

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC

**POTENCIALIDADES DA FOTOGRAMETRIA DIGITAL PARA A
DELIMITAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil.

DALTON LUIZ LEMOS II

Florianópolis, junho de 2003.

**POTENCIALIDADES DA FOTOGRAMETRIA DIGITAL PARA A
DELIMITAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**

DALTON LUIZ LEMOS II

**Dissertação julgada adequada para a
obtenção do Título de MESTRE em
Engenharia Civil e aprovada em sua forma
final pelo Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil - PPGEC da Universidade
Federal de Santa Catarina - UFSC.**

Prof. Dr. Jucilei Cordini – Coordenador do PPGEC

Prof. Dr. Jucilei Cordini – Orientador

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Jucilei Cordini – (UFSC)

Prof. Dr. Carlos Loch – (UFSC)

Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira (UDESC)

Prof^a. Dr^a. Ruth Emília Nogueira Loch (UFSC)

Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva (UFPR)

Dedico este trabalho...

... aos meus pais, Dalton e Sônia, irmãos e avós...pelo apoio e amor constante.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr Jucilei Cordini pela orientação, amizade, contribuições e valiosa ajuda.

Ao Prof. Dr. Carlos Loch pela amizade e grande ajuda durante todo o desenvolvimento do trabalho, bem como pela disponibilização e acesso a todo o material e equipamentos do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento e da Rede de Tecnologia Aeroespacial e Cartográfica (RETAC).

A Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de realização desta pesquisa através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Ao CNPq pelo apoio financeiro concedido por 18 meses.

Aos Professores Ruth e Jürgen pela disponibilidade de ajuda constante.

Aos colegas Alisson, Emanuele, Cezário, Eugênia, Flávio, Edson, Graciela, Kênya e todos que de alguma forma contribuíram com a execução deste trabalho.

Aos graduandos, mestrandos, doutorandos e funcionários do Grupo de Trabalho em Cadastro e do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Civil da UFSC, agradeço pela amizade e aprendizado conjunto.

A equipe da ESEC Carijós, especialmente ao Engenheiro Paulo Benincá Salles, pela ajuda nos trabalhos de campo e disponibilização de informações.

A FATMA pela disponibilização do equipamento GPS e aos servidores Eng. Aurélio José de Aguiar e Tec. Argemiro Acelino de Quadros, pela ajuda nos trabalhos de campo e disponibilização de materiais.

Aos meus pais, Dalton e Sônia e irmãos, Daniel, Danilo e Daisy pela compreensão, carinho, amor e apoio constante.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
RESUMO	iii
ABSTRACT.....	iv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	4
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo Geral	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Unidades de Conservação	6
2.2 Fotogrametria	9
2.2.1 Fotogrametria Digital	10
2.2.1.1 <u>Fototriangulação e Restituição</u>.....	10
2.3 Fotointerpretação.....	15
2.4 Controle Terrestre.....	16
2.4.1 Global Positioning System (GPS).....	16
2.4.1.1 <u>Segmentos Operacionais</u>.....	17
2.4.1.1.1 <u>Segmento Espacial</u>	17
2.4.1.1.2 <u>Segmento de Controle</u>	18
2.4.1.1.2 <u>Segmento de Usuários</u>.....	19
2.4.1.2 <u>Métodos de Posicionamento</u>.....	20
2.4.1.2.1 <u>Posicionamento Relativo Estático</u>.....	20
2.4.1.2.1 <u>Diluição da Precisão</u>.....	20
2.4.1.3 <u>Tipos de Receptores</u>.....	21
2.5 Cartografia	22
2.5.1 Cartografia Digital	22
2.6 Cadastro Técnico Multifinalitário	23
3. ÁREA DE ESTUDO	25
3.1 Histórico.....	25

3.2	Caracterização da ESEC Carijós	25
3.3	Localização Geográfica	28
4.	MATERIAL E MÉTODO	29
4.1	Material	29
4.1.1	Decreto Federal No 94.656 de 20 de julho de 1987	29
4.1.2	Plantas topográficas de caracterização da ESEC Carijós	29
4.1.3	Receptores GPS	29
4.1.4	Software	30
4.1.5	Originais Fotogramétricos (diapositivos)	30
4.1.6	Scanner SCAI	30
4.1.7	Estação Fotogramétrica ImageStation SSK Pro	32
4.1.8	Fotografias Aéreas do Mangue do Saco Grande	33
4.2	Método	34
4.2.1	Levantamento dos dados e material existente	34
4.2.2	Análise e Digitalização dos Originais Fotogramétricos do Vôo de 1998	36
4.2.4	Aerotriangulação e Geração dos Modelos Estereoscópicos	48
4.2.4.1	<u>Image Station Photogrammetric Manager (ISPM)</u>	48
4.2.4.1.1	<u>Parâmetros da Câmara</u>	49
4.2.4.1.2	<u>Configuração das Pontos de Controle Terrestre</u>	50
4.2.4.1.3	<u>Configuração das Fotografias Aéreas e Faixas de Vôo</u>	51
4.2.4.1.4	<u>Configurações Finais no ISPM</u>	54
4.2.4.2	<u>ImageStation Digital Mensuration (ISDM)</u>	56
4.2.4.2.1	<u>Orientação Interior</u>	56
4.2.4.2.2	<u>Orientação Exterior</u>	58
4.2.4.2.3	<u>Orientação Relativa</u>	58
4.2.4.2.3	<u>Orientação Absoluta</u>	61
4.2.4.2.5	<u>Aerotriangulação</u>	64
4.2.4.4	<u>ImageStation Stereo Display (ISSD) e ImageStation Feature Collection (ISFC)</u>	66
4.2.5	Utilização da Série Histórica de Fotografias Aéreas	68
5.	ANÁLISE E RESULTADOS	69

5.1 Digitalização dos Originais Fotogramétricos	69
5.2 Levantamento dos Pontos de Controle Terrestre	71
5.3 Aerotriangulação e Geração dos Modelos Estereoscópicos	76
5.4 Fotointerpretação e Restituição	77
5.5 Definição da Consistência de Dados para a Delimitação de Unidades de Conservação Utilizando Séries Históricas	81
5.5.1 Importância da Qualidade Cartográfica para a Definição dos Limites Visando o Registro Imobiliário	81
5.5.2 Valor da Série Histórica Quanto a Interpretação Ocupacional do Solo	82
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	88
6.1 Conclusões	88
6.2 Recomendações	89
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Parâmetros a serem determinados na Orientação Exterior.....	12
Figura 02 - Ângulos de atitude do avião.....	12
Figura 03 - Satélite GPS.....	16
Figura 04 - Órbita dos Satélites GPS.....	17
Figura 05 - Satélites em órbita a partir de 1978 até 2000.....	18
Figura 06 - Estações de Monitoramento – NAVSTAR-GPS.....	19
Figura 07 - Diluição da Precisão (DOP).....	21
Figura 08 - Manguezal do Rio Ratonos.....	26
Figura 09 - Localização da Estação Ecológica de Carijós.....	28
Figura 10 - Diapositivo já digitalizado.....	30
Figura 11- Scanner SCAI.....	31
Figura 12 - Componentes de Hardware do ImageStation SSK Pro.....	32
Figura 13 – Mosaico representando as fotografias aéreas utilizadas na área do Rio Ratonos.....	36
Figura 14 - Mosaico mostrando a área do Saco Grande, composto a partir das fotos 10 e 11 da faixa 9.....	37
Figura 15 - Menu inicial do software PHODIS SC.....	39
Figura 16 – Tela de configuração no PHODIS SC.....	40
Figura 17- Localização dos ptos de controle terrestre no Manguezal do Rio Ratonos....	42
Figura 18 - Localização ptos de controle terrestre no Manguezal do Saco Grande.....	43
Figura 19 – Marco SAT 91851 (SGB).....	44
Figura 20 – Marco RN 2006 J (SGB).....	45
Figura 21 – Comandos para configurações iniciais no ISPM.....	48
Figura 22 – Tela para introdução dos dados dos Pontos de Controle Terrestre.....	50
Figura 23 – Tela para configuração das fotografias aéreas no ISPM.....	51
Figura 24 – Tela para configuração dos modelos estereoscópicos.....	52
Figura 25 – Tela do Project Reviewer.....	54
Figura 26 – Tela do Footprint Viewer.....	55
Figura 27 – Tela do ISDM para a orientação Interior.....	56
Figura 28 – Tela do ISDM para a seleção das fotografias aéreas.....	56

Figura 29 – Tela do ISDM para a realização da orientação interior.....	57
Figura 30 – Tela do ISDM para a orientação relativa.....	58
Figura 31 – Tela do ISDM para a seleção dos modelos estereoscópicos.....	59
Figura 32 – Tela para execução da orientação relativa do modelo estereoscópico.	60
Figura 33 – Tela do ISDM para a orientação absoluta.....	61
Figura 34 – Tela do ISDM para a seleção dos modelos estereoscópicos.....	61
Figura 35 – Tela do ISDM para a execução da orientação absoluta.....	63
Figura 36 – Tela do ISDM com resultados da orientação absoluta.....	63
Figura 37 – Tela para seleção das faixas e fotografias aéreas – Multifoto.....	64
Figura 38 – Tela com o relatório da aerotriangulação.....	65
Figura 39 – Tela inicial do ISSD.....	66
Figura 40 – Ambiente de trabalho no ISSD.....	67
Figura 41 – Possibilidade de zoom na imagem digitalizada com 14 µm	70
Figura 42 – Trecho entre os pontos 321 e 326, segundo o decreto.....	73
Figura 43 – Trecho entre os pontos 326 e 335, conforme o Decreto.....	74
Figura 44 – Trecho entre os pontos 326 e 335, segundo o Planta de Demarcação da Estação Ecológica.....	74
Figura 45 – Identificação de Ocupação Antrópica no Mangue.....	77
Figura 46 – Identificação de espécies exóticas.....	78
Figura 47 – Limites do Mangue do Saco Grande – 1998.....	79
Figura 48 – Limites do Mangue do Saco Grande – 1998.....	80
Figura 49 – Limites do Mangue do Saco Grande – 1938.....	83
Figura 50 – Limites do Mangue do Saco Grande – 1969.....	84
Figura 51 – Limites do Mangue do Saco Grande – 1978.....	85
Figura 52 – Limites do Mangue do Saco Grande – 1980.....	86
Figura 53 – Avaliação Temporal dos Limites do Mangue do Saco Grande.....	87

RESUMO

LEMOS II, D. L. *Potencialidades da Fotogrametria Digital para a Delimitação e Avaliação de Unidades de Conservação*. Florianópolis, SC, 2003, 91p. UFSC. Santa Catarina, Brasil.

O trabalho apresenta uma metodologia para a delimitação de unidades de conservação utilizando-se as técnicas de fotogrametria digital, fotointerpretação e levantamento de pontos de controle terrestre através de receptores GPS. A área de estudo foi a Estação Ecológica dos Carijós (ESEC Carijós), localizada no município de Florianópolis, com área total de 712 ha, sendo composta pelos manguezais de Ratoles (área = 618.7 ha) e do Saco Grande (área = 93.5 ha). As fotografias aéreas (diafilmes) do vôo com escala nominal 1:15000 foram digitalizadas através do *scanner* fotogramétrico SCAI com resolução espacial (tamanho do pixel) de 14 μ m e o processo de aerotriangulação, geração dos modelos estereoscópicos, fotointerpretação e restituição fotogramétrica foram desenvolvidos no sistema de fotogrametria digital ImageStation SSK-Pro. A metodologia foi baseada na interpretação dos elementos de cobertura vegetal somados ao relevo e ocupação antrópica, para definição da linha limítrofe da unidade de conservação, que por ser caracterizada por manguezais, é definida por um polígono curvilíneo. O resultado foi muito bem aceito pela equipe do IBAMA e pelo FNMA, financiador do projeto de forma global, permitindo uma análise e posterior reedição do decreto que delimita a Estação Ecológica de Carijós, comprovando a eficiência da proposta metodológica bem como sua aplicação em outras unidades de conservação ambiental.

Palavras-chave: Unidades de Conservação, Fotogrametria, GPS e Mangues.

ABSTRACT

LEMOS II, D. L. *Digital Photogrammetry Potentialities for Delimitation and Evaluation of Environment Conservation Units*. Florianópolis, SC, 2003, 91p. UFSC. Santa Catarina, Brazil.

The work presents a methodology for the environment conservation unit's delimitation using digital photogrammetry techniques, photointerpretation and terrestrial control points surveying through GPS receivers. Study's area was the Carijós Ecological Station located in Florianópolis city, with total area of 712 ha and composed by Ratonés Mangrove (area = 618,7 ha) and Saco Grande Mangrove (93,5 area = ha). The aerial photographs were digitalized through SCAI photogrammetric scanner with 14 μm spatial resolution and the aerotriangulation process, stereo models generation, photointerpretation and photogrammetric restitution had been developed in ImageStation SSK-Pro digital photogrammetric system. Methodology was based on the interpretation of vegetal elements added to human occupation, for border line definition, wich being characterized by mangrove, is defined by a curve polygon. The result was very well accepted by IBAMA and FNMA, who sponsored the project, allowing to an analysis and posterior new edition of the law the Ecological Station of Carijós, proving the efficiency of the proposed methodology as well as its application in other environment conservation units.

Keywords: Environment Conservation Units, Photogrammetry, GPS and Mangroves.

1. INTRODUÇÃO

O trabalho surgiu a partir de uma preocupação crescente do grupo de pesquisa em Cadastro Técnico Multifinalitário da UFSC (GT Cadastro) e um grupo de profissionais do IBAMA, no que se refere a uma definição confiável dos limites físicos das unidades de conservação ambiental brasileiras, mais especificamente na Estação Ecológica de Carijós.

O conceito de unidades de conservação ambiental pressupõe áreas ricas em espécies arbóreas, ou ecossistemas bem definidos os quais tem seus limites definidos por polígonos com forma irregular, adaptadas, por exemplo, entre morros, cordilheiras ou áreas de sedimentação marinha.

A parceria firmada entre o Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina e o IBAMA, através dos técnicos envolvidos com a administração e fiscalização na Estação Ecológica de Carijós, teve como objetivo a definição de uma proposta metodológica junto ao IBAMA visando delimitar unidades de conservação ambiental. A partir daí, tornou-se necessária a definição de ferramentas que pudessem ser utilizadas em outras unidades de conservação existentes nas diferentes peculiaridades e regiões Brasileiras.

É evidente que não é possível elaborar uma proposta metodológica que atenda perfeitamente a todos os requisitos de qualquer unidade de conservação, pois o meio ambiente é muito diversificado, quando se trata de um território gigantesco como o brasileiro e ainda localizado em clima tropical.

Buscou-se assim associar as técnicas cartográficas de medição de coordenadas e retificação de produtos fotogramétricos para atingir as exigências métricas, e numa segunda fase não menos importante, procedimentos de interpretação de imagens, visto que os limites de ocupação do solo é que servem como critérios para a caracterização dos limites de uma unidade de conservação.

O pesquisador participou de diversos treinamentos (no Brasil e Alemanha) junto às empresas fornecedoras dos sistemas de fotogrametria digital que são utilizados pelo Grupo de Trabalho em Cadastro Técnico Multifinalitário e no Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Departamento de

Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. A qualificação motivou a aplicação dos conhecimentos adquiridos de modo a desenvolver a metodologia.

Portanto, o trabalho apresenta os resultados obtidos no desenvolvimento de uma metodologia para a delimitação de unidades de conservação ambiental, utilizando-se as técnicas de Fotogrametria digital e Fotointerpretação. A Unidade de Conservação do presente trabalho é a Estação Ecológica de Carijós (ESEC Carijós), localizada no município de Florianópolis, com área total de 712 ha, dividida em duas glebas: Manguezal do Rio Ratonos (área de 618.7 hectares) e Manguezal do Saco Grande (área de 93.5 hectares). A ESEC Carijós foi criada pelo decreto federal 94.656/87, baseado em um levantamento topográfico realizado em 1981 pela Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA). As fotografias aéreas utilizadas são do voo em preto e branco e na escala 1:15000 realizado em 1998, contratado pela empresa CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina). Os originais fotogramétricos foram digitalizados no scanner SCAI (Zeiss) na resolução de 14 μm (1814 dpi) e as coordenadas dos pontos de controle terrestre utilizados para a orientação dos modelos estereoscópicos e restituição foram obtidas através da utilização de receptores GPS. Todo o processo de geração dos modelos estereoscópicos, aerotriangulação, fotointerpretação e restituição fotogramétrica foi executado em meio digital, utilizando sistema de fotogrametria digital ImageStation SSK-Pro. A metodologia está baseada na interpretação dos elementos de cobertura vegetal somados ao relevo, a fim de definir critérios que solidifiquem a linha limítrofe da unidade de conservação ambiental.

Para avaliar e comprovar a eficiência da metodologia fotogramétrica, fez-se uma análise da evolução regressiva do uso do solo na área em questão desde 1938 até 1998, tendo-se como referência a cartografia digital do ano mais recente, para retificar as imagens fotográficas das demais datas, de tal forma que fosse possível afirmar a validade dos limites da Unidade de Conservação.

Realizou-se uma análise temporal identificando os limites do manguezal (na gleba do Saco Grande) desde o ano de 1938, ficando evidente que os posseiros de áreas limítrofes exploraram e degradaram este ecossistema desde épocas remotas, descaracterizando-o das mais variadas formas.

Ficou evidente que a qualidade geométrica dos produtos cartográficos para avaliar as medidas do decreto foi garantida com a retificação fotogramétrica do ano de 1998, onde se teve todo o rigor de pontos de controle terrestre, uso de técnicas

fotogramétricas, etc, somado a interpretação de imagens de alta resolução que permitiram identificar detalhes da cobertura arbórea.

Em uma unidade de conservação composta por manguezal, como é o caso da ESEC Carijós, toda a área envolvida é de preservação, visto que é interna à terrenos de marinha, que por sua vez já são terrenos da União; isto facilitou a geração de critérios para que se cumpra o que é definido por lei.

O resultado foi muito bem aceito pela equipe do IBAMA e pelo FNMA, financiador do projeto de forma global, permitindo uma análise e posterior reedição do decreto que delimita a Estação Ecológica de Carijós, comprovando a eficiência da proposta metodológica e a possibilidade de aplicação em outras unidades de conservação ambiental.

1.1 Justificativa

As unidades de conservação surgiram com o objetivo de guardar e proteger amostras significativas dos mais diversos ecossistemas do planeta. A questão da gestão de unidades de conservação tem sido muito discutida nos últimos anos, e no Brasil, já são mais de 65 anos marcados pela implantação e manejo de unidades de conservação.

Um dos grandes problemas relacionados à gestão dessas unidades encontra-se na questão do estabelecimento dos limites geográficos das mesmas. Estes limites são em muitos casos definidos por poligonais topográficas, formando assim polígonos geométricos, quando os limites reais são linhas curvilíneas, não formando polígonos geométricos com pontos geométricos de referência.

No caso das unidades de conservação que protegem ecossistemas naturais como manguezais, a natureza em si não se adapta a linhas retas, caracterizando-se por uma área definida por limites totalmente irregulares.

Optou-se assim por testar a aplicabilidade do uso das técnicas de fotogrametria digital e fotointerpretação para delimitação de unidades de conservação. A área de estudo foi a Estação Ecológica dos Carijós, localizada no município de Florianópolis, com área total de 712 ha, sendo composta pelos manguezais de Ratoles e do Saco Grande.

A oportunidade de trabalho na ESEC Carijós surgiu através do projeto “Desenvolvimento sustentável do entorno da estação ecológica Carijós”, em que a Associação dos Amigos Pró-Conservação da Estação Ecológica Carijós, IBAMA/FNMA estabeleceram uma parceria com o Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina. Neste projeto, foi feito um levantamento das propriedades extremantes ao atual limite da ESEC Carijós através da fotogrametria digital. Assim sendo, foi possível utilizar esses dados também para a execução do presente trabalho, verificando as potencialidades da fotogrametria digital para avaliação de unidades de conservação.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a aplicabilidade da fotogrametria digital e fotointerpretação na delimitação de unidades de conservação.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Delimitação do manguezal da Estação Ecológica de Carijós utilizando a fotogrametria e fotointerpretação;
- b) Avaliar o potencial da fotointerpretação considerando a escanerização do filme original com a resolução de 14 μm ;
- c) Mostrar o potencial da digitalização de imagens em alta resolução, para melhor caracterizar os elementos de composição vegetal e territorial;
- d) Avaliar as potencialidades do uso da tecnologia GPS no levantamento de pontos de controle terrestre para utilização na fotogrametria digital;
- e) Avaliar e explorar o ambiente de trabalho do sistema de fotogrametria digital ImageStation SSK Pro;
- f) Explorar a estrutura computacional da RETAC (Rede Tecnológica Aeroespacial e Cartográfica) e sua aplicabilidade no estudo e gestão de unidades de conservação, objetivando treinamento de técnicos diretamente ligados à gestão das unidades de conservação no Brasil.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Unidades de Conservação

Entende-se por unidades de conservação como sendo porções do território nacional com características naturais de relevante valor, de domínio público ou privado, legalmente instituídas pelo poder público com objetivos e limites definidos sob regimes especiais de administração e às quais aplicam-se garantias de proteção através da legislação. Os objetivos básicos referem-se a proteção de amostras de toda diversidade, de espécies raras em perigo ou ameaçadas de extinção, de recursos da flora e fauna; do potencial hídrico; da conservação de valores culturais, históricos e agroecológicos. (OLIVEIRA et al, 1993 apud LADWIG, 1998)

Segundo SHAFER (1990) apud MATTOS *et al* (1997), desde o estabelecimento da primeira unidade de conservação dos tempos modernos, o Parque Nacional de Yellowstone, nos E.U.A., em 1872, estas áreas multiplicaram-se por todos os continentes, constituindo uma rede mundial que, em setembro de 1989, englobava 4.000.000 km², em cerca de 140 países.

Segundo SANTOS (1999), a Lei 9.985, de 18 de junho de 2.000 dividiu as Unidades de Conservação em dois grandes grupos (art.7º): Unidades de proteção integral e Unidades de uso sustentável.

GOUVÊA (1993) apud BITTENCOURT (1999), afirma que a União Internacional para a Conservação da Natureza, define conservação como a gestão da utilização da biosfera para o ser humano, de forma que produz o maior benefício para as gerações atuais, mas que mantenha sua potencialidade para satisfazer as necessidades e às aspirações das gerações futuras.

A lei federal 2.892/92 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) define uma unidade de conservação como sendo um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção;

Unidade de Proteção Integral (art. 8º):

Estação Ecológica: tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas (art.9º);

Reserva Biológica: tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, executando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais (art. 10);

Parque Nacional: tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, na recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (art. 11);

Monumento Natural: tem como objetivo básico preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica (art. 12);

Refúgio de Vida Silvestre: tem como objetivo proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória (art.13).

