS O.. **Imaging spectroscopy and the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)**. Remote sensing of environment ISSN 0034-4257 CODEN RSEEA7. CAT.INIST Online. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, ETATS-UNIS, 1998, vol. 65, n°3 (151 p.) (5 p.3/4), pp. 227-248.

Disponível em: <<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=1608836>>. Acesso em: 25 de novembro 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra. Manuais Técnicos em Geociências nº 7**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Primeira Divisão de Geociências do Nordeste, 1999. 58p.

IEEE - Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org>>. 2009.

IMAGESAT. Disponível em: < <http://www.imagesat.com>>.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.com.br/html/pub/docs/html/concept.html>>. Acesso em: 2008.

JENSEN, John R. **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1996.

KERSTING, J. **Derivação de Modelos de Superfície em Multi-Resolução a partir de dados Laser Scanner Aerotransportado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná – Curitiba/PR. 2006.

KONECNY, G.; LEHMANN, G.. Photogrammetrie, New York, Walter de Gruyter. 1984. In: EHLERS, Manfred; **Sensoriamento Remoto para Usuários de SIG – Sistemas Sensores e Métodos: entre as Exigências do Usuário e a Realidade**.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.. **Remote Sensing and Image Interpretation**, 2. ed., New York, John Wiley and Sons, Inc.. 1994. In: CENTENO, Jorge Antonio Silva: Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais, Curitiba, Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas. 2004.

MATHER, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images: An introduction**. New York, Ed. John Wiley & Sons. 1987.

MÖLLER, M.. **Urbanes Umweltmonitoring MIT digitalen Flugzeugscannerdaten**. Wichmann Heidelberg: Verlag, 2003. In: EHLERS, Manfred; Sensoriamento Remoto para Usuários de SIG – Sistemas Sensores e Métodos: entre as Exigências do Usuário e a Realidade.

MOREIRA, Mauricio Alves. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2001. Disponível em: [http://www.ltid.inpe.br/dsr/mauricio/sensores .htm](http://www.ltid.inpe.br/dsr/mauricio/sensores.htm). Acessado em: 04 maio 2009.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: novembro, 2007.

ORBIMAGE. Disponível em: < <http://www.orbimage.com>>

PFEIFER, N. **Airborne laser scanning data acquisition and applications**. Delft Institute of Earth Observation and Space systems. TU Delft, The Netherlands. University Short Course Notes. 2005.

PILZ, Hans; STROBL, Josef. **Análise de Impermeabilização com base em Ortofotografias Aéreas Coloridas Digitais**. In: BLASCHKE, Thomas; KUX, Hermann: Sensoriamento Remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores / versão brasileira atualizada; tradução Herman Kux. – 2ª Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p.162 – 171.

PINHO, Carolina M. D.; KUX Hermann J. H.; ALMEIDA, Cláudia Maria. **Influência de Diferentes Padrões de Ocupação do Solo Urbano na Qualidade de Mapeamentos de Cobertura do Solo em Imagens de Alta Resolução Espacial**. In: BLASCHKE, Thomas; KUX, Hermann: Sensoriamento Remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores / versão brasileira atualizada; tradução Herman Kux. – 2ª Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p.198-208.

PRATT, William K. **Digital Image Processing**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1991.

RAISZ, Erwin. **Cartografia Geral**. Versão brasileira; Rio de Janeiro: Editora Científica, 1969.

REICHEL, Lutz; NOACK, Wolfgang; KNÖPFLE, Walter; LEHMANN Frank. **Modelos Altimétricos ERS-TanDEM de Resolução Média e Dados de Alta Resolução Digitais em Estereoscopia da Câmara HRSCe sua Aplicação Comercial**. In: BLASCHKE, Thomas; KUX, Hermann: Sensoriamento Remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores / versão brasileira atualizada; tradução Herman Kux. – 2ª Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p.118-128.

RICHARDS, J. e JIA, X. . **Remote sensing principles and interpretation**. Freeman and Co. , New York, 1999. In: CENTENO, Jorge Antonio Silva: Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais, Curitiba, Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas. 2004.

RICHARDS, J. A.. **Remote Sensing Digital Image analysis**. Berlin: Springer Verlag, 1986. In: EHLERS, Manfred; Sensoriamento Remoto para Usuários de SIG – Sistemas Sensores e Métodos: entre as Exigências do Usuário e a Realidade.

SCHOWENGERDT, R. A.. **Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing**. New York, Academic Press. 1983. In: CENTENO, Jorge Antonio Silva: Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais, Curitiba, Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas. 2004.

SANTOS, Rozely Ferreira. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SCHOWENGERDT, Robert A. **Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing**. New York: Academic Press, 1983.

SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. <<http://www.xxsnp tee.com.br>>. 2009.

SPACEIMAGING. Disponível em: < <http://www.spaceimaging.com>>.