Unidade de Uso Sustentável (art.14):

Área de Proteção Ambiental: é uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotadas de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (art. 15);

Área de Relevante Interesse Ecológico: é uma área em geral de pequena extensão, com pouco ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza (art. 16);

Floresta Nacional: é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para a exploração sustentável de florestas nativas (art. 17);

Reserva Extrativista: é uma área utilizadas por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade (art. 18);

Reserva de Fauna: é uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestre ou aquáticas, residentes ou migratórias adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos (art. 19);

Reserva de Desenvolvimento Sustentável: é uma área natural que abriga populações tradicionais cuja a existência baseia-se em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, desenvolvidos ao longo de gerações e adaptados às condições ecológicas locais e que desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica (art. 20);

Reserva Particular do Patrimônio Natural: é uma área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica (art. 21).

No município de Florianópolis, 42% de sua área possui alguma forma de proteção legal e mais de 90% da vegetação da Ilha podem ser considerados de preservação permanente. (ROSA FILHO, 1993 e CARUSO, 1983 apud HAUFF, 1997)

HAUFF (1997) cita que as áreas protegidas na Ilha de Santa Catarina são:

Instituídas por legislação federal:

- a. Estação Ecológica de Carijós, 1987;
- b. Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, 1990;
- c. Área de Proteção Ambiental Anhatomirim, 1992;
- d. Reserva Extrativista Marinha de Pirajubaé, 1992;

Instituídas por legislação estadual:

- a. Parque Florestal do Rio Vermelho, 1975;
- b. Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, 1975;
- c. Unidade de Conservação Desterro – a ser categorizada;

Instituídas por legislação municipal:

- a. Dunas da Lagoa da Conceição, 1975;
- b. Parque Municipal da Lagoa do Peri, 1981;

- c. Dunas de Ingleses/Santinho, Campeche, Armação e Pântano do Sul, 1985;
- d. Restinga de Ponta das Canas e Ponta do Sambaqui, 1985;
- e. Área de Preservação Permanente e de Uso Limitado, 1985;
- f. Região da Costa da Lagoa da Conceição, 1986;
- g. Lagoa da Chica e Lagoinha Pequena, 1988;
- h. Parque Municipal da Galheta, 1990;
- i. Parque Municipal da Lagoinha do Leste, 1987;
- j. Dunas da Barra da Lagoa, 1992;
- k. Parque Municipal do Maciço da Costeira, 1995.

2.2 Fotogrametria

Segundo KRAUS (1993), a fotogrametria é a arte e a ciência de determinar a posição e a forma de objetos provenientes de fotografias. Sendo assim, o resultado das medições fotogramétricas podem ser:

- a. Números – isto é, coordenadas de pontos no sistema de coordenadas tridimensional (captura digital de dados);
- b. Plotagens – isto é, mapas e plantas com detalhes planimétricos e contornos de linhas, junto com outras representações gráficas de objetos;
- c. Imagens – principalmente fotografias retificadas (ortofotos) e mapas derivados das fotos e de imagens digitais.

ANDRADE (1998), define a fotogrametria como sendo a ciência e tecnologia de obter informações confiáveis através de processos de registro, interpretação e mensuração de imagens. A fotogrametria encontra o seu maior campo de aplicação na elaboração de mapas em colaboração com outras ciências como a Geodésia e a Cartografia. Neste campo, as imagens fotográficas são utilizadas para o posicionamento de pontos da superfície terrestre, ou mesmo de outros astros, e para mapear temas do objeto fotografado, tais como: rede de drenagem, florestas, culturas, rede viária, feições geológicas, tipos de solo, etc.

KASSER e EGELS (2002), afirmam que podemos definir a fotogrametria como qualquer técnica de medição que torna possível a modelagem de um espaço tridimensional (3D) através do uso de imagens bidimensionais (2D).

2.2.1 Fotogrametria Digital

SCHENK (1999), afirma que a fotogrametria digital está emergindo rapidamente como um novo ramo da fotogrametria. Mesmo tendo suas raízes nos anos 50, o grande desenvolvimento em pesquisas iniciou-se somente nos anos 80, impulsionado pelos avanços significativos da eletrônica e dos computadores, assim como as câmeras digitais, maior capacidade de processamento dos computadores e também de armazenamento de dados.

Segundo OLIVEIRA (2002), a fotogrametria encontra-se atualmente na era digital, graças a um processo evolutivo acelerado que aconteceu no decorrer das últimas décadas; assim torna-se difícil abordar a fase digital da fotogrametria sem antes comentar sobre as etapas analógica e analítica que deram suporte a esta era. O ramo da fotogrametria na qual se trabalha/manipula com fotografias e continua durante todo o seu processo utilizando-se de instrumentos ótico-mecânicos é conhecido como fotogrametria analógica; sucessivamente a esta etapa surgiu o ramo da fotogrametria que inicia o processo de forma similar ao analógico usando fotografias, mas continua todo o processo fotogramétrico utilizando-se de instrumentos computacionais, o qual é chamado de fotogrametria analítica; e o terceiro e mais atual processo fotogramétrico, conhecido como fotogrametria digital, no qual, os dados (fotografias aéreas) são digitalizados e todo o processamento é realizado via computador.

2.2.1.1 Fototriangulação e Restituição

Segundo ANDRADE (1998), a **Fototriangulação** é uma técnica fotogramétrica para determinação de coordenadas de pontos num referencial específico. Também é conhecida pelas denominações: Aerotriangulação, Triangulação Aérea ou Triangulação Espacial. A fototriangulação tem como maior objetivo, fornecer coordenadas precisas para os pontos necessários para a orientação absoluta de modelos fotogramétricos para restituição ou para a elaboração de ortofotos. Existem três tipos de pontos a serem tratados num processo de fototriangulação: marcas fiduciais (sinais bem definidos e com localização bem conhecida numa imagem), pontos de controle (podem ser feições naturais ou alvos artificiais de diferentes formas e tamanhos) e pontos fotogramétricos

(podem ser selecionados por um operador, visando obter boa qualidade ou podem ser escolhidos automaticamente sem que nenhum critério de qualidade seja considerado).

Pode-se dizer que através da **Restituição** é possível que se faça a “reconstrução” do terreno fotografado. Resulta da restituição um modelo óptico tridimensional, denominado estereomodelo ou modelo estereoscópico. É possível que sejam feitas medições sobre esse modelo estereoscópico através de um restituidor fotogramétrico, resultando assim uma carta ou mapa do terreno fotografado (ANDRADE, 1998).

Para ser formado o estereomodelo, é necessário que se realize as orientações interior e exterior do par de aerofotos.

Orientação Interior:

BRITO e COELHO (2002) definem a orientação interior como sendo a reconstrução do feixe perspectivo, ou seja, o referenciamento da imagem em relação à câmara. Uma vez que as imagens obtidas encontram-se isoladas uma das outras e meramente salvas como arquivos digitais, sem nenhuma informação métrica, isto é, utilizando apenas o sistema de coordenadas em pixels, próprio das imagens digitais; faz-se necessário reconstituir o sistema interno câmara-imagem correspondente ao momento em que as fotografias foram obtidas. Somente assim, poderão ser efetuadas medidas com precisão sobre as imagens fotográficas.

A orientação interior na fotogrametria digital resume-se no cálculo dos parâmetros de transformação entre o sistema de coordenadas de imagem digital (linha e coluna do pixel) e o sistema fotográfico;

Os atuais *software* de fotogrametria digital realizam as medições das coordenadas das marcas fiduciais no sistema de pixel, nos modos manual, semi-automático e automático. São então fornecidos os valores constantes do certificado de calibração e o ajustamento para a definição dos parâmetros de transformação entre um sistema e outro.

Orientação Exterior:

A orientação exterior consiste em se determinar a posição e atitude das fotografias aéreas.

A posição é conhecida quando se têm as coordenadas X, Y e Z do centro de perspectiva.

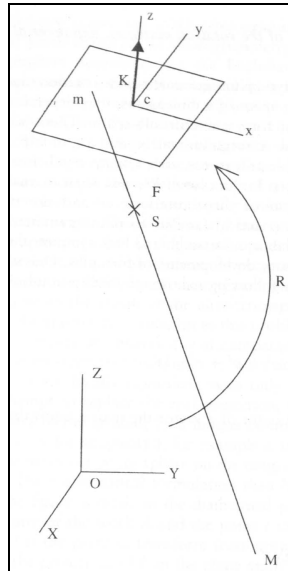


Figura 01: Parâmetros a serem determinados na Orientação Exterior.

Fonte: KASSER e EGELS (2002).

A atitude de uma fotografia aérea é conhecida quando são determinados os ângulos que representam as rotações sofridas pelo sistema local de coordenadas x, y e z (de cada câmara) em relação ao sistema global do terreno X, Y e Z. Esses são conhecidos como ângulos de Euler ω , ϕ e κ .

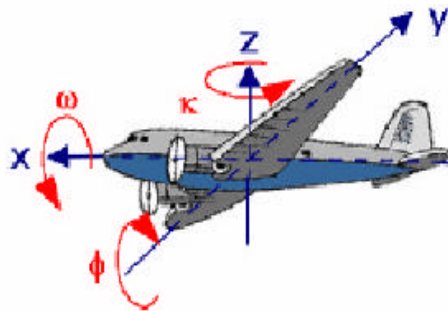


Figura 02: Ângulos de atitude do avião ω , ϕ , e κ . Fonte BRITO e COELHO (2002)

A Orientação Exterior é dividida em Orientação Relativa e Orientação Absoluta.

Orientação Relativa:

Segundo ALBERTZ et al. (1989) um par de fotos está relativamente orientado quando faz-se com que cinco pares de raios homólogos se interceptem, ou em outras palavras, são eliminadas as paralaxes¹ em cinco pontos.

ANDRADE (1998), afirma que a orientação relativa tem por objetivo orientar em posição e atitude o par de fotografias entre si, sem tomar em consideração o referencial terrestre.

A orientação relativa tem o propósito de determinar os parâmetros de orientação de um estereomodelo, afim de que os processos posteriores possam ser realizados, tais como a medição e geração de modelos digitais de terreno (MDT-DTM) e principalmente a possibilidade de realizar-se a restituição no modo estereoscópico. (SCHENK, 1999).

¹ Paralaxe é o deslocamento aparente de um referencial, causado pelo deslocamento do observador. A câmara aérea que está acoplada ao avião em movimento é uma aproximação do olho humano, que obtém uma cena num dado momento e volta a obtê-la alguns segundos depois em posição diferente. Haverá deslocamentos das posições das imagens de uma foto para outra, e estes serão diretamente proporcionais à altura dos objetos ou altura do terreno. (LOCH e LAPOLLI, 1994)

Orientação Absoluta:

O modelo estereoscópico orientado relativamente, precisa agora ser colocado em posição, atitude e escala corretos em relação ao referencial cartográfico. A orientação absoluta consiste então em materializar o referencial cartográfico.

Segundo SCHENK (1999), o problema fundamental da orientação absoluta consiste em estabelecer-se a relação entre o espaço imagem e o espaço objeto. Esse processo é realizado através da utilização de pontos de controle terrestre, de maneira que esses pontos com coordenadas conhecidas no espaço objeto, sejam identificados e medidos no sistema de coordenadas do espaço imagem.

Restituidores Digitais:

Nos restituidores digitais, há diferentes métodos de visão estereoscópica passíveis de serem utilizados em telas de computadores. Entre eles estão o do estereoscópio; o da cintilação e o da luz polarizada.

No trabalho, o método utilizado no sistema ImageStation SSK Pro foi o método da cintilação, que segundo ANDRADE (1998), consiste na projeção alternada das imagens homólogas orientadas, na mesma tela do tubo de raios catódicos. Cada imagem é projetada na fração de 60 por segundo, o que garante luminosidade quase constante com o tempo, resultando em imagem firme e confortável. Nos intervalos em que uma das imagens não está sendo projetada, a sua homóloga estará sendo projetada. A frequência de renovação para que as duas imagens sejam projetadas alternadamente deve ser de uma tela a cada 1/120 do segundo. Um par de óculos com filtros de célula Kerr, interrompem a visão dos olhos direito e esquerdo do observador alternadamente em sincronia com a tela.

Sendo projetado o modelo referenciado no restituidor digital, em conexão com um *software* CAD², é possível então ser realizada a estereocompilação, onde são compiladas as feições (rios, casas, arruamento, etc.) em cores e níveis de informações diferentes.

² CAD – Computer Aided Design (Desenho Auxiliado por Computador)

2.3 Fotointerpretação

A identificação das feições nas fotografias aéreas é efetuada através da fotointerpretação. Esta técnica permite identificar diferentes formas de relevo, padrões de vegetações e drenagens, características das cidades, áreas propícias a expansão urbana, problemas de infra-estrutura de cada bairro ou local, entre outros (MURNI et. al. 2000)

KRAUS (1993) define a fotointerpretação como a classificação de objetos por suas várias feições.

A fotointerpretação depende de alguns aspectos identificáveis durante o processo de interpretação de imagens, tais como:

- a) visibilidade do objeto, ou ainda, qualidade do objeto de se fazer visível, que é função de certas características próprias do objeto, do tipo, da escala e qualidade das fotografias, qualidade do estereoscópio, ou equipamento e qualidade da capacidade de visão estereoscópica do intérprete;
- b) utilização de chaves de interpretação, ou seja, de foto-exemplos, onde parte-se de um objeto conhecido preliminarmente e com características definidas e extrapola-se essas características para as demais fotos a serem interpretadas. O intérprete adquire as chaves para a interpretação através de estudos aprofundados sobre o sensor em questão ou utilizando-se de pesquisas já desenvolvidas.

A maioria dos trabalhos de fotointerpretação seguem os estágios (fases): detecção, reconhecimento e identificação, análise e delineamento, dedução, classificação, idealização. (MELLO, 2002)

De acordo com LOCH (1993), conforme a escala da foto que se tem à disposição, podemos esperar maior ou menor quantidade de informações por unidade de área. Numa foto de pequena escala, não podemos extrair muitos detalhes, mas por sua vez, em poucas fotos podemos analisar uma vasta área, dando ao intérprete uma visão geral da região, apresentando os macro-elementos, dos quais podemos tirar depois alguns detalhes por indução.

2.4 Controle Terrestre

JENSEN (1986) apud OLIVEIRA (1996), afirma que uma das maneiras de calcular relação entre dois sistemas de coordenadas (mapa e imagem) é através do cálculo da relação entre dois sistemas de coordenadas, por meio da definição de pontos de controle no terreno e seu homólogo na imagem.

No trabalho foi utilizada essa técnica, onde as coordenadas dos pontos de controle terrestre foram obtidas através da utilização de receptores GPS.

2.4.1 Global Positioning System (GPS)

O GPS, ou NAVSTAR-GPS (NAVigation Satellite with Time and Ranging), é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América – DoD (Department of Defense), com o intuito de ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas. Ele resultou da fusão de dois programas financiados pelo governo norte-americano para desenvolver um sistema de navegação de abrangência global: *Timation* e *System 621B*, sob responsabilidade da Marinha e da Força Aérea, respectivamente. Em razão da alta acurácia³ proporcionada pelo sistema e do grande desenvolvimento da tecnologia envolvida nos receptores GPS, uma grande comunidade usuária emergiu dos mais variados segmentos da comunidade civil (MONICO, 2000).

O GPS tem como princípio básico medir a distância entre o usuário e pelo menos quatro satélites. Sendo conhecidas as coordenadas dos satélites num sistema de referência adequado, é possível calcular a do usuário no mesmo sistema de referência.

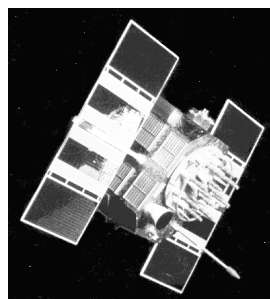


Figura 03: Satélite GPS.

³ Acurácia é o grau de concordância entre o valor estimado para uma grandeza e o considerado “verdadeiro”.

2.4.1.1 Segmentos Operacionais

O GPS é dividido em segmentos operacionais, sendo eles:

- a. Segmento Espacial;
- b. Segmento de Controle e;
- c. Segmento de Usuários

2.4.1.1.1 Segmento Espacial

É formado por 24 satélites, em seis planos orbitais tendo quatro satélites em cada plano. Os planos orbitais tem inclinação de 55° em relação ao Equador com período orbital de 12 horas siderais. A altitude aproximada de cada satélite é de 20000 Km.

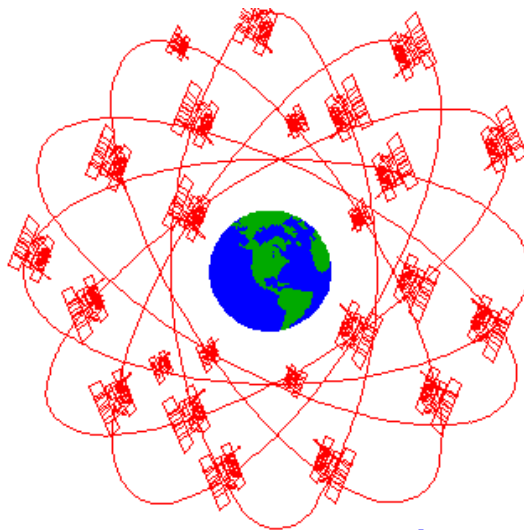


Figura 04: Órbita dos Satélites GPS.

Segundo SEEBER (2000), o segmento espacial GPS, oficialmente formado por 24 satélites, já tinha no final de agosto 2000, 29 satélites ativos em órbita, sendo sete do bloco II, 18 o bloco IIA, e os quatro satélites do bloco IIR (Figura 5). Existem mais satélites do bloco IIR prontos para o serem lançados.

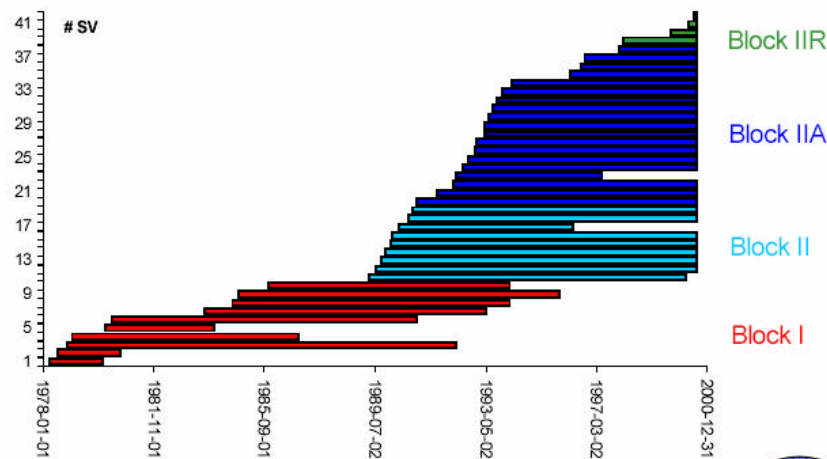


Figura 05: Satélites em órbita a partir de 1978 até 2000.

Fonte: Seeber (2000)

2.4.1.1.2 Segmento de Controle

O sistema de controle do NAVSTAR-GPS (Figura 6) é composto por cinco estações monitoras (Hawaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia, Colorado Springs), três delas com antenas para transmitir os dados para os satélites (Ascension Island, Diego Garcia e Kwajalein), e uma estação de controle central (MCS: *Master Control Station*), localizada em Colorado Springs, Colorado. Essas cinco estações de monitoramento pertencem à AAF (*American Air Force*); em conjunto com as sete do NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), compõem as estações monitoras GPS do DoD. Cada estação monitora é equipada com oscilador externo de alta precisão e receptor de dupla frequência, o qual rastreia todos os satélites visíveis e transmite os dados para a MCA, via sistema de comunicação. Os dados processados são utilizados para determinação das órbitas dos satélites, e juntamente com as correções dos relógios são transmitidas para atualizar as mensagens de navegação. As estações de controle tem

então suas coordenadas determinadas em relação ao sistema de referência WGS 84 (MONICO, 2000).

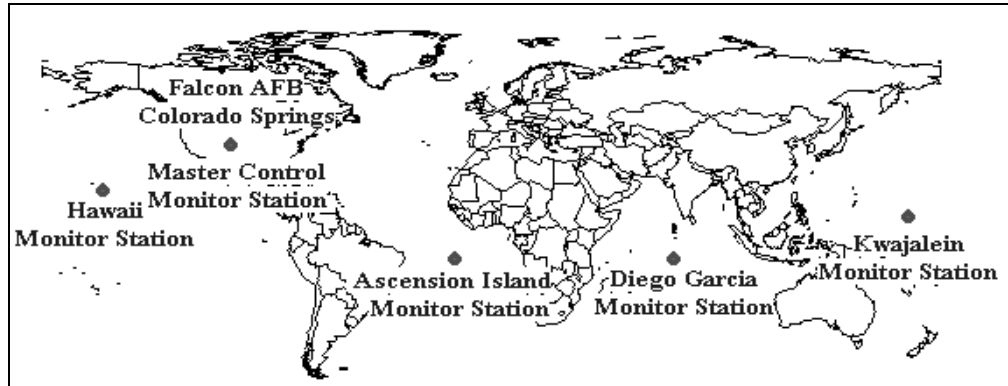


Figura 06: Estações de Monitoramento – NAVSTAR-GPS

2.4.1.1.2 Segmento de Usuários

Há duas categorias de usuários do NAVSTAR-GPS, os civis e militares.

O sistema tem sido muito difundido no que se refere a usuários civis, para diversas aplicações, provando assim que sua utilidade é muito maior do que os objetivos militares que levaram ao seu desenvolvimento inicial.

2.4.1.2 Métodos de Posicionamento

MÔNICO (2000) cita que os métodos de posicionamento ainda não seguem uma terminologia padrão, mas de uma maneira geral, pode-se dizer que há basicamente posicionamentos absolutos (estáticos e cinemáticos), posicionamentos relativos (estáticos e cinemáticos) e DGPS (*Differential GPS*).

Nos posicionamentos absolutos as coordenadas são associadas ao geocentro, enquanto que nos posicionamentos relativos, as coordenadas são determinadas em relação a um referencial materializado.

No presente trabalho, o método utilizado foi o relativo estático, e mais detalhes sobre esse método serão dados a seguir.

2.4.1.2.1 Posicionamento Relativo Estático

No posicionamento relativo estático, um receptor serve como base, coletando dados, fixo sobre uma estação de referência. Um ou mais receptores (móvel) percorre os locais de interesse, onde permanece parado por no mínimo 20 minutos. De acordo com a acurácia desejada, o tempo de rastreamento em cada ponto deve ser maior ou menor. Pode-se utilizar neste caso receptores de simples (L1) ou dupla frequência (L1 e L2). Quando as linhas de bases envolvidas forem maiores que 10 a 15 km e a precisão requerida for melhor que 1 ppm⁴ é imprescindível o uso de receptores de dupla frequência.

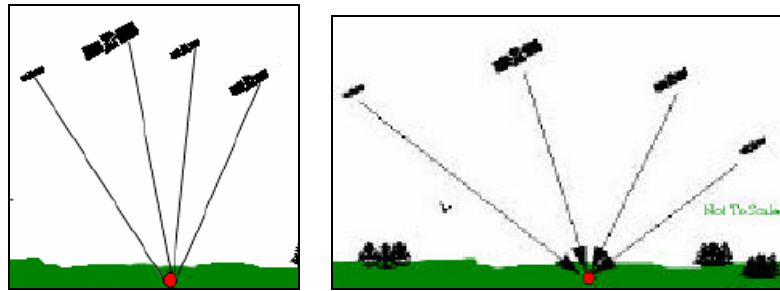
2.4.1.2.1 Diluição da Precisão

De acordo com WELLS *et al* (1986), a diluição da precisão (DOP) é uma medida da qualidade da configuração dos satélites GPS. A medida que os satélites se movimentam em suas órbitas, a DOP mudando com o tempo. O valor da DOP deve ser o menor possível, de maneira a não comprometer a qualidade das observações.

A diluição da precisão é dividida em HDOP (horizontal), VDOP (vertical), PDOP (tridimensional) e TDOP (para determinação de tempo). O GDOP é o efeito combinado de posição 3-D e tempo.

⁴ ppm – partes por milhão

O PDOP pode ser interpretado como o inverso do volume V de um tetraedro formado pelas posições do usuário e dos 4 satélites. Assim sendo, a melhor geometria ocorre quando o volume é maximizado, fazendo com que o PDOP diminua. (MONICO, 2000).



Diluição da Precisão Pobre

Diluição da Precisão Boa

Figura 07: Diluição da Precisão (DOP)

2.4.1.3 Tipos de Receptores

Os receptores GPS podem ser classificados de três formas segundo critérios específicos: para uso da comunidade usuária militar ou civil; para aplicação em navegação, geodésia e uso direto em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e, por ultimo, segundo os diferentes tipos de receptores e dados proporcionados como é o caso dos receptores com código C/A; código C/A e portadora L1; código C/A e portadoras L1 e L2; código C/A e P e portadoras L1 e L2; portadora L1 e portadoras L1 e L2. Estas divisões ajudam os usuários na identificação do receptor adequado às suas necessidades, independentemente da classificação adotada (BERNARDI e LANDIN, 2002).

2.5 Cartografia

TAYLOR (1991), define a cartografia como sendo a organização, apresentação, comunicação e utilização de geoinformações, nas formas gráficas, digital ou tátil, podendo incluir todas as etapas desde a apresentação dos dados até o uso final na criação de mapas e produtos relacionados à informação espacial.

Segundo Bertin *apud* MARTINELLI (1991), a cartografia como também o seu ramo temático, integram a representação gráfica, uma linguagem dentre outras, constituída pelos homens para reter, compreender e comunicar observações indispensáveis à sobrevivência. É uma linguagem bidimensional atemporal e destinada à vista. Tem supremacia sobre as demais, pois demanda apenas um instante de percepção.

A Associação Internacional Cartográfica, define a cartografia como sendo a arte, ciência e tecnologia de fazer mapas, juntamente com seu estudo como documentos científicos e obras de arte. Neste contexto, são incluídos todos os tipos de mapas, modelos tridimensionais e representações globais da Terra ou qualquer corpo celeste em qualquer escala.

2.5.1 Cartografia Digital

Segundo DENT (1996), atualmente a maioria dos mapas temáticos de pequena escala são compilados a partir de dados digitais, e não mais de modo manual. Há pouco tempo atrás, a estação de trabalho de um cartógrafo era compreendida por uma mesa de desenho e uma variedade de lápis, canetas, compassos, esquadros, etc.

Segundo OLIVEIRA (1996), na cartografia, várias são as técnicas utilizadas para se obter um original cartográfico (mapa ou carta). Uma delas é a aerofotogrametria, que se caracteriza por trabalhar com fotografias aéreas obtidas com câmaras aéreas instaladas em aviões.

Devido ao fato das fotografias aéreas apresentarem uma projeção cônica ou central, elas não podem ser utilizadas diretamente como uma carta topográfica, uma vez que a carta, para representar a superfície da Terra, utiliza um sistema de projeção ortogonal.

Atualmente, todo o processo de restituição fotogramétrica pode ser realizado de modo digital, ou seja, à partir de estações fotogramétricas digitais. Na restituição

fotogramétrica, o que se deseja é a reconstituição de um par de feixes homólogos em posição de orientação de modo a se obter um modelo (maquete virtual) do objeto que gerou as perspectivas (fotografias), no qual é possível a execução de medidas ou a compilação.

2.6 Cadastro Técnico Multifinalitário

O cadastro técnico deve ser entendido como um sistema de registro de dados que identificam ou caracterizam uma área de interesse, sendo que, o registro deve ser executado de forma descritiva e padronizada, apoiada numa base cartográfica definida (LOCH, 1998).

Segundo MELLO (2002), o conteúdo e as finalidades dos sistemas cadastrais modificam-se durante o tempo histórico e diferenciam-se de um país para o outro. Porém, as necessidades atuais de Gestão e do Planejamento em informação verídica e atualizada sobre um determinado espaço fazem com que, de uma forma comum, o Cadastro Técnico, defina-se como “o registro oficial e sistemático do serviço público de um determinado território ou jurisdição de lotes e parcelas em forma: (a) gráfico(planta cadastral na escala grande) e (b) descritivo (número de parcela, proprietário, área, uso atual, etc.)”, utilizado como base para outros registros oficiais e particulares, assim como para arrecadação de impostos imobiliários e territoriais.

MELO (1985) apud LOCH (1998), afirma que o cadastro multifinalitário ou polivalente, constitui o instrumento mais ágil e completo para a parametrização dos modelos explorados de planejamento, quando respaldados quanto à estruturação e funcionalidade, em metodologia e procedimentos do campo das ciências, artes e técnicas cartográficas. Um dado ou informação sobre uma área contém pouco significado, se não for posicionado, ou seja, se não for correlacionado espacialmente com a superfície terrestre de um país ou região.

Conforme FIG apud BITENCOURT (1999), um Cadastro é normalmente um sistema de informações da terra atualizado e baseado em parcelas contendo um registro de interesses sobre a terra. Geralmente contém uma descrição geométrica das parcelas da terra, ligada a outros registros que descrevem a natureza dos interesses, e freqüentemente o valor da parcela e suas benfeitorias. Pode ser estabelecido para fins fiscais (com avaliação e tributação equitativa), fins legais (transferência de títulos), para

apoiar no gerenciamento e uso do solo (para planejamento e outras finalidades administrativas), e proporciona desenvolvimento sustentável e proteção ambiental.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Histórico

Em 1974, a Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA, vinculada na época ao Ministério do Interior, passou a desenvolver o programa “Estações Ecológicas”, que tinha por objetivo preservar ambientes naturais representativos de diferentes ecossistemas. A lei 6.092/81 definiu as Estações Ecológicas como sendo áreas representativas dos ecossistemas brasileiros destinadas à proteção do ambiente natural, ao desenvolvimento de pesquisas básicas de ecologia, à produção de estudos comparativos entre a situação encontrada na área protegida e nas circunvizinhas e ao desenvolvimento da educação conservacionista.

Em 1981, através de convênio firmado entre a SEMA, a Fundação de Tecnologia e Meio Ambiente (FATMA) e o Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF), deu-se início às ações com o cadastramento das propriedades e levantamento topográfico para delimitação da área. Desses trabalhos resultaram a delimitação e demarcação das áreas dos Manguezais do Rio Ratonés e Saco Grande, que deram origem à Certidão 55/86 do Serviço de Patrimônio da União (SPU), o qual em 1983 efetuou a cessão das áreas dos manguezais nela descritos para a SEMA a fim de que se criasse a Estação Ecológica de Carijós.

Em 20 de julho de 1987, a Estação Ecológica de Carijós foi criada pelo Decreto Presidencial 94.656/87.

3.2 Caracterização da ESEC Carijós

O nome Estação Ecológica de Carijós é alusivo aos índios Tupi-guaranis, sendo a maneira com que os exploradores europeus referiam-se à esta etnia no litoral sul do Brasil. Não se tem vestígios da presença fixa desses povos indígenas nas áreas que atualmente pertencem à ESEC Carijós, nem tampouco existem índios ou tribos na unidade. Entretanto, os Carijós sempre utilizaram os recursos marinhos disponíveis em áreas estuarinas, o que leva a crer que também tenham utilizado os manguezais de Saco Grande e do Rio Ratonés como áreas de coleta e pesca em tempos anteriores ao processo de colonização.

A unidade caracteriza-se basicamente pelo ecossistema manguezal e tem o objetivo de protegê-lo, destinando-se à realização de pesquisas básicas ou aplicadas, à proteção do ambiente natural e ao desenvolvimento de educação ambiental.

De acordo com SCHAEFFER e NOVELLI (1995), os manguezais são ecossistemas costeiros, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeitos ao regime das marés. Estes têm ocorrência em regiões costeiras abrigadas e apresentam condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, sendo considerados importantes transformadores de nutrientes em matéria orgânica e geradores de bens e serviços.

A ESEC Carijós é composta por duas glebas, denominadas Mangue de Saco Grande com uma área de 93,5 ha e Mangue do Rio Ratonés com uma área de 618,7 ha.



Figura 08: Manguezal do Rio Ratonés

Segundo IBAMA (2002), o manguezal de Saco Grande tem como principal rio o Rio Pau do Barco que desemboca na Baía Norte. Já o manguezal do Rio Ratonés tem o Rio Ratonés como o principal formador do manguezal, desembocando no estuário chamado de Enseada de Ratonés.

O clima na Estação Ecológica de Carijós é moderado, sendo a temperatura média anual de 20°C e a precipitação média anual de 1.400 mm. Os ventos são do quadrante Sul na estação do inverno e quadrante Norte na estação do verão.

A vegetação predominante do ecossistema manguezal é: *avicennia schaueriana* (mangue preto), *laguncularia racemosa* (mangue branco), *rhizophora mangle* (mangue vermelho) e os capins (*spartina densiflora* e *spartina alterniflora*). Nas áreas de transição há a presença de *hibiscus tiliaceus* (algodoeiro do mangue) e *acrostichum danaeaeifolium* (samambaia do mangue). A fauna é caracterizada por sua diversidade de espécies, possuindo várias espécies de relevância econômica (peixes e crustáceos), moluscos, algumas espécies de aves tais como: garças, socós, maria faceira... Muitos animais de outros ecossistemas também utilizam o manguezal para obterem seu alimento. Mamíferos, como o guaxinim, visitam os manguezais durante a noite para caçarem caranguejos e outros invertebrados (IBAMA, 2002).

3.3 Localização Geográfica

A ESEC Carijós está localizada no noroeste da Ilha de Santa Catarina - Florianópolis, abrangendo uma área total de 712,2 ha.

Situa-se entre as coordenadas geográficas: 48°52' e 48°50' Longitude Oeste e 27°54' e 27°56' Latitude Sul, abrangendo a gleba do Saco Grande; e nas coordenadas 48°55' e 48°48' Longitude Oeste e 27°44' e 27°50' Latitude Sul, abrangendo a gleba do Rio Ratonés.

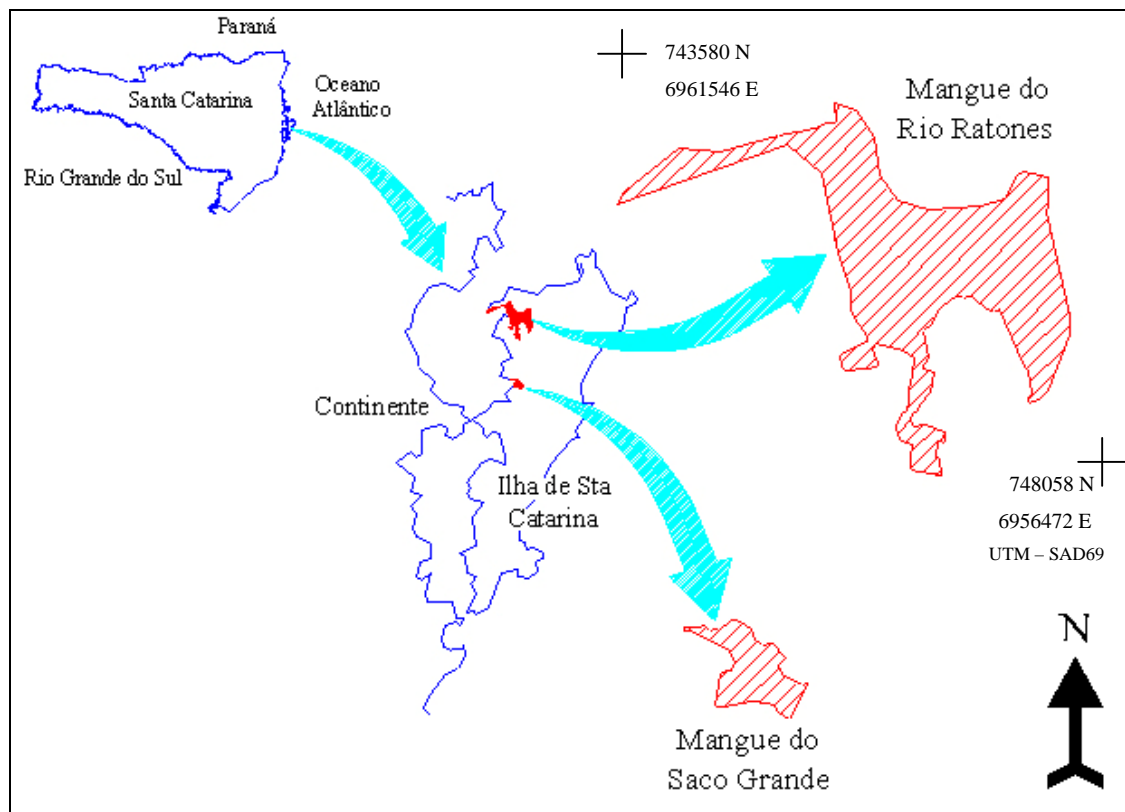


Figura 09 : Localização da Estação Ecológica de Carijós

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1 Material

Os materiais utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho estão especificados a seguir.

4.1.1 Decreto Federal Nº 94.656 de 20 de julho de 1987

O Decreto Federal Nº 94.656 de 20 de julho de 1987 cria as Estações Ecológicas de Carijós, Pirapitinga e Tupinambás, e dá outras providências. A íntegra do decreto encontra-se no Anexo I.

4.1.2 Plantas topográficas de caracterização da ESEC Carijós

As plantas topográficas de caracterização da ESEC Carijós, escala 1:10000, resultantes do levantamento topográfico realizado por técnicos da FATMA, no ano de 1991. São apresentadas no Anexo II.

4.1.3 Receptores GPS

Os receptores GPS utilizados neste trabalho pertencem a FATMA e foram operados em campo pelos servidores da própria FATMA.

Especificações técnicas dos receptores GPS:

- Sintonia de Satélites: 12 canais independentes GPS e WAAS/EGNOS;
- L1 e código C/A;
- Precisão Levantamento Estático (rms):
 - Horizontal: 0.005 m + 1 ppm;
 - Vertical: 0.010 + 2 ppm;
- Capacidade da memória interna de 8 MB, armazenando até 14 horas com dados de 10 satélites, com taxa de aquisição de dados de 2 segundos;

4.1.4 Software

Ashtech Solutions versão 2.6: Software utilizado para o pós processamento dos dados coletados pelos receptores GPS Promark2. Fornece processamento dos dados do ProMark2 com interface interativa no padrão Windows. O software inclui as funções de planejamento de missão, processamento automático, ajustamento de rede, análise dos dados e ferramenta de controle de qualidade; transformação de coordenadas e relatórios de processamento.

Microstation SE: Sistema CAD (Computer Aided Design – Desenho Assistido por Computador), multiplataforma, compreendendo de modeladores 2D e 3D de alta precisão.

4.1.5 Originais Fotogramétricos (diapositivos)

Foram utilizados os originais fotogramétricos (diapositivos) do vôo realizado em 1998, contratado pela empresa CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina). A escala de vôo é de 1:15000. O vôo foi executado pela empresa Aeroconsult S.A, que através de solicitação do IBAMA cedeu os diapositivos para serem digitalizados.



Figura 10: Diapositivo já digitalizado

4.1.6 Scanner SCAI

O scanner utilizado para a digitalização dos originais fotogramétricos foi o SCAI, fabricado pela empresa ZEISS, atualmente Z/I Imaging. Este scanner encontra-se no Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina, pertencente à RETAC – Rede de Tecnologia Aeroespacial e Cartográfica. Principais especificações técnicas:

- capacidade de digitalização de filmes em rolos;
- resolução geométrica⁵ de: 7, 14, 28, 56, 112 e 224 μm ,
- acurácia geométrica melhor do que 2 μm ,
- resolução radiométrica de 256 níveis de cinza em cada canal (vermelho, verde e azul);
- área de digitalização de 275 mm x 250 mm;
- câmera CCD colorida com tres feixes lineares paralelos para o vermelho, verde e azul;



Figura 11: Scanner SCAI

⁵ Resolução geométrica está relacionada ao tamanho do pixel digitalizado.

4.1.7 Estação Fotogramétrica ImageStation SSK Pro

A Estação ImageStation SSK Pro utilizada neste trabalho é composta pelos seguintes periféricos:

- microcomputador Pentium III com processador de 1Ghz;
- disco rígido de 60 Gb e memória RAM de 512 Mb;
- Monitor 21”;
- Placa gráfica especial 3D Labs' Wildcat II 5110 para a visualização *stereo*;
- óculos especial CrystalEyes (cristal líquido) para visualização *stereo* e emissor de sinal;
- mouse 3D para digitalização com precisão em x, y, and z.

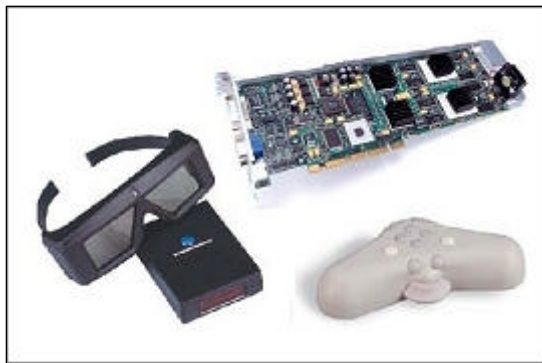


Figura 12: Componentes de Hardware do ImageStation SSK Pro

O software que acompanha o ImageStation SSK Pro é composto pelos módulos específicos:

- ImageStation Photogrammetric Manager (ISPM);
- ImageStation Digital Mensuration (ISDM));
- ImageStation Stereo Display (ISSD);
- ImageStation Feature Collection (ISFC);
- ImageStation Terrain Model Collection (ISDC);
- ImageStation Model Setup (ISMS).

4.1.8 Fotografias Aéreas do Mangue do Saco Grande

Foram utilizadas as fotografias aéreas impressas em papel, pancromáticas, que compreendem a área do mangue do Saco Grande. Tais fotografias são dos anos de 1938 (escala nominal de vôo 1:20.000), 1969 (escala nominal de vôo 1:10.000), 1978 (escala nominal de vôo 1:25.000) e 1980 (escala nominal de vôo 1:15.000). As mesmas foram digitalizadas do papel em scanner com resolução de 600 dpi (pontos por polegada).

4.2 Método

O método utilizado no desenvolvimento do trabalho baseou-se na tecnologia da Fotogrametria Digital, aliada à Fotointerpretação .

O sistema de fotogrametria digital de última geração ImageStation SSK Pro utilizado, tem a vantagem de transformar um computador de uso comum em uma estação fotogramétrica, pois os componentes de hardware (Placa gráfica especial 3D Labs' Wildcat II 5110 para a visualização *stereo*; óculos especial CrystalEyes (cristal líquido) para visualização estereoscópica, emissor de sinal e mouse 3D para digitalização com precisão em x, y, and z) são passíveis de serem instalados em um computador pessoal.

Para a obtenção dos resultados desejados foram utilizados os seguintes procedimentos: levantamento dos dados e materiais já existentes; análise e digitalização dos originais fotográficos do vôo, levantamento e utilização de pontos de controle terrestre; aerotriangulação e geração dos modelos estereoscópicos, restituição e fotointerpretação digital dos limites do mangue.

4.2.1 Levantamento dos dados e material existente

O material disponível no início dos trabalhos resumia-se ao Decreto Federal Nº 94.656 de 20 de julho de 1987 que criou a Estação Ecológica de Carijós (ANEXO I), bem como as plantas topográficas (ANEXO II) juntamente com as cadernetas de campo do levantamento realizado. Tal levantamento topográfico foi conduzido ao longo do ano de 1981, por técnicos da FATMA. Os equipamentos utilizados na época foram teodolito, trena e bússola; foram implantados marcos físicos, os quais foram destruídos quase em sua totalidade. Na execução do trabalho, foi possível encontrar 4 marcos originais, sendo dois no manguezal do Saco Grande, e os outros dois no manguezal do Rio Ratoles. Esses marcos foram utilizados para georreferenciar as poligonais descritas Decreto Federal Nº 94.656/87.

Para iniciar os trabalhos no ImageStation SSK Pro, fez-se necessário o acesso aos originais fotográficos do vôo mais recente que cobrisse a área de estudo. A melhor e mais viável opção no momento, foi a obtenção dos originais (diapositivos) do vôo realizado pela empresa Aeroconsult S.A., contratado pela empresa Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC).

O referido vôo foi realizado no ano de 1998, na escala 1:15000 em preto e branco. A câmara utilizada foi uma WILD RC5/RC8 10/23, fabricada pela empresa WILD HEERBRUGG. A distância focal nominal da câmara aérea é de 152 mm. Uma cópia do certificado de calibração da câmara encontra-se no ANEXO III.

Através de análise do fotoíndice⁶ do referido vôo, foram escolhidas as fotografias que cobriam a área em estudo, possibilitando assim sua utilização no sistema de fotogrametria digital a ser utilizado, o ImageStation SSK Pro.

⁶ Fotoíndice: Justaposição de fotografias aéreas que mostra a localização e disposição das mesmas e as respectivas faixas de um determinado vôo, bem como os principais acidentes geográficos.