SWAIN, P.; DAVIS, S.. **Remote Sensing: The Quantitative Approach**. New York, Mc. Graw-Hill. 1978. In: CENTENO, Jorge Antonio Silva: Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais, Curitiba, Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas. 2004.

WEHR, A. & LOHR, U. **Airborne laser scanning-an introduction and overview**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol 54, no 2-3, p. 68-82. 1999.

WIKIPEDIA - Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Radiação_electro Magnética. 2008.

ANEXOS

Figura 30: CARTA IMAGEM DE LT EXISTENTE

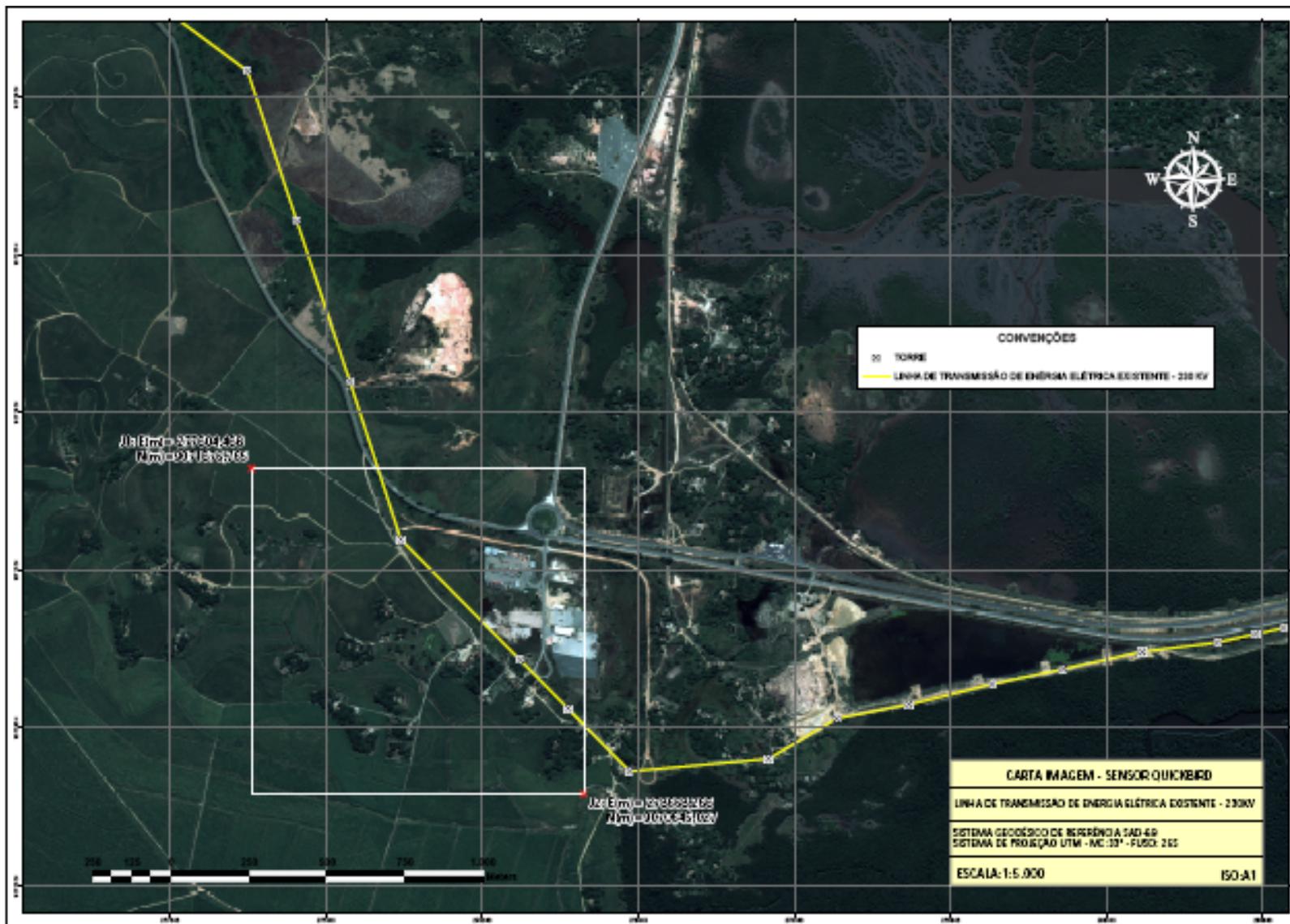


Figura 31: CARTA IMAGEM DO CORREDOR ELÉTRICO PROPOSTO



CONVENÇÕES
CORREDOR ELÉTRICO PROJETADO

CARTA IMAGEM - SENSOR QUICKBIRD
CORREDOR ELÉTRICO PROJETADO
SISTEMA GEODÉSMICO DE REFERÊNCIA A SAD-69
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM - MC 33° - FUSO 325
ESCALA: 1:15.000 ISO-A1