4.2.2 Análise e Digitalização dos Originais Fotogramétricos do Vôo de 1998

As fotografias aéreas selecionadas para utilização no estudo foram:

Faixa de vôo 8: Fotos 1,2 e 3;

Faixa de vôo 9: Fotos 2,3,4,5,6,10 e 11;

Faixa de vôo 10: Fotos 2,3,4,5,6,e7;

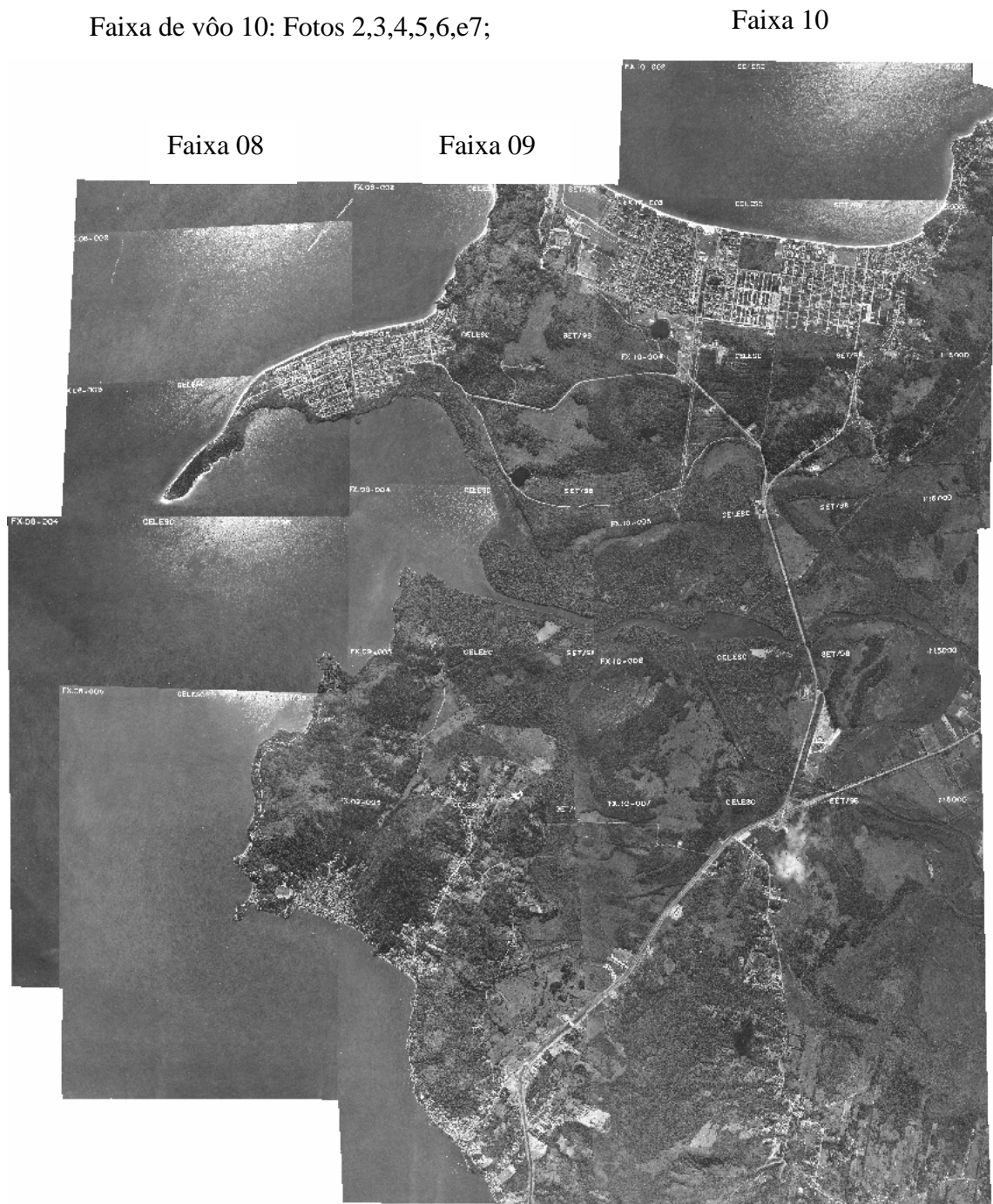


Figura 13 – Mosaico representando as fotografias aéreas utilizadas na área do Rio Ratonés



Figura 14: Mosaico mostrando a área do Saco Grande, composto a partir das fotos 10 e 11 da faixa 9.

As atuais pesquisas e trabalhos desenvolvidos em fotogrametria digital, juntamente com contatos mantidos com técnicos que desenvolvem os sistemas fotogramétricos digitais na empresa Z/I Imaging, mostram que resoluções espaciais de 20 μ m a 30 μ m geralmente suprem as exigências de exatidão e precisão finais dos produtos cartográficos resultantes. Porém, face a escala do vôo ter sido 1:15000, e que um dos objetivos do presente trabalho era avaliar também a capacidade de identificação vegetal com a utilização das imagens digitais, optou-se por digitalizar os diapositivos com a resolução espacial de 14 μ m, gerando assim arquivos digitais com tamanho aproximado de 257 Mb para cada imagem.

Tabela 01: Resolução espacial e tamanho das imagens resultantes para diapositivos de 23 cm x 23 cm

Tamanho do Pixel (mm)	Tamanho Arquivo Preto/Branco	Tamanho Arquivo Colorido
224	01 Mb	03 Mb
112	04 Mb	12 Mb
056	16 Mb	48 Mb
028	64 Mb	192 Mb
021	114 Mb	343 Mb
014	257 Mb	772 Mb
007	1 GB	03 GB

O scanner SCAI utilizado para digitalização dos diapositivos, é gerenciado pelo software PHODIS SC, que permite a configuração de todos os parâmetros para a digitalização. Esse software PHODIS SC está instalado em uma estação de trabalho Silicon Graphics O2, com o sistema operacional Irix (Unix). As fotografias digitalizadas foram salvas no formato TIFF (Tagged Image File Format).



Figura 15 - Menu inicial do software PHODIS SC

Os passos executados no software PHODIS SC para a digitalização dos diapositivos foram:

- a. entrada dos parâmetros de digitalização, tais como o tamanho do pixel e escolha: imagem colorida ou preto e branco,;
- b. entrada dos parâmetros do arquivo, escolhendo o formato (tiff ou tld);
- c. Prescan - etapa de digitalização prévia, onde podem ser configurados a área de interesse a ser digitalizada e ajustes de brilho e contraste;
- d. Scan – digitalização propriamente dita.

Scan Start

Scan settings Setup

Exposure time	<input type="text" value="2.5"/> [ms]	Resolution	<input type="text" value="28"/> [um]
Area offset X	<input type="text" value="34.300"/> [mm]	Y	<input type="text" value="12.778"/> [mm]
Area size X	<input type="text" value="226.422"/> [mm]	Y	<input type="text" value="234.271"/> [mm]
Brightness	<input type="text" value="Normal"/>	Gamma	<input type="text" value="Transmissi"/>
Color mode	<input type="text" value="Mono"/>	CCD Normalization	<input type="text" value="No"/>

Image settings Setup

Filename	<input type="text" value="PHO_IMG/test.tld"/>		
Filemask	<input type="text" value="PHO_IMG/scan{nnnn}.tld"/>		
Format	<input type="text" value="tld"/>	Display after scan	<input type="text" value="Yes"/>
Photo number	<input type="text" value="44"/>		

P-Action settings Setup

Pyramid	<input type="text" value="No"/>	<input type="text" value="Reset fiducial measurement"/>
Orientation	<input type="text" value="No"/>	

Film settings Setup

Film Increment	<input type="text" value="1"/>
Filmfile	<input type="text" value="vgl.fin"/>

Photo orientation is used.
 Estimated execution time : 5:5 [min]
 Estimated image size : 65.6 [MB]
 Press START to start scanning

Figura 16 – Tela de configuração no PHODIS SC

4.2.3 Levantamento e Utilização de Pontos de Controle Terrestre

Para a utilização da tecnologia fotogramétrica, há a necessidade de disponibilidade de pontos de controle terrestre na área de estudo.

Tal levantamento foi possível graças ao apoio da FATMA, que viabilizou os equipamentos GPS e dois técnicos operadores, bem como o apoio logístico fornecido pelo IBAMA.

Inicialmente foi realizado um estudo prévio sobre o fotoíndice de fotografias aéreas da área de estudo com vistas a localização de distribuição dos pontos de controle. Deste estudo resultou a escolha de 11 pontos de controle, sendo 4 deles na área do manguezal do Saco Grande, 6 na área do manguezal do Rio Ratoles. O décimo primeiro foi o ponto utilizado como base para planimetria, ponto este localizado no pátio ao lado da biblioteca universitária da Universidade Federal de Santa Catarina.

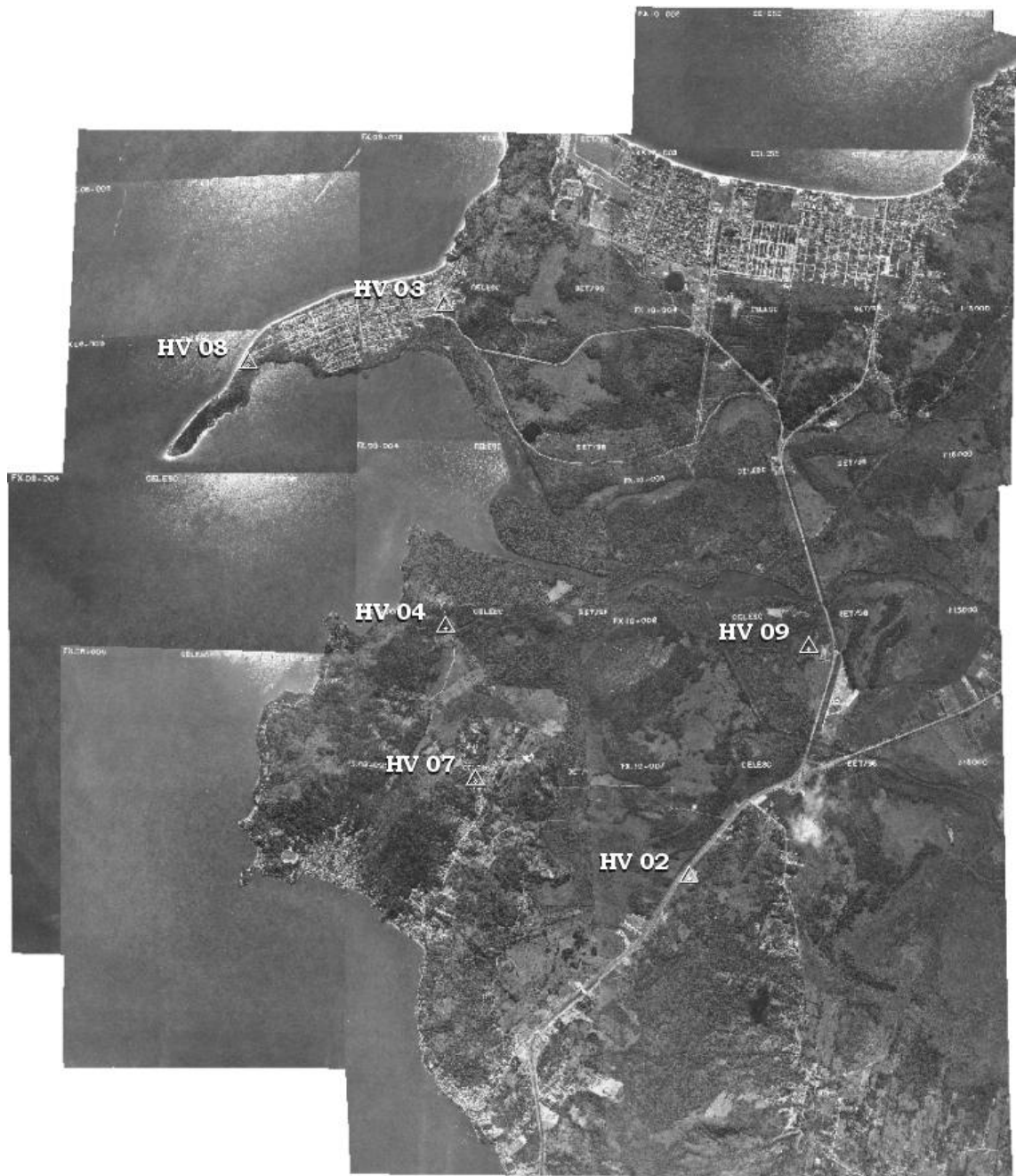


Figura 17: Localização dos pontos de controle terrestre no Manguezal do Rio Ratonés.



Figura 18: Localização dos pontos de controle terrestre no Manguezal do Saco Grande

O marco utilizado como base para planimetria faz parte do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), denominado SAT 91851 (vide figura 19) e foi implantado em dezembro de 1997. Abaixo são apresentadas as coordenadas do marco SAT 91851:

Coordenadas do Marco SAT 91851 – Datum SAD 69		
Geodésicas	Latitude: 27° 35' 55,9963" S	Altitude : 7.18 m
	Longitude: 48° 31' 06,8277" W	
UTM	N: 6.944.760,914 m	
	E: 744.923,477 m	



Figura 19 – Marco SAT 91851 (SGB)

Pelo fato de haver uma discrepância no valor da altitude do marco SAT 91851 disponibilizado pelo IBGE, optou-se por utilizar outro ponto como base para a altimetria. Para tal, foi utilizado o marco denominado RN 2006 J, pertencente ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e estar localizado no entorno da área de estudo e também ser identificável nas fotografias aéreas utilizadas, fato esse que o qualificou para ser utilizado como ponto de controle terrestre.

Coordenadas do Marco RN 2006 J – Datum SAD 69		
Geodésicas	Latitude: 27° 29' 31,7138'' S	Altitude : 3,031 m
	Longitude: 48° 30' 12,0499'' W	
UTM	N: 6.956.561,097 m	
	E: 746.664,431 m	



Figura 20 – Marco RN 2006 J (SGB)

Pelo fato do vôo ter sido realizado em 1998, foi necessária a escolha de possíveis pontos de controle de fácil identificação das fotografias aéreas. Na fase final, antes do levantamento dos pontos com os receptores GPS, fez-se visitas a campo, verificando se os pontos escolhidos ainda existiam, pois já havia passado cerca de quatro anos quando da execução do vôo. Todos os pontos foram considerados satisfatórios.

Tendo escolhido a localização dos pontos, partiu-se para a execução do levantamento. O mesmo foi realizado no dia 06 de junho de 2002.

A Fundação do Meio Ambiente (FATMA), disponibilizou a utilização dos seus equipamentos, bem como o acompanhamento dos servidores Eng. Aurélio José de Aguiar e Tec. Argemiro Acelino de Quadros, responsáveis pelos levantamentos com receptores GPS na instituição. A experiência de ambos facilitou e agilizou bastante o trabalho.

O método de levantamento utilizado foi o relativo estático com pós processamento dos dados. Um receptor foi instalado no marco SAT 91851 (base), no início dos levantamentos, e os outros receptores foram instalados nos pontos determinados previamente. O receptor instalado na base, foi acoplado à uma bateria de maior duração, afim de evitar o risco de término de bateria durante os levantamento, o que causaria a inutilização dos dados rastreados pelos receptores móveis. A distância entre a base e os pontos de controle terrestre variaram entre 5 à 15 Km, e ótima aplicação presente no receptor Ashtech® ProMark2, é que o mesmo indica quando já tem dados suficientes para distâncias de base com 5, 10, 15 ou mais que 20 Km. Assim sendo, alguns pontos tiveram tempo de rastreio menor que outros, mas a média ficou em 1 hora de rastreio por ponto. Todos os pontos foram levantados neste dia, e os dados coletados em cada ponto, descarregados em computador para o pós-processamento.

O software utilizado para o pós-processamento dos dados foi o Ashtech Soluções versão 2.3. No software, os dados dos receptores são descarregados via porta paralela, podendo ser armazenados em qualquer diretório do disco rígido. Foi criado no software um novo projeto, com as características desejadas, tais como datum e sistema de projeção. Escolheu-se então o ponto que serviria como base, e os cálculos foram executados afim de obter-se as coordenadas finais de cada ponto levantado. No caso em questão, o ponto SAT 91851 foi utilizado como base para planimetria, e o ponto HV 02 por pertencer ao Sistema Geodésico Brasileiro com a denominação RN

2006 J, foi utilizado como base para a altimetria, tendo um outro receptor instalado neste ponto durante todo o período do levantamento dos demais pontos de controle.

Devido à disponibilidade da equipe e de pontos base, foram instalados dois receptores fixos durante todo o período do levantamentos dos outros nove pontos de controle. O software gerou um relatório final com todos os resultados dos cálculos. Esse relatório encontra-se no Anexo IV.

A tabela 02 lista os pontos de controle utilizados (numeração e nomenclatura).

Tabela 02 – Pontos de Controle Terrestre

Número Ponto	Descrição Ponto
HV 01	SAT 91851
HV 02	RN 2006 J
HV 03	Imobiliária Daniela
HV 04	Barra Sambaqui
HV 05	Hípica
HV 06	Hotel
HV 07	Mercearia Sambaqui
HV 08	Ponta Daniela
HV 09	ESEC Carijós
HV 10	SESC
HV 11	Cemitério Jd. Paz

4.2.4 Aerotriangulação e Geração dos Modelos Estereoscópicos

Tendo-se os dados de calibração da câmara aérea, as imagens já digitalizadas e as coordenadas dos pontos de controle terrestre, partiu-se para a execução da aerotriangulação digital do bloco das imagens que compreendem a área de estudo.

4.2.4.1 Image Station Photogrammetric Manager (ISPM)

O módulo considerado inicial é o ImageStation Photogrammetric Manager, que tem o objetivo de gerenciar um projeto de fotogrametria digital no ImageStation SSK Pro. Configura-se nesse módulo a entrada de dados de voo, de terreno e de câmara, para posterior geração dos modelos fotogramétricos.

Primeiramente, foi criado um novo projeto no ISPM, nomeado Carijós e inseridos todos os dados iniciais para configuração do projeto, conforme mostrado na Figura 25.

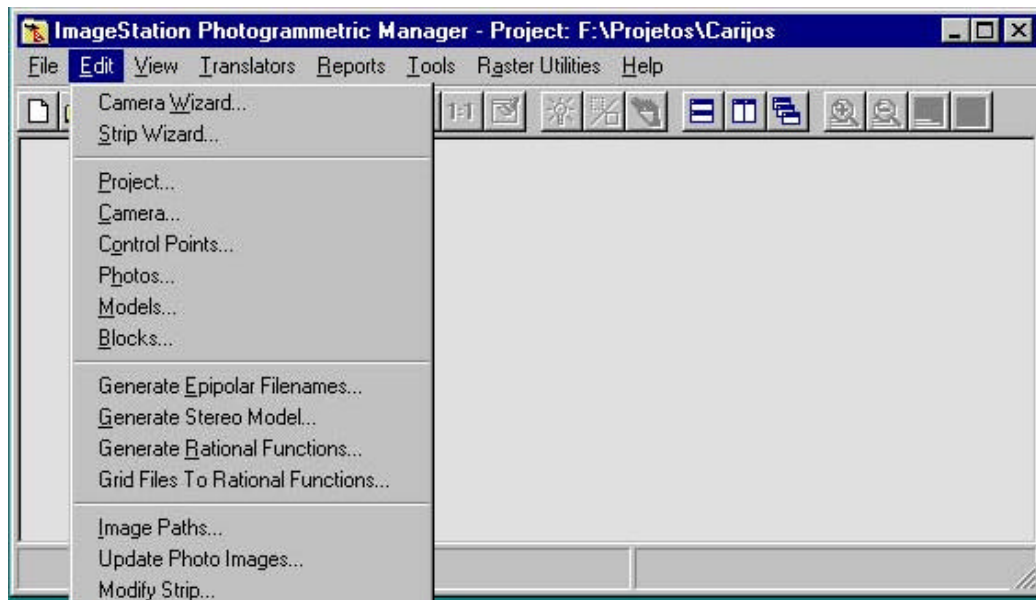


Figura 21 – Comandos para configurações iniciais no ISPM

Conforme mostrado na Figura 25, são inseridos os dados do projeto, câmera, fotografias aéreas, modelos fotogramétricos e pontos de controle terrestre. Segue abaixo a descrição de como foram inseridos cada conjunto de dados:

4.2.4.1.1 Parâmetros da Câmara

Os parâmetros da câmara aérea foram obtidos através do certificado de calibração da mesma, conforme Anexo III. A Tabela 03 mostra esses parâmetros, extraídos através do comando *Reports – Câmera*, após configuração no módulo ISPM.

Tabela 03 – Parâmetros da Câmara Aérea

Name: WILD RC5/RC8 10/23
 Focal Length: 152.528000 (mm) Lens Distortion: off
 Film Width: 230.000000 (mm) Film Length: 230.000000 (mm)
 Principal Point (Best Sym.) X: 0.036000 Y: 0.013000
 Principal Point (Auto Col.) X: 0.000000 Y: 0.000000

Fiducial Information

ID	X(mm)	Y(mm)
1	106.003	-106.004
2	-105.999	-106.000
3	-105.998	106.000
4	106.002	106.000

4.2.4.1.2 Configuração das Pontos de Controle Terrestre

Os pontos de controle terrestre podem ser inseridos no ISPM de duas maneiras: digitando manualmente os dados de cada ponto, ou importando um arquivo que contenha esses dados.

No caso do projeto Carijós os pontos foram digitados manualmente, pois o tempo necessário para formatação do arquivo de entrada seria maior do que o tempo gasto apenas digitando os 11 pontos de controle terrestre utilizados no projeto.

The screenshot shows the 'Edit Control Points' dialog box. At the top, there are input fields for ID, Type, Class, X, Y, and Z. The current point is 'V09 SEDE' with Type 'Control' and Class 'Full'. The coordinates are X: 747892.209, Y: 6958792.345, and Z: 0.657. Below these are fields for Description, SX, SY, and SZ, with SX, SY, and SZ set to 0.1. A table below lists several other control points. The table has columns for ID, Type, Class, X, Y, and Z. The last row in the table is highlighted, showing 'HV09_SE...' with Type 'Control' and Class 'Full', and coordinates X: 747892.209, Y: 6958792.345, and Z: 0.657. To the right of the table are buttons for 'Add / Modify', 'Remove', and 'Global Edit...'. At the bottom, there are 'Defaults' fields for Type, Class, SX, SY, and SZ, and buttons for 'Apply', 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

ID	Type	Class	X	Y	Z
10-1007-...	Control	Full	748296.897	6956354.235	-2.150
10-1007-...	Control	Full	748058.867	6956183.335	-2.038
10-1007-...	Control	Full	748206.540	6956233.277	8.934
10-1007-...	Control	Full	748403.529	6956197.589	-2.841
10-1007-...	Control	Full	748181.424	6956164.394	5.890
10-1007-...	Control	Full	748362.531	6956179.121	-2.696
10-1007-...	Control	Full	747764.690	6956205.459	0.640
10-1007-...	Control	Full	747747.231	6955971.550	-1.051
HV01_UF...	Control	Full	744923.477	6944760.914	7.188
HV09_SE...	Control	Full	747892.209	6958792.345	0.657

Figura 22 – Tela para introdução dos dados dos Pontos de Controle Terrestre

4.2.4.1.3 Configuração das Fotografias Aéreas e Faixas de Vôo

As fotografias aéreas selecionadas para utilização no projeto foram: faixa de vôo 8, fotos 1,2 e 3; faixa de vôo 9, fotos 2,3,4,5,6,10 e 11 e faixa de vôo 10, fotos 2,3,4,5,6,e 7; totalizando 16 fotografias aéreas em 3 faixas de vôo. As fotografias 10 e 11 da faixa 9, por não terem conexão direta com as outras fotografias aéreas, formaram um modelo independente. Essas duas fotos são relativas ao manguezal do Saco Grande.

A nomenclatura das fotos seguiu o padrão XXYY, sendo que os valores XX representam o número da faixa de vôo, e os valores YY o número da fotografia aérea na respectiva faixa. Assim sendo, a foto 5 da faixa 9 recebeu o nome 0905.tif.

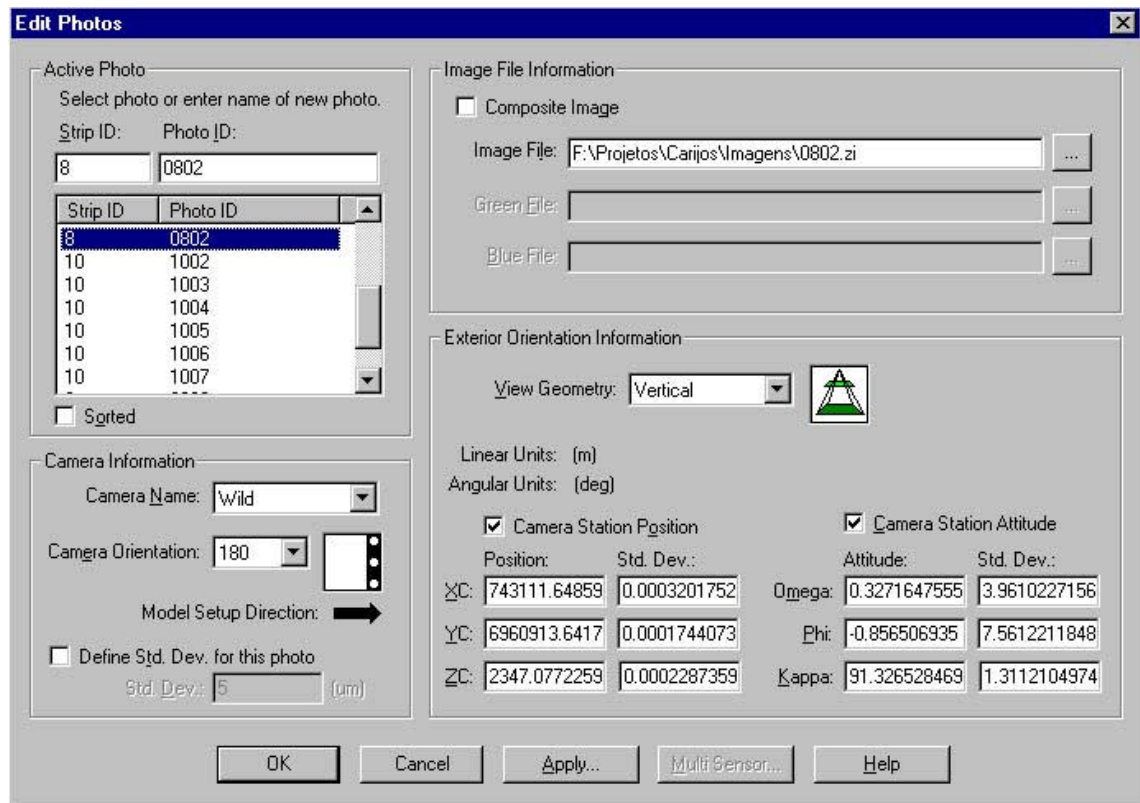


Figura 23 – Tela para configuração das fotografias aéreas no ISPM

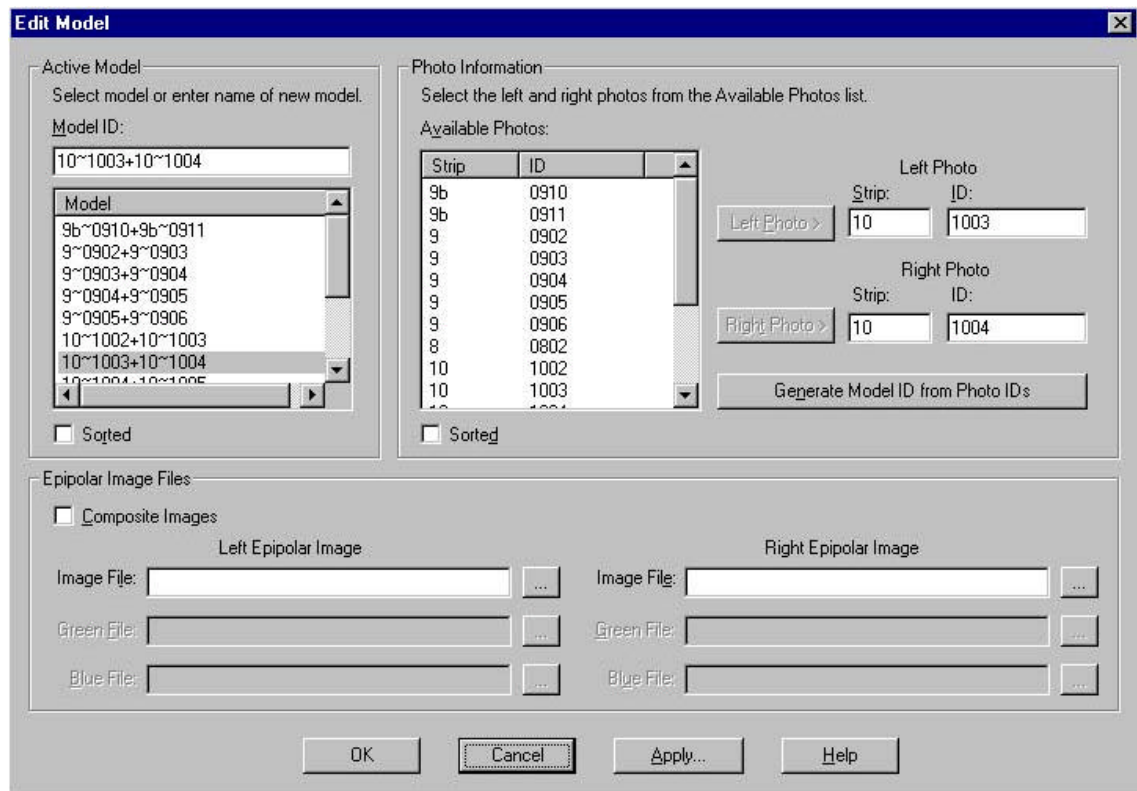


Figura 24 – Tela para configuração dos modelos estereoscópicos

Foram gerados 12 modelos estereoscópicos, como mostrados a seguir:

Modelo: 8~0801+8~0802

Foto Esquerda: 0801 Faixa: 8

Foto Direita: 0802 Faixa: 8

Modelo: 8~0802+8~0803

Foto Esquerda: 0802 Faixa: 8

Foto Direita: 0803 Faixa: 8

Modelo: 9~0902+9~0903

Foto Esquerda: 0902 Faixa: 9

Foto Direita: 0903 Faixa: 9

Modelo: 9~0903+9~0904

Foto Esquerda: 0903 Faixa: 9

Foto Direita: 0904 Faixa: 9

Modelo: 9~0904+9~0905

Foto Esquerda: 0904 Faixa: 9

Foto Direita: 0905 Faixa: 9

Modelo: 9~0905+9~0906

Foto Esquerda: 0905 Faixa: 9

Foto Direita: 0906 Faixa: 9

Modelo: 9b~0910+9b~0911

Foto Esquerda: 0910 Faixa: 9b

Foto Direita: 0911 Faixa: 9b

Modelo: 10~1002+10~1003

Foto Esquerda: 1002 Faixa: 10

Foto Direita: 1003 Faixa: 10

Modelo: 10~1003+10~1004

Foto Esquerda: 1003 Faixa: 10

Foto Direita: 1004 Faixa: 10

Modelo: 10~1004+10~1005

Foto Esquerda: 1004 Faixa: 10

Foto Direita: 1005 Faixa: 10

Modelo: 10~1005+10~1006

Foto Esquerda: 1005 Faixa: 10

Foto Direita: 1006 Faixa: 10

Modelo: 10~1006+10~1007

Foto Esquerda: 1006 Faixa: 10

Foto Direita: 1007 Faixa: 10

4.2.4.1.4 Configurações Finais no ISPM

O módulo ISPM, como gerenciador do projeto de fotogrametria no SSK Pro ainda oferece outras ferramentas para o acompanhamento e checagem do projeto. As duas ferramentas que se destacam são o *Project Reviewer* e o *Footprint Viewer*.

O *Project Reviewer* funciona como um acesso rápido às informações do que foi realizado no projeto até então, mostrando quadros com uma listagem das fotografias, dos modelos estereoscópicos, da câmera e dos pontos utilizados no projeto.

The screenshot displays the Project Reviewer software interface. On the left, there is a sidebar with project statistics and point information. The main area is divided into four panels, each containing a table of data.

Project Reviewer - Percent Complete:

- Interest: 100.0
- Relative: 100.0
- Absolute: 100.0
- Photo with ED: 100.0
- Photo with Given ED: 100.0
- Models Resampled: 0.0

Point Information:

- > 6 Rays: 0
- 6 Rays: 7
- 5 Rays: 4
- 4 Rays: 4
- 3 Rays: 112
- 2 Rays: 303
- 1 Ray: 50
- Total Num/Rays: 1034
- Total Points: 87
- Control Points: 389
 - Full: 389
 - Planimetric: 0
 - Vertical: 0
 - Other: 0
- Check Points: 0
 - Full: 0
 - Planimetric: 0
 - Vertical: 0
 - Other: 0

Photo List (There are 16 photos):

Stn.	Photo Id	ID	Sigma	Fid.	Co.
8	0802	Y..	11.9	4	180
8	0803	Y..	17.4	4	180
8	0801	Y..	14.9	4	180
9	0902	Y..	17.5	4	0
9	0903	Y..	17.7	4	0
9	0904	Y..	15.5	4	0
9	0905	Y..	14.1	4	0
9	0906	Y..	14.9	4	0
10	1002	Y..	14.1	4	180
10	1003	Y..	16.8	4	180
10	1004	Y..	12.7	4	180
10	1005	Y..	19.2	4	180
10	1006	Y..	17.0	4	180
10	1007	Y..	9.4	4	180
Mean:			16.3		
9b	0910	Y..	25.2	4	0
9b	0911	Y..	22.4	4	0

Model List (There are 12 models):

Model Id	RD	Sigma	Px	#Pts	AO	Sigma	#	RMS	RMXZ	Gh
10**1002+10**1003	Yes	3.7	9.5	74	Yes	2.4	67	0.46	156	.00
10**1003+10**1004	Yes	3.0	8.7	56	Yes	2.7	50	0.51	155	.00
10**1004+10**1005	Yes	3.8	10.4	46	Yes	1.6	42	0.40	118	.00
10**1005+10**1006	Yes	3.7	9.5	95	Yes	2.1	81	0.43	132	.00
10**1006+10**1007	Yes	3.7	10.5	65	Yes	1.9	57	0.34	313	.00
8**0801+8**0802	Yes	4.2	14.5	26	Yes	16.2	26	1.84	746	.00
8**0802+8**0803	Yes	2.6	9.0	23	Yes	12.4	23	1.38	189	.00
9**0902+9**0903	Yes	7.2	37.5	41	Yes	11.2	41	1.90	380	.00
9**0903+9**0904	Yes	5.1	12.9	31	Yes	21.5	31	2.95	462	.00
9**0904+9**0905	Yes	6.1	22.7	53	Yes	16.1	53	1.98	432	.00
9**0905+9**0906	Yes	5.4	16.0	27	Yes	7.6	27	1.30	152	.00
9b**0910+9b**0911	Yes	5.3	15.7	10	Yes	11.0	4	1.73	011	.00
Mean:		4.5	14.7	46		8.9	42	1.28	272	.00

Camera List (There are 1 cameras):

#...	Focal	IO Req'd	Type	S
4	152.528	Yes	Scanned	F

Point List (There are 476 points):

Point Id	Type	Class	# Ra...	Given X	Given Y	Given Z	Std Dev X	Std Dev Y	S
9b-0911-200	Pass		2						
9b-0911-300	Pass		2						
HV01_UFSC	Control	XYZ	0	744923.477	6944760.9...	7.188	.1	.1	
HV02_MOVE	Control	XYZ	3	746664.431	6956561.0...	3.031	.1	.1	
HV03_IMB1	Control	XYZ	2	744730.914	6961585.5...	1.143	.1	.1	
HV04_BSB3	Control	XYZ	4	744875.86	6958971.2...	.933	.1	.1	
HV05_HIPC	Control	XYZ	2	746321.018	6951168.4...	2.006	.1	.1	
HV06_HOTL	Control	XYZ	2	745723.437	6949709.7...	18.938	.1	.1	
HV07_MSBO	Control	XYZ	3	745140.525	6957496.1...	11.62	.1	.1	
HV08_POTA	Control	XYZ	3	743115.784	6961105.27	1.378	.1	.1	
HV09_SEDE	Control	XYZ	0	747892.209	6958792.3...	.657	.1	.1	
HV10_SESC	Control	XYZ	2	744990.732	6951057.33	28.188	.1	.1	
HV11_PAZ	Control	XYZ	2	746584.107	6949590.8...	3.915	.1	.1	

Figura 25 – Tela do Project Reviewer

O *Footprint Viewer* oferece uma visualização da disposição das fotografias e dos modelos estereoscópicos, bem como dos pontos utilizados no projeto. Também mostra no lado direito da tela a fotografia digital original selecionada no mosaico exibido na tela da esquerda. Na tela do canto inferior esquerdo, são exibidas as informações da fotografia selecionada, bem como do(s) modelo(s) a que a mesma pertence(m).

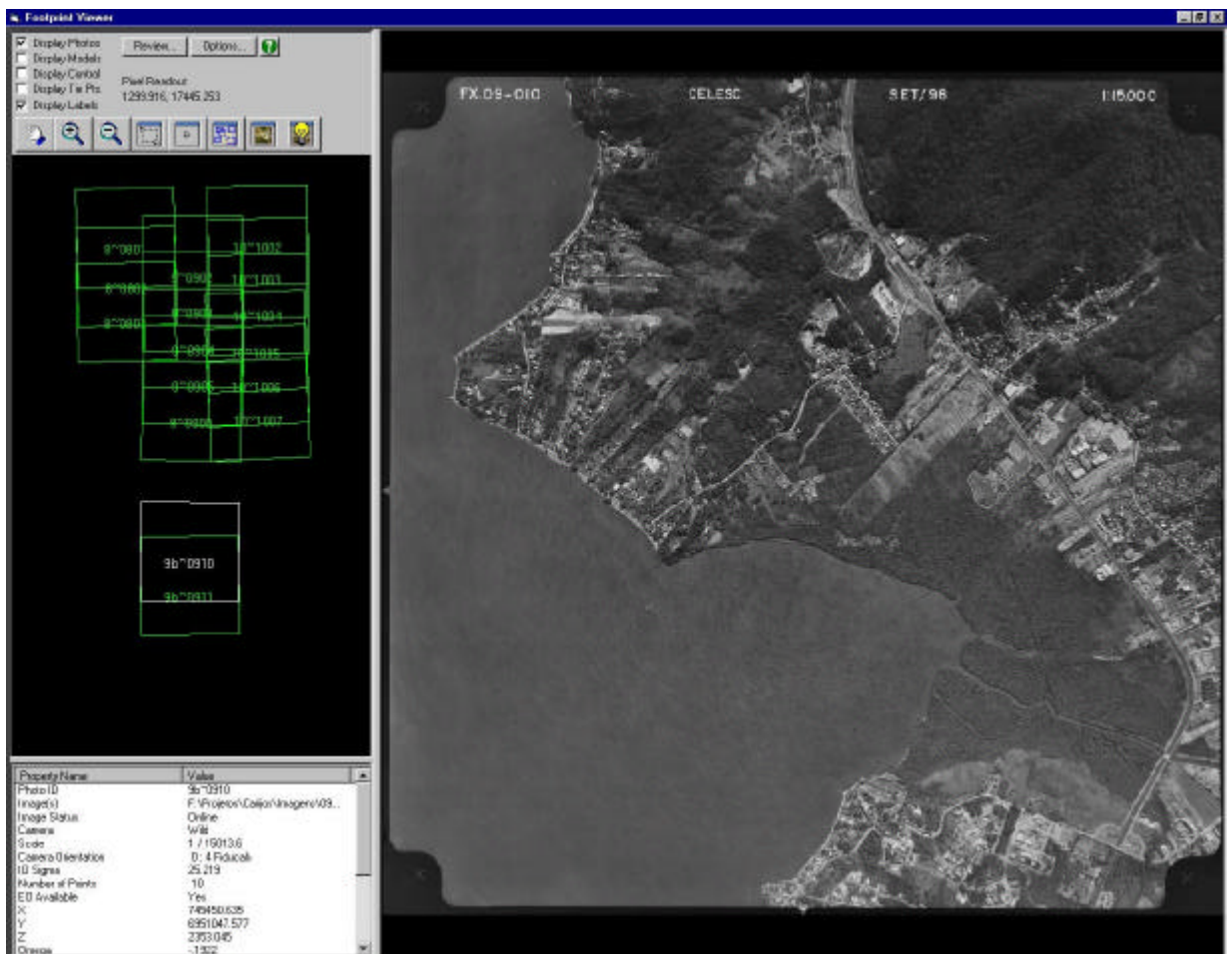


Figura 26 – Tela do Footprint Viewer

4.2.4.2 *ImageStation Digital Mensuration (ISDM)*

O módulo ImageStation Digital Mensuration permite a execução da Orientação Interior, Orientação Exterior (Relativa e Absoluta), bem como a Aerotriangulação final.

4.2.4.2.1 *Orientação Interior*

Segundo ANDRADE (1998), a orientação interior é a operação de recuperação da posição da fotografia em relação à câmera no momento da tomada da foto, permitindo a reconstrução do feixe perspectivo que gerou as fotografias.

Esse processo foi executado no ISDM através do comando *Orientations* -> *Interior*, conforme mostrado na Figura 31.

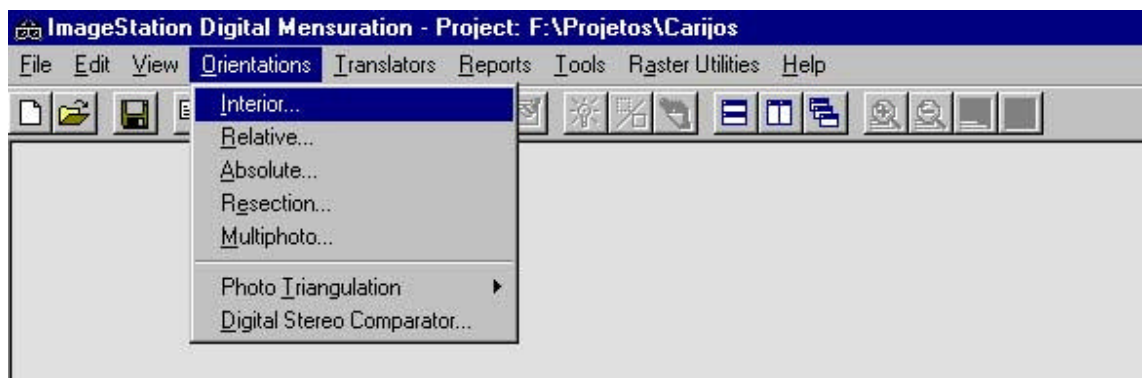


Figura 27 – Tela do ISDM para a orientação Interior.

Foi ativada a tela para a seleção das fotografias que se deseja realizar a orientação interior.

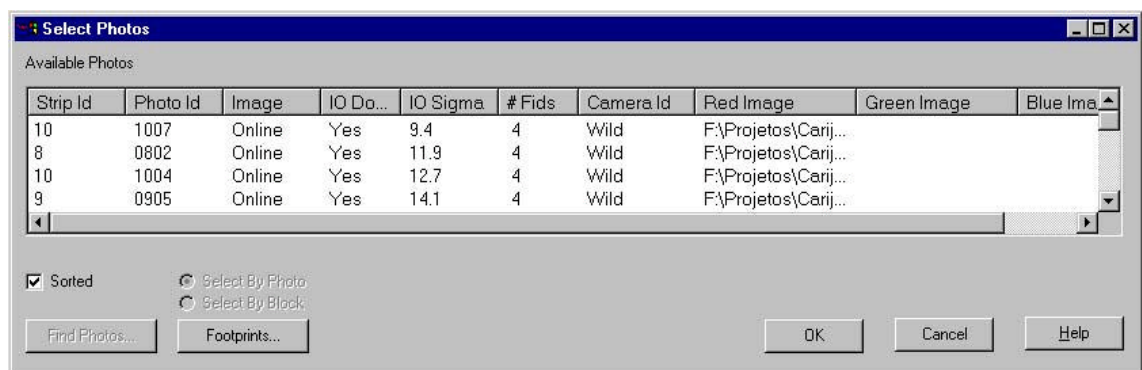


Figura 28 – Tela do ISDM para a seleção das fotografias aéreas.

Após a seleção das fotografias foi ativada a tela da orientação interior propriamente dita, onde se tem diferentes janelas com diferentes níveis de zoom, possibilitando a identificação e medição das marcas fiduciais, conforme mostra a figura 33.

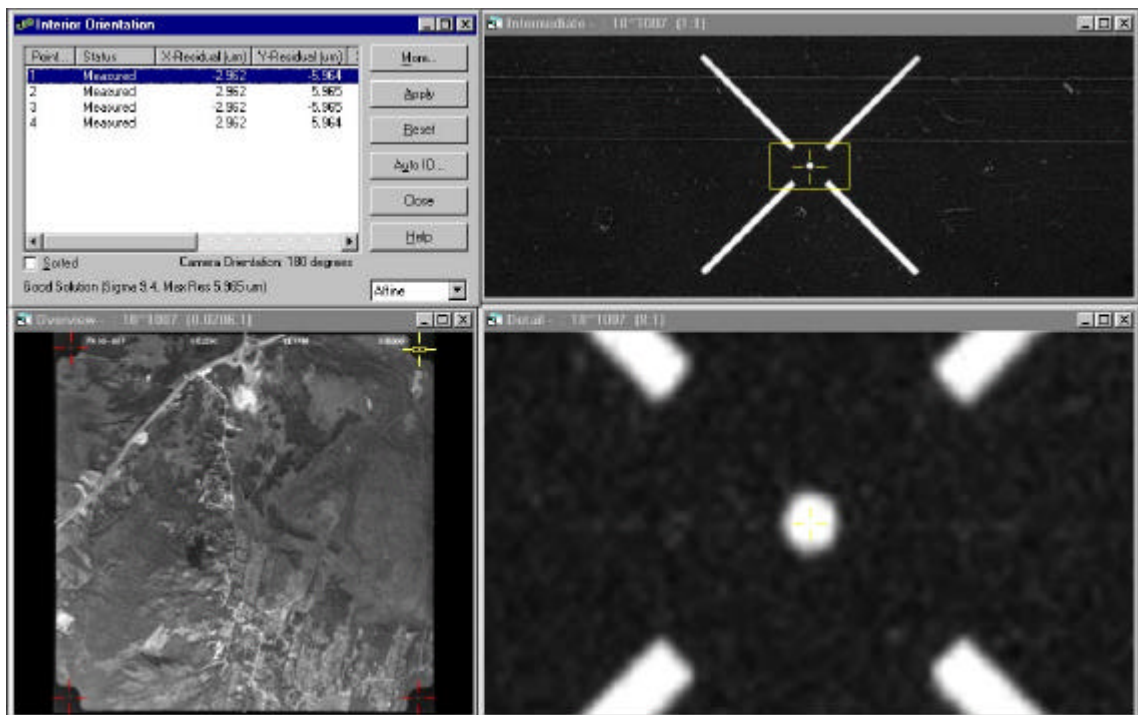


Figura 29 – Tela do ISDM para a realização da orientação interior.

No processo da orientação interior, foram medidas as quatro marcas fiduciais de cada fotografia aérea, verificando-se os resíduos, e fornecendo assim dados necessários para o processamento completo da orientação interior.

O ISDM também oferece a opção de realizar a orientação interior de forma automática. Para tanto, é necessário realizar-se a orientação interior em uma primeira fotografia de forma manual, e estabelecê-la como modelo (*template*), e então as outras são realizadas de forma totalmente automática, agilizando bastante o trabalho.

4.2.4.2.2 Orientação Exterior

A orientação exterior consiste em se determinar a posição e atitude das fotografias aéreas. É dividida em Orientação Relativa e Absoluta.

4.2.4.2.3 Orientação Relativa

Da orientação relativa resulta o conhecimento da posição e atitude do par de fotografias entre si, não levando em consideração ainda o referencial terrestre.

No ISDM, a orientação relativa foi realizada através do comando *Orientations -> Interior*, como mostra a Figura 34.

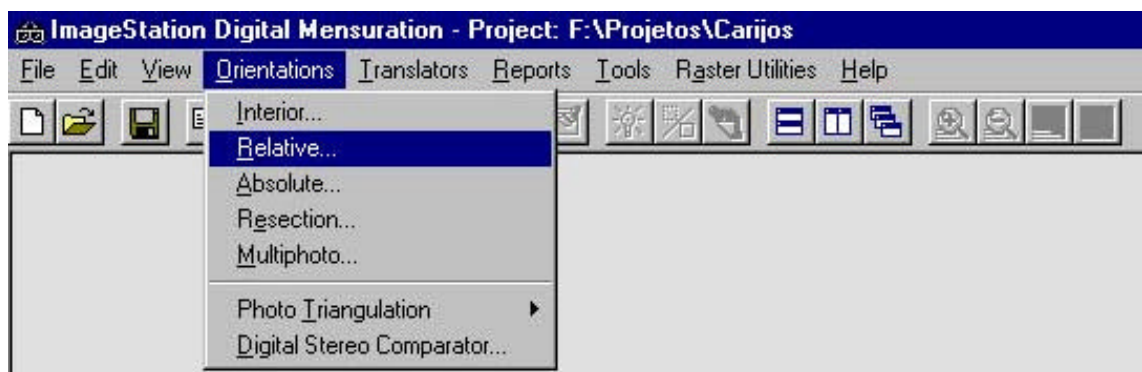


Figura 30 – Tela do ISDM para a orientação relativa.

Foi ativada a tela para a seleção dos modelos estereoscópicos a serem orientados, conforme a Figura 35.

Model Id	Left Image	Right Image	RO Sigma	AO Sigma	Left IO Sigma	Right IO
10~1002+10~1003	Online	Online	3.7	2.4	14.1	16.8
10~1003+10~1004	Online	Online	3.0	2.7	16.8	12.7
10~1004+10~1005	Online	Online	3.8	1.6	12.7	19.2
10~1005+10~1006	Online	Online	3.7	2.1	19.2	17.0
10~1006+10~1007	Online	Online	3.7	1.9	17.0	9.4
8~0801+8~0802	Online	Online	4.2	16.2	14.9	11.9
8~0802+8~0803	Online	Online	2.6	12.4	11.9	17.4
9~0902+9~0903	Online	Online	7.2	11.2	17.5	17.7
9~0903+9~0904	Online	Online	5.1	21.5	17.7	15.5
9~0904+9~0905	Online	Online	6.1	16.1	15.5	14.1
9~0905+9~0906	Online	Online	5.4	7.6	14.1	14.8
9b~0910+9b~0911	Online	Online	5.3	11.0	25.2	22.4

Sorted

OK Cancel Edit Models... Help

Figura 31 – Tela do ISDM para a seleção dos modelos estereoscópicos.

O ISDM permitiu a identificação automática dos pontos de passagem (*tie points*), que nesse caso foram calculados uma média de 300 pontos.

O software definiu automaticamente as regiões onde os pontos de passagem são identificados, de maneira a coincidir com a localização dos pontos de Von Grüber⁷.

Essa abundância de pontos permitiu que posteriormente fossem verificados os resíduos de cada um deles, e eliminados os considerados acima dos valores aceitáveis.

A Figura 36 mostra a execução da orientação relativa do modelo estereoscópico 1001.

⁷ Pontos de Von Gruber: pontos próximos aos pontos principais e aos vértices dos quadrados justapostos a linha de base e com lados de comprimento igual ao da base (ANDRADE, 1998).

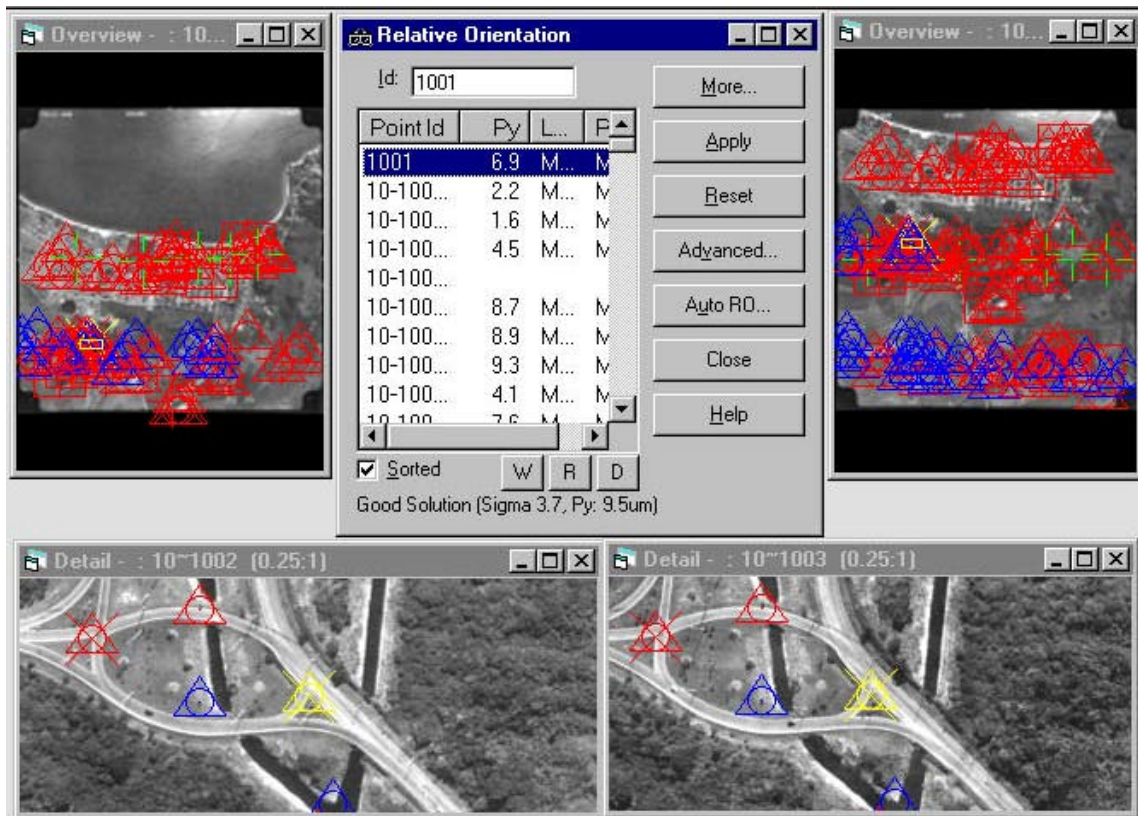


Figura 32 – Tela para execução da orientação relativa do modelo estereoscópico.

Detalhe: Trevo de acesso à Daniela/Jurerê

4.2.4.2.3 Orientação Absoluta

ANDRADE (1998) afirma que a orientação absoluta consiste num conjunto de operações necessárias para colocar o modelo estereoscópico em posição, escala e atitude corretos em relação ao referencial adotado.

Através da orientação absoluta, é introduzida uma escala correta no modelo estereoscópico, fazendo também o nivelamento do mesmo. LOCH (1994)

No ISDM através do comando *Orientations -> Absolute*, foi realizada a orientação absoluta.

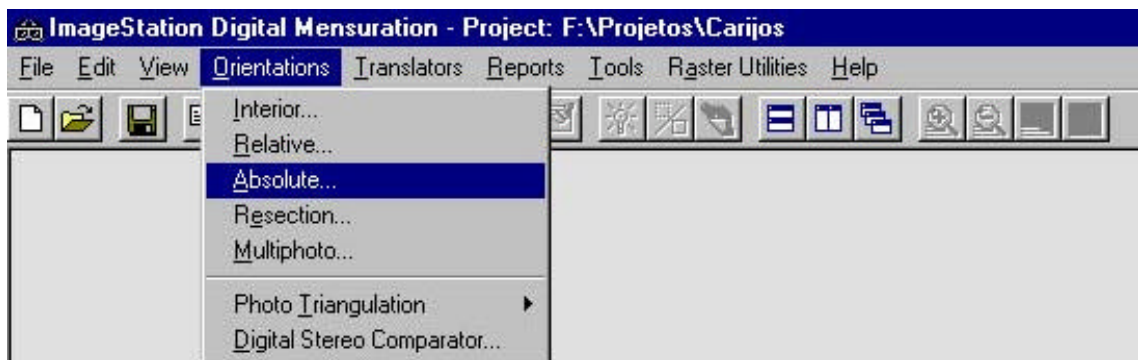


Figura 33 – Tela do ISDM para a orientação absoluta.

Foi acionada a tela para a seleção dos modelos estereoscópicos.

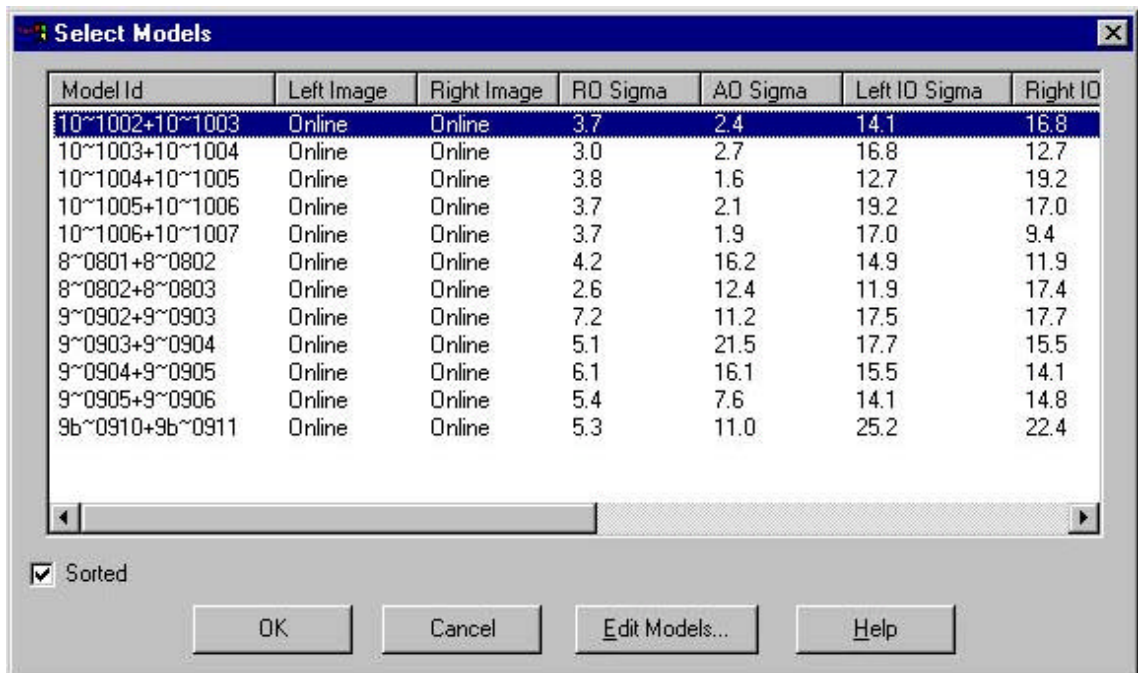


Figura 34 – Tela do ISDM para a seleção dos modelos estereoscópicos.

Na etapa da orientação absoluta, os pontos de controle terrestre previamente levantados e introduzidos no projeto foram utilizados afim de determinar o relacionamento dos modelos estereoscópicos e as coordenadas de terreno.

Foram utilizados 10 pontos de controle na orientação absoluta, como descritos na Tabela 04 abaixo.

Tabela 04 – Pontos de Controle Terrestre utilizados na orientação absoluta
(UTM – SAD 69)

Número Ponto	Descrição Ponto	E (m)	N (m)	Elevação (m)
HV 02	RN 2006 J	746664.431	6956561.097	3.031
HV 03	Imobiliária Daniela	744730.914	6961585.595	1.143
HV 04	Barra Sambaqui	744875.860	6958971.249	0.933
HV 05	Hípica	746321.018	6951168.448	2.006
HV 06	Hotel	745723.437	6949709.708	18.938
HV 07	Mercearia Sambaqui	745140.525	6957496.109	11.620
HV 08	Ponta Daniela	743115.784	6961105.270	1.378
HV 09	ESEC Carijós	747892.209	6958792.345	0.657
HV 10	SESC	744990.732	6951057.330	28.188
HV 11	Cemitério Jd. Paz	746584.107	6949590.899	3.915

A distribuição dos pontos de controle terrestre no bloco de fotografias aéreas foi planejada de modo a fornecer uma boa geometria para o processamento na orientação absoluta para todo o bloco.

A Figura 39 mostra a tela onde foi realizada a orientação absoluta.

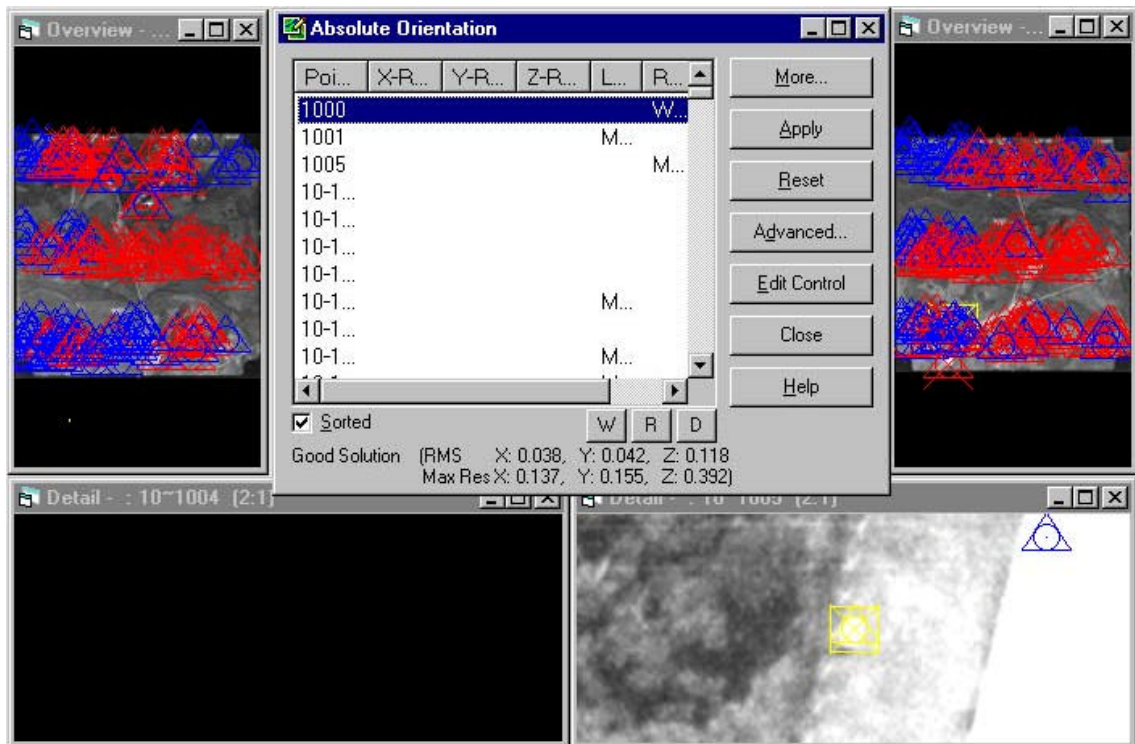


Figura 35 – Tela do ISDM para a execução da orientação absoluta.

Point...	St...	Type	X-Re...	Y-Re...	Z-Re...	X-Adjusted	Y-Adjusted	Z-Adj
10-10...	M...	Co...	-0.018	0.000	0.017	749504.077	6959881.749	1.3
10-10...	M...	Co...	-0.009	0.002	0.003	749322.325	6959784.160	11.9
10-10...	M...	Co...	-0.013	-0.002	0.032	749049.627	6960025.501	2.4
10-10...	M...	Co...	-0.004	0.002	0.008	748913.858	6959833.107	1.8
10-10...	M...	Co...	-0.001	0.052	-0.086	748435.744	6960076.928	9.6
10-10...	M...	Co...	-0.002	0.000	0.024	748500.559	6959995.600	4.5
10-10...	M...	Co...	0.053	0.049	-0.095	748631.681	6960010.330	3.0
10-10...	M...	Co...	-0.001	0.002	0.012	748627.979	6959885.645	3.7
10-10...	M...	Co...	-0.020	-0.072	0.229	748690.063	6959827.045	3.9
10-10...	M...	Co...	0.003	-0.001	0.035	748059.743	6960095.191	8.8
10-10...	M...	Co...	0.015	-0.031	0.106	748042.766	6959891.415	4.4
10-10...	M...	Co...	-0.013	-0.015	0.061	747850.727	6959890.727	4.4
10-10...	M...	Co...	-0.010	0.024	-0.021	747874.922	6960084.109	4.1
10-10...	M...	Co...	0.005	0.003	0.010	747987.166	6959902.963	4.2
10-10...	M...	Co...	0.005	0.004	-0.008	747946.714	6959737.262	5.7
10-10...	M...	Co...	0.005	0.005	0.000	747522.216	6959840.547	10.3
10-10...	M...	Co...	0.007	0.002	0.026	747546.251	6960056.650	11.1

Parameter	Left Photo	Right Photo
XC	747867.832	747871.869
YC	6959931.043	6958625.913
ZC	2362.643	2357.949
Omega	-0.205	-0.536
Phi	-0.401	1.107
Kappa	91.234	92.544

RMS	X	Y	Z	XY
Control:	0.038	0.042	0.118	0.040
Check:	0.000	0.000	0.000	0.000
Limits:	0.900	0.900	0.900	

Figura 36 – Tela do ISDM com resultados da orientação absoluta.

4.2.4.2.5 Aerotriangulação

A aerotriangulação do bloco de fotografias aéreas foi realizada no ISDM através dos comandos *Orientations -> Multifoto e Orientations -> Photo Triangulation*.

O comando **Multifoto** foi utilizado para a medição de pontos de passagem (*tie points*) entre as faixas de voo. Esse trabalho foi iniciado manualmente medindo-se pelo menos um ponto comum à duas faixas em quantas fotografias aéreas fossem os mesmos identificáveis. Então, com base nesse primeiro ponto medido manualmente, o software buscou outros pontos vizinhos automaticamente.

A figura 41 mostra a janela pra seleção das faixas e fotografias aéreas.

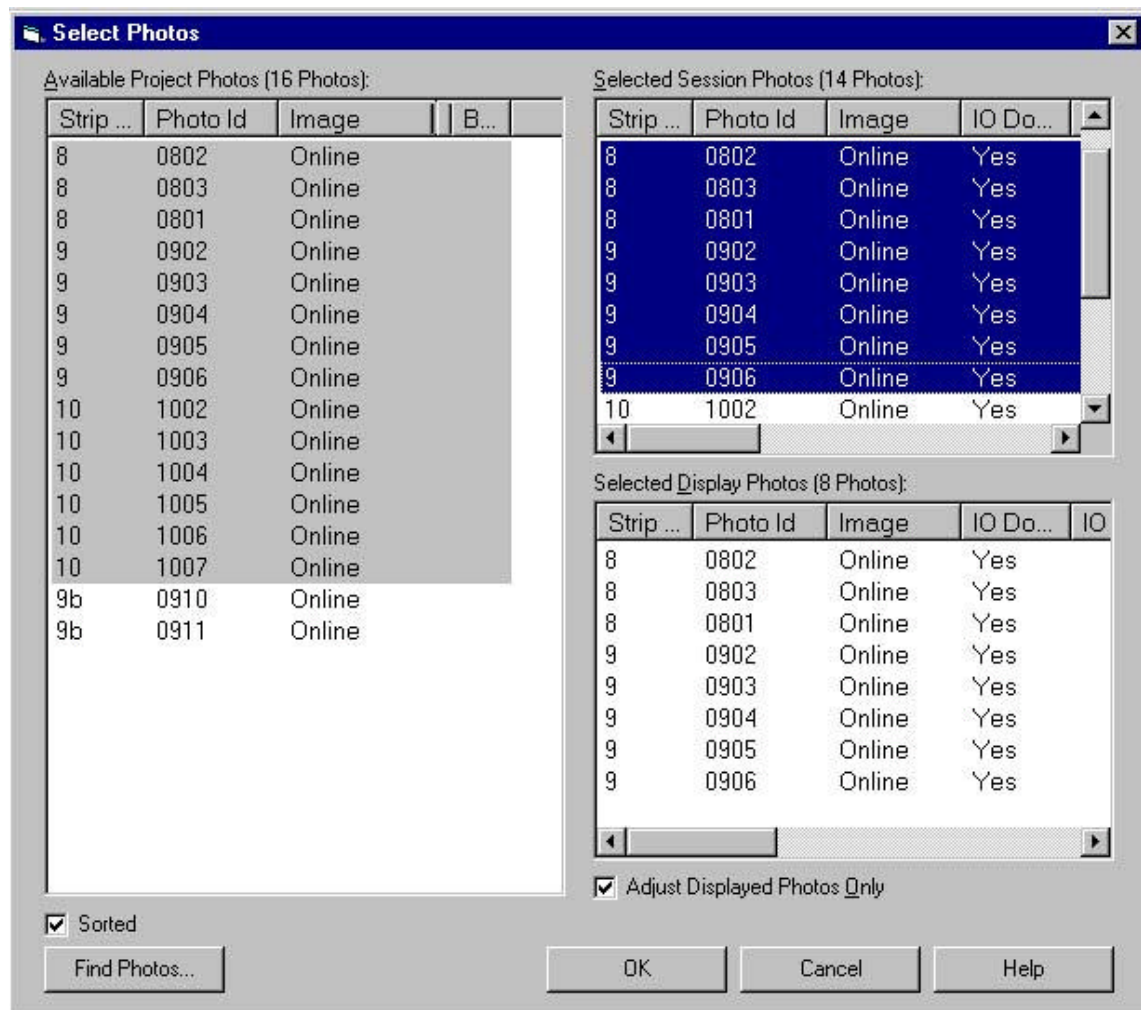


Figura 37 – Tela para seleção das faixas e fotografias aéreas - Multifoto.

No módulo **Photo Triangulation** foi possível, após o ajustamento das faixas realizados no **Multifoto**, fazer o ajuste de todo o bloco de fotografias aéreas, nas 3 faixas de vôo que compunham o projeto Carijós.

O relatório estatístico da aerotriangulação pode ser acompanhado através da tela *Photo Triangulation Results*, mostrada na Figura 42.

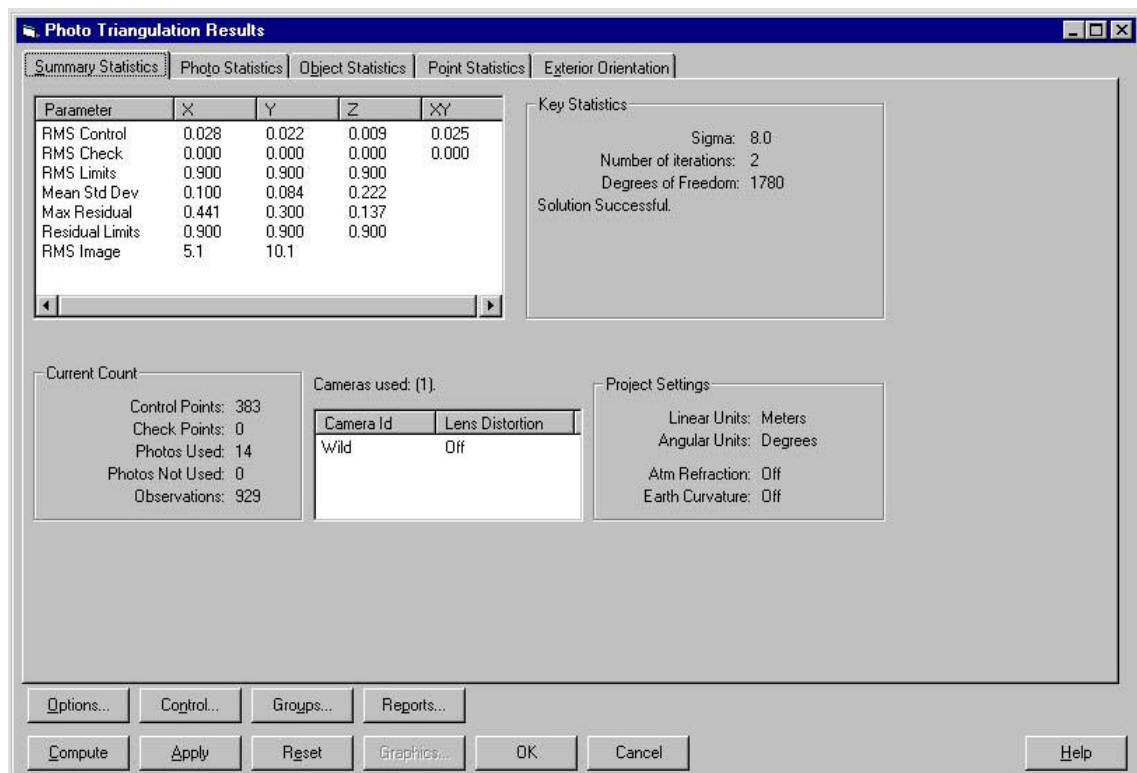


Figura 38 – Tela com o relatório da aerotriangulação.

O relatório completo gerado pelo ImageStation encontra-se no Anexo V.

4.2.4.4 ImageStation Stereo Display (ISSD) e ImageStation Feature Collection (ISFC)

O módulo ImageStation Stereo Display oferece o ambiente para a execução da restituição, por meio de ferramentas que definem feições, permitem a digitalização tridimensional e edição.

O ISSD trabalha em conjunto com o ImageStation Feature Collection, utilizando os modelos fotogramétricos gerados no ImageStation Digital Mensuration.

O módulo é acessado ao abrir o ISSD, identificando-se o projeto, o modelo estereoscópico a ser utilizado e o arquivo vetorial, conforme figura 43.

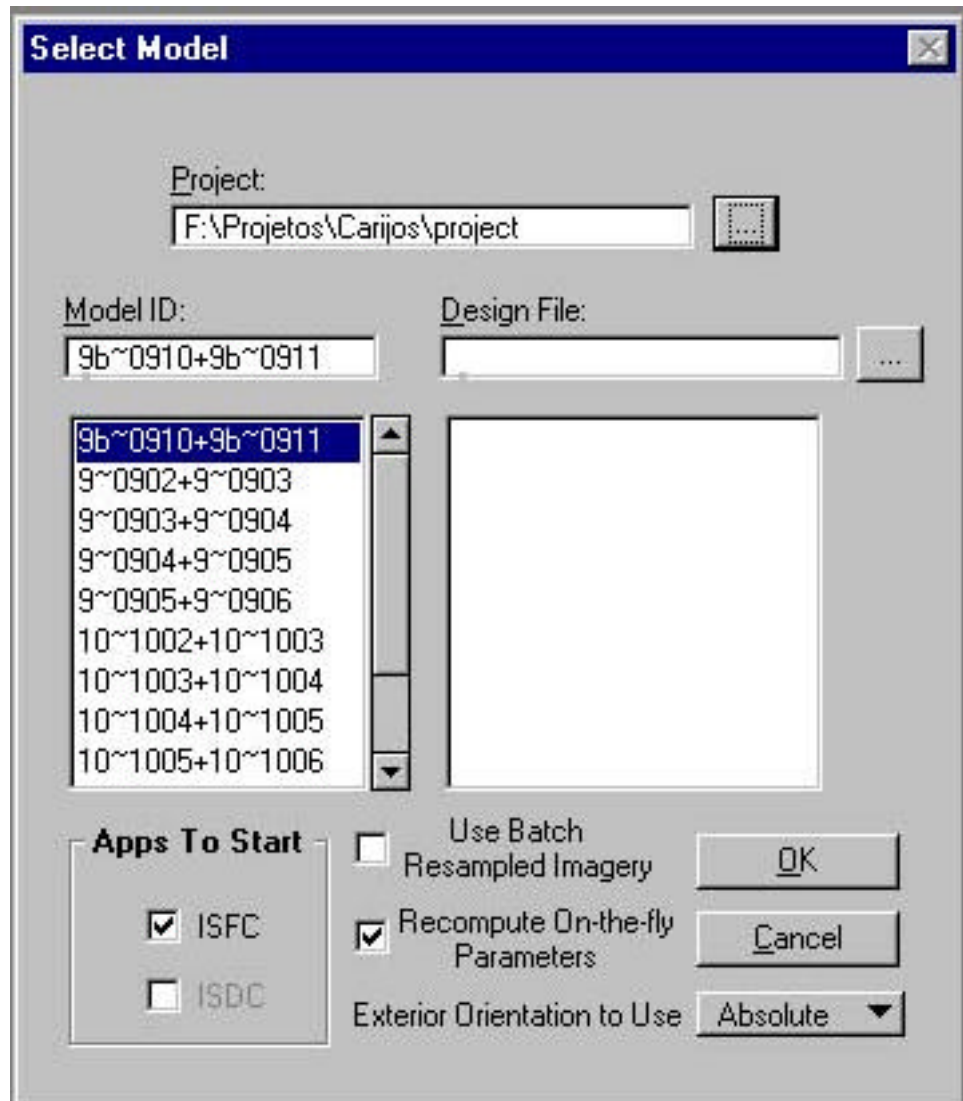


Figura 39 – Tela inicial do ISSD.

O programa foi iniciado, mostrando o modelo selecionado, e sendo realizado o trabalho de restituição.

O ambiente de trabalho do ISSD é mostrado na Figura 44.

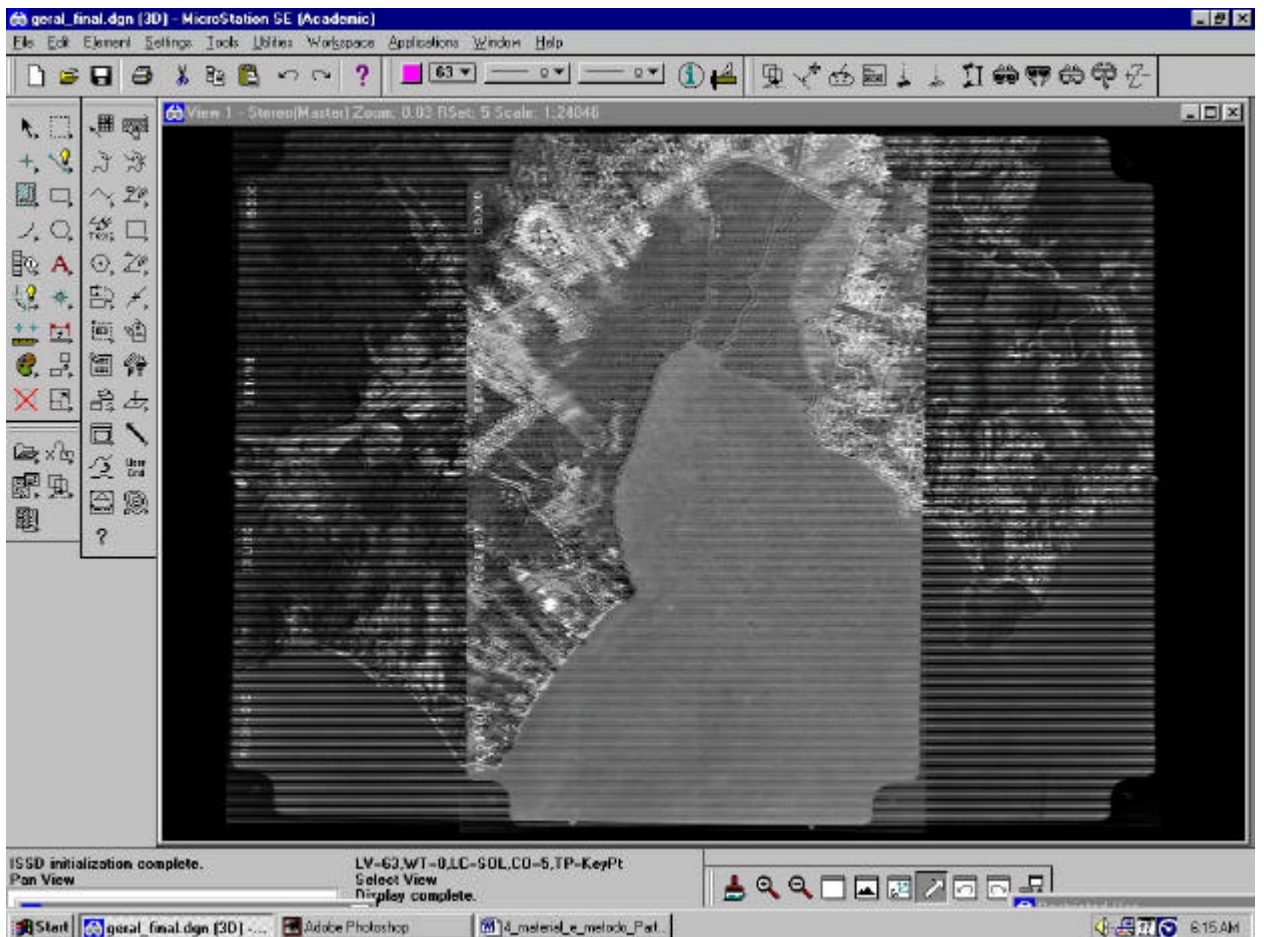


Figura 40 – Ambiente de trabalho no ISSD.

O ISSD funciona em conjunto com o software CAD Microstation, gerando assim arquivos vetoriais em formato DGN, podendo ser exportado em diversos outros formatos de intercâmbio.

Foi realizado também um trabalho de reambulação, que consistiu em visitas ao local para checagem dos resultados da fotointerpretação e esclarecimento de dúvidas em áreas específicas.

4.2.5 Utilização da Série Histórica de Fotografias Aéreas

Com o objetivo de definir a consistência para a delimitação da unidade de conservação, optou-se além da utilização das imagens de 1998 digitalizadas em alta resolução, utilizar também a série histórica das fotografias aéreas disponíveis da área de estudo.

A série histórica tem um grande valor no que tange a interpretação ocupacional do solo bem como a definição dos limites da unidade de conservação visando o registro imobiliário.

Desta maneira, foi possível o acesso às cópias em papel das fotografias aéreas dos vôos de 1938 (escala nominal de vôo 1:20.000), 1969 (escala nominal de vôo 1:10.000), 1978 (escala nominal de vôo 1:25.000) e 1980 (escala nominal de vôo 1:15.000). As fotografias são todas pancromáticas (preto e branco).

Devido a dificuldade de acesso aos originais (diafilmes) das respectivas fotografias, não foi possível digitalizá-las com alta resolução (como foi feito com as fotografias do vôo de 1998), e optou-se então por digitalizá-las do papel em scanner com resolução de 600 dpi (pontos por polegada).

As fotografias foram georreferenciadas com base na retificação feita nas fotografias aéreas do vôo de 1998, e assim foi possível interpretar os limites do mangue nessas datas. Os resultados dessa etapa são apresentados no capítulo seguinte.

5. ANÁLISE E RESULTADOS

5.1 Digitalização dos Originais Fotogramétricos

As imagens utilizadas na fotogrametria digital requerem resoluções espaciais altas. Os resultados obtidos por pesquisadores mostram que as resoluções de 20 μ m a 30 μ m geralmente suprem as exigências de exatidão e precisão finais dos produtos cartográficos resultantes.

Neste trabalho, escolheu-se trabalhar com imagens digitalizadas em 14 μ m devido ao fato de a escala de vôo ser de 1:15000 e também por serem as mesmas em preto e branco.

Cada fotografia aérea gerou um arquivo de cerca de 270 Mb, e proporcionou uma ótima definição para visualização no sistema ImageStation.

O scanner SCAI utilizado na etapa de digitalização é hoje o que oferece os melhores resultados, e a ótima qualidade das imagens digitalizadas foi comprovada durante a utilização das mesmas no ImageStation.

A fotointerpretação realizada em fotografias aéreas impressas em papel fica limitada pela escala de vôo. Com a utilização das fotografias aéreas digitalizadas em alta resolução (14 μ m) a capacidade de identificação é melhorada de maneira expressiva. A figura 41 mostra a fotografia aérea impressa em tamanho 23 x 23 cm e a possibilidade de *zoom* na imagem digitalizada com 14 μ m.

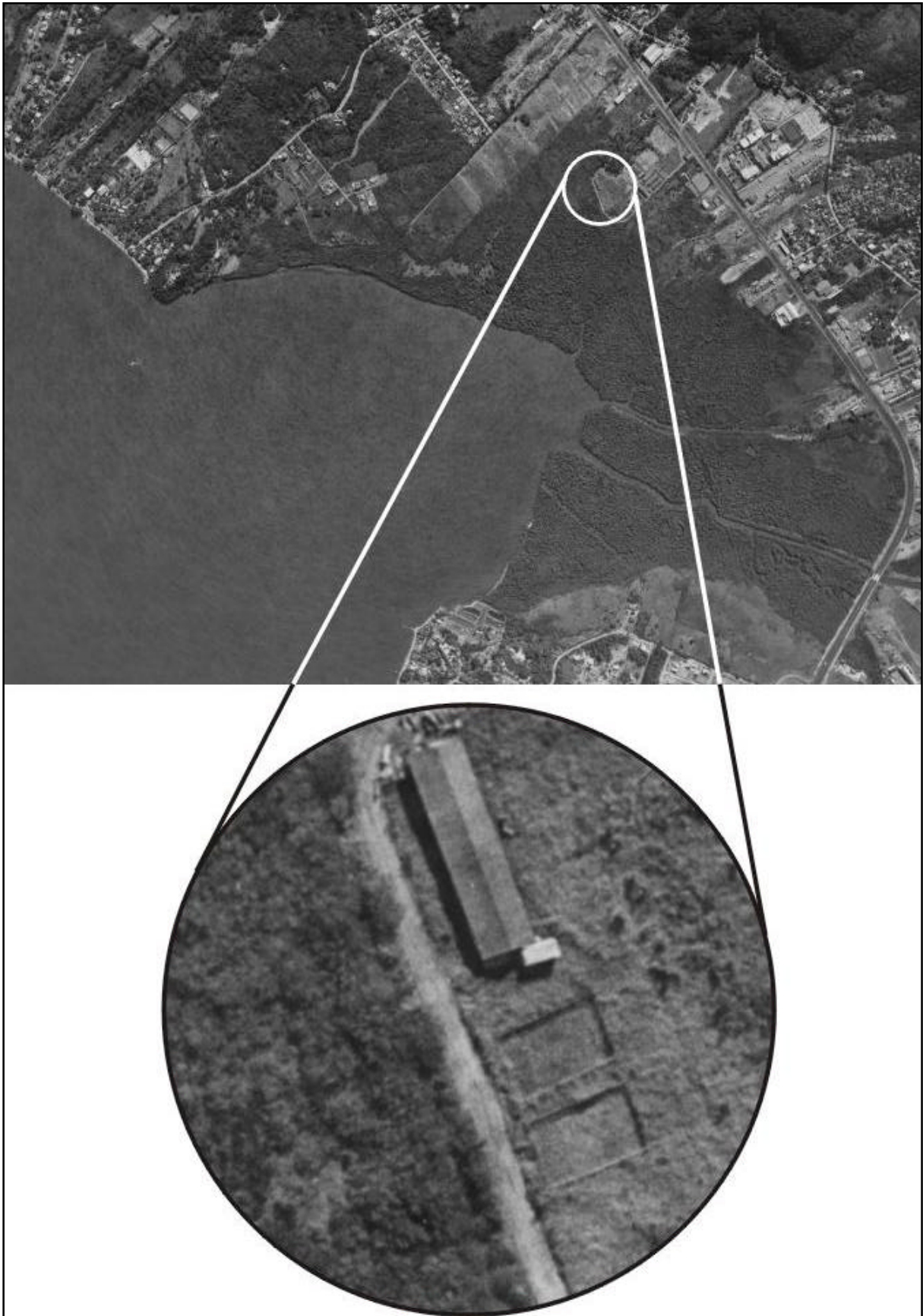


Figura 41 – Possibilidade de zoom na imagem digitalizada com 14 μm

5.2 Levantamento dos Pontos de Controle Terrestre

Os pontos de controle terrestre permitem a materialização do referencial cartográfico com que se irá trabalhar.

O planejamento prévio da localização dos pontos de controle e sua distribuição no bloco de fotografias aéreas é uma etapa importante no trabalho, pois os resultados da aerotriangulação podem ser muito influenciados pela boa ou má distribuição dos mesmos. A posterior utilização dos 10 pontos de controle no processo de aerotriangulação mostrou que a distribuição dos mesmos no bloco de fotografias aéreas foi satisfatória.

Os pontos de controle terrestre utilizados não foram materializados, sendo escolhidos em elementos como cantos de muro, e cercas, possibilitando assim uma ótima identificação dos mesmos nas fotografias aéreas.

O equipamento utilizado para o rastreo (receptores Ashtech Promark2) ofereceu grande agilidade para a execução dos trabalhos, e assim, foi possível realizar o levantamento de todos os pontos durante um dia.

O tempo médio de ocupação em cada ponto foi de uma hora, possibilitando a coleta de dados necessários para o pós-processamento no software Ashtech Solutions. Vale ressaltar que o receptor utilizado informa ao usuário quando há dados coletados suficientes para processar o ajustamento, mostrando na tela a distância da base para tal volume de dados (5, 10, 15 ou maior que 20 km).

A Tabela 05 mostra as coordenadas finais ajustadas dos pontos de controle terrestre, com o valor médio dos erros.

Tabela 05 – Coordenadas dos Pontos de Controle Terrestre resultantes após processamento do software Ashtech Soluções versão 2.5 (UTM – SAD 69)

Ponto	Coordenadas Ajustadas UTM – SAD 69			Erro Padrão (m)		
	E (m)	N (m)	Elevação (m)	X	Y	Z
HV 01	744923.477	6944760.914	7.188	0,000	0,000	0,048
HV 02	746664.431	6956561.097	3.031	0,033	0,032	0,000
HV 03	744730.914	6961585.595	1.143	0,039	0,038	0,050
HV 04	744875.860	6958971.249	0.933	0,035	0,035	0,036
HV 05	746321.018	6951168.448	2.006	0,046	0,046	0,062
HV 06	745723.437	6949709.708	18.938	0,023	0,020	0,051
HV 07	745140.525	6957496.109	11.620	0,036	0,035	0,030
HV 08	743115.784	6961105.270	1.378	0,040	0,039	0,051
HV 09	747892.209	6958792.345	0.657	0,035	0,035	0,026
HV 10	744990.732	6951057.330	28.188	0,045	0,045	0,061
HV 11	746584.107	6949590.899	3.915	0,024	0,022	0,050
Valor médio dos erros				0,032	0,032	0,042

São apresentados no Anexo VI os pontos de controle com detalhes de descrição e localização.

Foi realizado também o trabalho de análise da poligonal definida pelo Decreto Federal Nº 94.656 de 20 de julho de 1987 que criou a ESEC Carijós. Ao analisar-se o texto do Decreto que define a poligonal dos limites da área do Mangue do Saco Grande, percebeu-se inúmeras inconsistências na descrição e omissão de dados importantes.

Essas inconsistências foram identificadas, e corrigidas. Algumas delas são apresentadas a seguir:

“...até o marco n.º 321, cravado à margem esquerda da SC-401; seguindo por esta, **numa distância de 580,00m, rumo NE** até o marco n.º 326, também cravado à margem esquerda da SC-401; daí segue...”

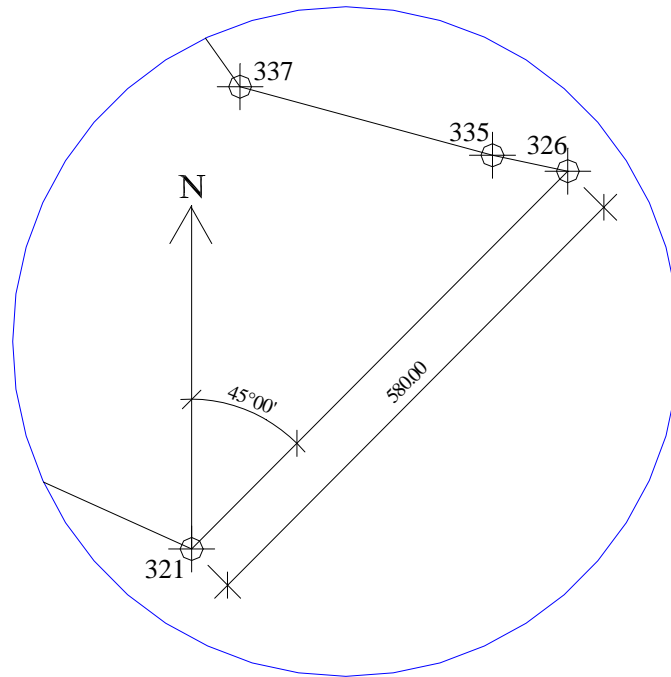


Figura 42 – Trecho entre os pontos 321 e 326, segundo o decreto.

No trecho do decreto descrito acima se percebe que não há coerência, pois são fornecidos a distância entre os pontos 321 e 326, e o quadrante que se encontra o alinhamento entre os pontos, mas porém é omitida a informação quanto ao valor do ângulo horizontal. Constatou-se através de consulta à caderneta de campo do levantamento, que possivelmente o rumo NE indica que o ângulo é nordeste e portanto $45^{\circ} 00' \text{ NE}$.

“... até o marco n.º 326, também cravado à margem esquerda da SC-401; daí por linha seca com distância de 84,00m, rumo **78°10'NW**, até o marco n.º 335;...”

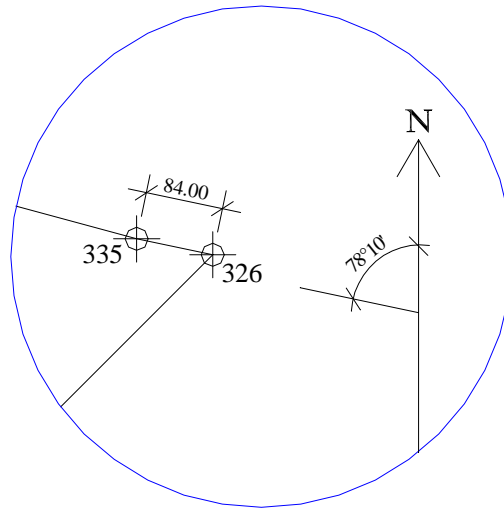


Figura 43 – Trecho entre os pontos 326 e 335, conforme o Decreto.

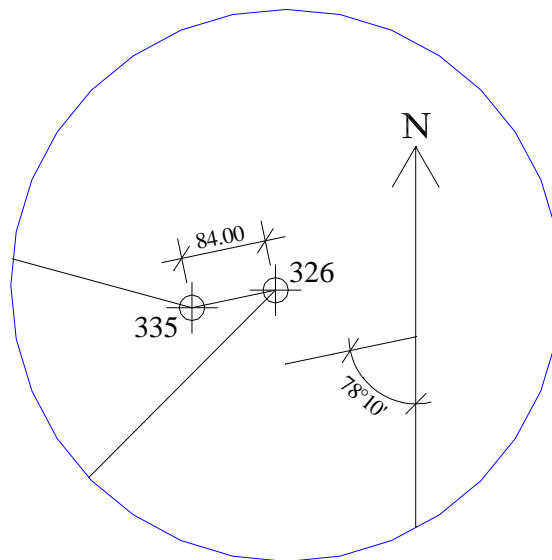


Figura 44 – Trecho entre os pontos 326 e 335, segundo o Planta de Demarcação da Estação Ecológica.

Conforme apresentado nas figuras 47 e 48 existe um erro de caráter técnico, pois o ângulo horizontal em quadrante, descrito no decreto entre os marcos 326 e 335, fornece um alinhamento diferente com o que é apresentado na “Planta da Demarcação da Área da Estação Ecológica” (em ANEXO II).

Assim a princípio a descrição correta, de acordo com o ângulo horizontal em quadrante apresentado na planta, deverá ser o rumo $78^{\circ}10'SW$.

“...até o ponto n.º 466, cravado à margem da Baía Norte; deste ponto segue **acompanhando os recortes dos limites do mangue com a Baía Norte, rumo SE, e por distância de aproximadamente 1.720,00m**, até encontrar o ponto 0=PP, descrito no início...” Esse trecho também mostra a vulnerabilidade da descrição utilizada no decreto.

Após a análise e correção das incoerências detectadas, foi feita uma busca em campo por marcos originais do levantamento de 1981, e foram encontrados somente 4 deles, sendo 2 na gleba do Saco Grande, e 2 na gleba do Rio Ratonés.

5.3 Aerotriangulação e Geração dos Modelos Estereoscópicos

O sistema de fotogrametria digital ImageStation, através dos módulos específicos utilizados no trabalho (ImageStation Photogrammetric Manager, ImageStation Digital Mensuration, ImageStation Stereo Display e ImageStation Feature Collection) mostrou-se amigável e totalmente compatível com os objetivos iniciais da pesquisa, mostrando assim que a escolha do sistema foi bem sucedida.

O software ofereceu uma qualidade muito boa na visualização do modelo estereoscópico, e especificamente por terem sido os originais fotogramétricos digitalizados com a resolução de 14 micrômetros. A capacidade de identificação de detalhes de vegetação é impressionante.

A orientação interior, orientação relativa e orientação absoluta realizadas no ImageStation Digital Mensuration, mostraram resultados compatíveis com as exigências cartográficas.

Mesmo sendo o vôo na escala 1:15000 e as fotografias aéreas em preto e branco, os resultados alcançados foram muito satisfatórios.

Vale salientar que o software utilizado oferece a identificação automática de centenas de pontos de enlace (tie points), possibilitando assim uma grande economia de tempo em relação ao processo da fotogrametria analítica, onde os mesmos pontos são coletados um a um pelo operador.

Por haver uma abundância de pontos, é preciso que os erros dos mesmos sejam analisados de forma a eliminar os pontos com resíduos muito altos, de acordo com a acurácia desejada.

São apresentados no Anexo V os resultados da aerotriangulação, onde são mostradas as coordenadas finais dos pontos de enlace (tie points) e pontos de controle, com seus respectivos resíduos.

5.4 Fotointerpretação e Restituição

A etapa final do trabalho foi realizada no módulo ImageStation Stereo Display, que trabalha juntamente com o ImageStation Feature Collection, oferecendo as ferramentas necessárias para a restituição dos limites do mangue.

Por terem sido as fotografias aéreas digitalizadas com a resolução de 14 μm , a capacidade de identificação de detalhes de vegetação foi bastante evidente.

Seguem exemplos de como a digitalização em alta resolução proporcionou bons resultados relacionados à fotointerpretação.

Na figura 48 abaixo, identifica-se a ocupação antrópica na área do manguezal, onde vários ranchos de pescadores foram instalados na beira do rio.



Figura 45 – Identificação de Ocupação Antrópica no Mangue

Na Figura 50 abaixo, pode-se identificar a existência de espécies exóticas bem como da vegetação nativa característica do manguezal.



Figura 46 – Identificação de espécies exóticas

Como resultado principal, obteve-se um polígono representando os reais limites dos manguezais de Ratonés e Saco Grande. É apresentado na Figura 47 o polígono interpretado do manguezal de Saco Grande e na Figura 48, a comparação entre os limites interpretados e os limites definidos pelo decreto que criou a ESEC Carijós.

Limites do Mangue do Saco Grande - 1998



Aerofoto 1998

Escala Nominal de Vêc

1:10000

Escala 1:10.000



Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)

Dalton Luiz Lemos II
Universidade Federal de Santa Catarina
Pós-Graduação em Engenharia Civil
Área: Cadastro Técnico Multifinalitário



Figura 48

Limites do Mangue do Saco Grande - 1998



Aerofoto 1998

Escala Nominal de Voo
1:100000

Limite Interpretado

Limite Definido pelo Decreto

Escala 1:10.000



Projecção Mercator Transversal Universal (UTM)

Delton Luis Lemos II
Universidade Federal de Santa Catarina
Pós-Graduação em Engenharia Civil
Área de Concentração Técnico-Administrativo

5.5 Definição da Consistência de Dados para a Delimitação de Unidades de Conservação Utilizando Séries Históricas

5.5.1 Importância da Qualidade Cartográfica para a Definição dos Limites

Visando o Registro Imobiliário

O trabalho foi realizado na estação fotogramétrica digital ImageStation SSK-Pro, utilizando as fotografias aéreas do voo de 1998, digitalizadas em alta resolução (14 µm), somado ao levantamento dos pontos de controle terrestre, permitiu-se retificar as fotografias aéreas e gerar os limites do manguezal com precisão e acurácia cartográfica.

Considerando que se tinha esses resultados confiáveis gerados por processo fotogramétrico de ortoretificação digital, é que foi possível correlacionar a série histórica de fotografias aéreas da mesma área, solidificando o posicionamento dos limites do manguezal.

Tendo as fotografias de 1998 retificadas, o trabalho para o georreferenciamento das fotografias dos anos anteriores foi realizado através da identificação e correlação de pontos fotoidentificáveis nas fotografias de 1998 e que também foram identificáveis nas fotografias das diferentes datas da série histórica. Considerando que as coordenadas dos pontos eram conhecidas em 1998, foi possível estabelecer o georreferenciamento dos pontos fotoidentificáveis das diferentes datas utilizadas na série histórica.

5.5.2 Valor da Série Histórica Quanto a Interpretação Ocupacional do Solo

A série histórica de fotografias aéreas utilizada para a realização desta etapa do trabalho compreendeu os anos 1938, 1969, 1978, 1980 e 1998.

O trabalho de fotointerpretação dos limites do manguezal foi realizado na seqüência cronológica da disponibilidade de fotografias aéreas, isto é, iniciando por 1938, 1969, 1978, 1980, correlacionadas às imagens retificadas de 1998.

O trabalho apresentou bons resultados, pois as imagens foram georreferenciadas utilizando pontos de controle com boa nitidez e contraste, identificáveis das fotografias do vôo de 1998 (processadas e retificadas no sistema ImageStation SSK-Pro), tendo seus homólogos também identificáveis em cada uma das fotografias da série histórica.

Na fotointerpretação foram utilizados os critérios de textura, forma e tonalidade da vegetação, o permitiu que fosse possível identificar os limites do manguezal em relação à vegetação típica de solos secos lindeiros à área, considerando-se as diferentes fotografias aéreas.

A seguir, nas figuras 49 à 53, são apresentados os resultados obtidos nesta etapa, onde foi impressa cada fotografia aérea, com os limites do manguezal interpretados. A figura 57 apresenta os limites identificados em cada data impressa simultaneamente, bem como o limite definido pelo decreto que criou a ESEC Carijós.

Limites do Mangue do Saco Grande - 1938

Figura 49



Aerofoto 1938
Escala Nominal de Voo
1:20.000

Escala 1:10.000
100 0 100 m
Projeção Monitor Transversa Universal (UTM)

Dalton Luiz Lemos II
Universidade Federal de Santa Catarina
Pós-Graduação em Engenharia Civil
Área: Cálculo Técnico Multidisciplinar





Limites do Mangue do Saco Grande - 1969



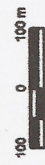
E 744800 m
N 8801200 m

Figura 50

Aerofoto 1969

Escala Nominal de Vôo
1:10.000

Escala 1:10.000



Projção Métrica Transversa Universal (UTM)

Delton Luis Lemos II
Universidade Federal de Santa Catarina
Pós-Graduação em Engenharia Civil
Área: Cálculo Técnico Multidisciplinar

Limites do Mangue do Saco Grande - 1978

Figura 51

Aerofoto 1978

Escala Nominal de Vôo
1:25.000

Escala 1:10.000



Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)

Doutor Luis Lemos II
Universidade Federal de Santa Catarina
Pós-Graduação em Engenharia Civil
Área: Cadeiro Técnico Multidisciplinar



E 744000 m
N 4691500 m

Limites do Mangue do Saco Grande - 1980



E 744000 m
N 0895100 m

Figura 52

Aerofoto 1980

Escola Nominal de Vôo
1:15.000

Escala 1:10.000

100 0 100 m

Projção Mercator Transversa Universal (UTM)

Dalton Luis Lemos II
Universidade Federal de Santa Catarina
Pós-Graduação em Engenharia Civil
Área: Cadastro Técnico Multifinalitário

E 747300 m
N 0894400 m

Figura 53

Avaliação Temporal dos Limites do Mangue do Saco Grande



6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

O objetivo geral da pesquisa foi atingido, uma vez que no trabalho foram aplicadas as técnicas de fotogrametria digital e fotointerpretação gerando informações para avaliação de unidades de conservação, e mais especificamente, mostrando os reais limites dos manguezais da Estação Ecológica de Carijós.

Constatou-se que a metodologia aplicada no caso específico da Estação Ecológica de Carijós é perfeitamente aplicável em qualquer outra unidade de conservação. Vale ressaltar que no caso de unidades com dimensões muito maiores, a utilização de imagens de satélite em escalas menores deve ser considerada. Ainda assim, a capacidade de identificação pontual fornecida pelas fotografias aéreas digitalizadas em alta resolução não deve ser descartada.

Por serem de propriedade da União, os originais fotogramétricos de vôos já existentes podem ser utilizados pelos órgãos governamentais como o IBAMA por exemplo, diminuindo assim o custo da execução dos serviços. No caso do presente trabalho, os originais utilizados foram contratados pela empresa CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), da qual não se teve dificuldade de acesso. Como a empresa Aeroconsult S/A executora do vôo é de Florianópolis, optou-se pela solicitação do original diretamente da empresa de aerolevanteamento.

A digitalização das fotografias aéreas com alta resolução proporcionou uma excelente identificação de detalhes de vegetação e territoriais, sendo assim uma ferramenta de alta qualidade para a fotointerpretação dos limites da unidade de conservação.

O receptor GPS Ashtech Promark2 utilizado no levantamento dos pontos de controle terrestre mostrou ótimos resultados, mesmo sendo um equipamento com apenas uma fase da portadora - L1. Estes bons resultados devem-se ao fato de a distância do ponto utilizado como base ser pequena, tempo de rastreamento suficiente e boa geometria dos satélites durante os levantamentos.

Concluiu-se que para a obtenção de resultados finais de qualidade, um planejamento prévio e específico para cada etapa a ser realizada é de vital importância.

No caso dos pontos de controle terrestre por exemplo, a escolha de um ponto que não seja identificável na fotografia aérea exclui a possibilidade de sua utilização.

Constatou-se que a estrutura e equipamentos existentes na Rede de Tecnologia Aeroespacial e Cartográfica – RETAC, instalada no Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, são o que há de mais moderno na atualidade. Essa potencialidade pode ser melhor aproveitada através de convênios com órgãos públicos como o IBAMA, afim de gerar produtos que auxiliem projetos desenvolvidos pelos mesmos, como é o caso da criação e gestão de unidades de conservação.

Constatou-se que o sistema ImageStation é uma poderosa ferramenta fotogramétrica, de fácil aprendizagem, oferecendo opções para aplicações diversas no campo da gestão ambiental. Pode ser perfeitamente utilizado para avaliação e geração de informações para unidades de conservação.

Durante a fotointerpretação e restituição no ambiente ImageStation Stereo Display pôde ser verificada a alta qualidade na visualização dos modelos estereoscópicos, podendo ser identificados muitos detalhes importantes na definição dos limites dos manguezais.

A utilização da série histórica de fotografias aéreas mostrou-se bastante aplicável, pois permitiu uma melhor avaliação da ocupação do solo nos limites do manguezal, bem como sua evolução ao longo dos anos.

Na pesquisa, ficou evidente que pouco resolve discorrer quanto a uma unidade de conservação, em qualquer área do conhecimento, sem que tais análises sejam locadas espacialmente, permitindo diferentes correlações em termos interdisciplinares.

6.2 Recomendações

Recomenda-se o desenvolvimento de outras pesquisas utilizando a metodologia aqui aplicada, utilizando fotografias aéreas de diferentes escalas e coloridas.

Aplicar esta proposta metodológica em outras unidades de conservação em ambientes diversos, testando-se em diferentes tipos de vegetação.

Promover mais pesquisas aplicadas em projetos ambientais, mostrando-se que a gestão territorial é vital para se gerar a gestão ambiental.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J. B. *Fotogrametria*. Curitiba: SBEE, 1998.
- ALBERTZ, J.; KREILING, V.; WIESEL, J.; JAKOBSEN, K. *Photogrammetrisches Taschenbuch -Photogrammetric guide*. Karlsruhe, Wichmann, 1989.
- BERNARDI, J. V. E. & LANDIM, P.M.B. *O uso do Sistema de Posicionamento Global na coleta de dados. Geomatemática*, Texto Didático 10, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 10/12/2002.
- BITTENCOURT, L. R. *Uso das Séries Históricas de Fotografias aéreas para o Monitoramento Físico-Espacial no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro - SC*. Florianópolis, 1999. Dissertação de Mestrado, UFSC, SC.
- BRITO, J.; COELHO, L. *Fotogrametria Digital*. Instituto Militar de Engenharia. 1ª Ed. Rio de Janeiro, Brasil: 2002.
- DENT, B.D. *Cartography – Thematic Map Design*. Georgia State University, 1996.
- HAUFF, S. N. *As Áreas Protegidas na Ilha de Santa Catarina*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. *Anais*. Curitiba, 1997.
- JENSEN, J.R. *Introductory Digital Image Processing – A remote sensing perspective*. Department of Geography, University of South Caroline, New Jersey, 1986.
- KASSER, M.; EGELS, Y. *Digital Photogrammetry*. London, Taylor&Francis, 2002.
- KRAUS, K. *Photogrammetry – Fundamentals and Standard Processes*. Vol 1, Institute for Photogrammetry, Vienna University of Tecnology, 1993.
- LADWIG, N. I. *As Unidades de Conservação Ambiental e o Cadastro Técnico Multifinalitário – Estudo de Caso: UCAD/UFSC (Unidade de Conservação Ambiental Desterro)*. Florianópolis, 1998. Dissertação de Mestrado, UFSC, SC.
- LOCH, C.; LAPOLLI, E. *Elementos Básicos da Fotogrametria e sua Utilização Prática*. Florianópolis, Ed. UFSC, 1994.
- _____. *A Interpretação de Imagens Aéreas – Noções Básicas e Algumas Aplicações nos Campos Profissionais*. Florianópolis, Ed. UFSC, 1993.
- _____. *Cadastro Técnico Multifinalitário Rural e Urbano*. Florianópolis, UFSC, 1998.
- MARTINELLI, M. *Curso de cartografia temática*. São Paulo, ed. Cotexto, 1991.

- MATTOS, C. O.; TOLEDO M. A. P.; E.E. *Delimitação e Caracterização Preliminar da Área de Proteção Ambiental do Camanducaia (SP/MG)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. *Anais*. Curitiba, 1997.
- MELLO, E.T.O. *O Mercado Brasileiro para Sensores Imageadores Digitais*. Florianópolis 2002. Dissertação de Mestrado, UFSC, SC.
- MONICO, J.F.G. *Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS*. São Paulo, ed. UNESP, 2000.
- MURNI, A. HARDIANTO, D. & NURBAYA, S. *The use of Remote Sensing Techniques and expert system em regionalplannin*. In: *Annais International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. ISPRS. Amsterdã, Holanda. 16-23 Jul. 2000 (cd rom)
- OLIVEIRA, F.H. *Qualidade da Base Cartográfica para o Cadastro Técnico Multifinalitário*. Florianópolis, 1996. Dissertação de Mestrado, UFSC, SC.
- _____. *Modelagem do terreno utilizando técnicas de fotogrametria digital*. Florianópolis, 2002. Tese de Doutorado, UFSC, SC.
- SANTOS, A.S.R. *Programa Ambiental: A Última Arca de Noé*. São Paulo, 1999.
- SEEBER, G. *Real-Time Satellite Positioning on the Centimeter Level in the 21st Century using Permanent Reference Stations*. Institut für Erdmessung, University of Hannover, 2000.
- _____. *Satellite Geodesy: foundations, methods and applications*. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1993.
- SCHENK, T. *Digital Photogrammetry*. Ohio-USA, TerraScience, 1999.
- SCHAEFFER - NOVELLI, Y. *Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar*. São Paulo, Caribbean Ecological Research, 1995.
- TAYLOR, D.R. *The educational challenges of new cartography*. Londres, Cartographical, 1991, v.22, n.4, 19-37p.
- WELLS, D. *Guide to GPS Positioning*. Canadian GPS Associates, Fredericton, N.B., Canada, 1986.