

**MARIO RUBEN GARDIOL**

**HOMOGENEIDADE GEOMÉTRICA ENTRE LEVANTAMENTOS  
FOTOGRAFAMÉTRICOS EXTERNOS E INTERNOS EM EDIFICAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação  
em Engenharia Civil da Universidade Federal de  
Santa Catarina, como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Florianópolis

2000

# **HOMOGENEIDADE GEOMÉTRICA ENTRE LEVANTAMENTOS FOTOGRAMÉTRICOS EXTERNOS E INTERNOS EM EDIFICAÇÕES**

***MARIO RUBEN GARDIOL***

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário

Orientador: Prof. Dr. Jürgen PHILIPS

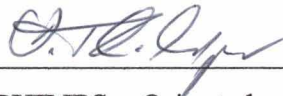
Florianópolis

2000

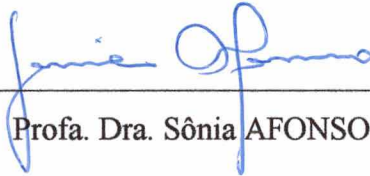


## FOLHA DE APROVAÇÃO

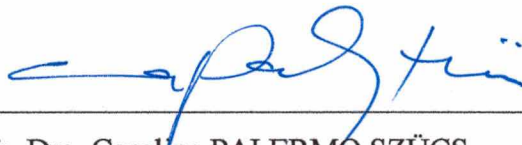
Dissertação defendida e aprovada em 06/09/2000,  
Pela comissão examinadora



Prof. Dr. Jürgen PHILIPS – Orientador - Moderador



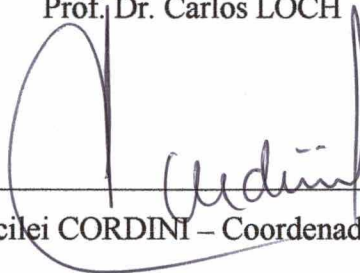
Profa. Dra. Sônia AFONSO



Profa. Dra. Carolina PALERMO SZÜCS



Prof. Dr. Carlos LOCH



Prof. Dr. Jucilei CORDINI – Coordenador do CPGEC

**À minha esposa Maria Teresa**  
**Ao meu filho Franco**

## AGRADECIMENTOS

Quero expressar meus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

Aos professores e funcionários da Coordenadoria do Curso de Pos-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, pela orientação e compreensão durante meu mestrado.

Aos funcionários da Universidade Nacional do Litoral (UNL) e da Faculdade de Engenharia e Ciências Hídricas (FICH), pela bolsa de estudo do Projeto FOMEC, concedida durante o período de realização do curso.

Ao Prof. Jürgen Philips, pelo apoio e orientação no desenvolvimento desta dissertação.

Aos Professores: Hans-Peter Bähr, Carlos Loch e Cláudio Zimmermann, pelas ajuda e sugestões apresentadas no decorrer do trabalho.

Aos Professores: Ana Franzoli, Carlos Loch, Jürgen Philips e Engenheiros Paulo Mederos dos Santos e Fernando Fonseca, pela autorização ao emprego do instrumental e material, sem os quais seria impossível o desenvolvimento desta pesquisa.

A meus colegas Markus Hasenack, Alexandre Coelho e Edson Cattoni, pela disposição e colaboração no desenvolvimento da pesquisa, e agradeço também, a Jani, Daniel, Flávio, Sálvio, Gabriela, Paulo, Silvio, Fernanda, Franciane, Roque, Giorgia, Carolina, Rute, Eugenia, Athenágoras, Jaqueline, Ana Paula, Hugo e Paulo Cesar, pela ajuda oferecida no desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas do Departamento de Cartografia, da Faculdade de Engenharia e Ciências Hídricas pertencente à Universidade Nacional do Litoral, pelo esforço realizado durante minha ausência.

A minha esposa e filho, como também, a minha família de Galvez e Santa Fe, pelo apoio e incentivo oferecido em todo este tempo.

## SUMÁRIO

|                                                                  |             |
|------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                                     | <b>viii</b> |
| <b>LISTA DE QUADROS.....</b>                                     | <b>x</b>    |
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>                       | <b>xi</b>   |
| <b>RESUMO.....</b>                                               | <b>xii</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                             | <b>xiii</b> |
| <b>RESUMEN.....</b>                                              | <b>xiv</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                        | <b>01</b>   |
| 1.1. Justificativa.....                                          | 02          |
| 1.2. Objetivo da pesquisa.....                                   | 04          |
| <b>2. ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA.....</b>                     | <b>05</b>   |
| 2.1. Fotogrametria.....                                          | 05          |
| 2.1.1. Fotogrametria a curta distância.....                      | 06          |
| 2.2. Fotogrametria arquitetural.....                             | 08          |
| 2.2.1. Características dos levantamentos.....                    | 10          |
| 2.2.2. Levantamentos topográficos.....                           | 12          |
| 2.2.3. Levantamento das imagens.....                             | 14          |
| 2.2.3.1. Câmaras métricas, semimétricas e não métricas.....      | 15          |
| 2.3. Medições e erros.....                                       | 18          |
| 2.3.1. Precisão.....                                             | 19          |
| 2.4. Homogeneidade.....                                          | 20          |
| 2.4.1. Princípio de vizinhança.....                              | 21          |
| 2.4.2. Exemplo de homogeneidade.....                             | 21          |
| <b>3. ÁREA DE ESTUDO.....</b>                                    | <b>23</b>   |
| 3.1. Localização do campus da UFSC.....                          | 23          |
| 3.2. Localização e história do edifício da Engenharia Civil..... | 25          |
| 3.3. Áreas de estudo no edifício.....                            | 27          |
| <b>4. MÉTODO.....</b>                                            | <b>28</b>   |
| 4.1. Equipamentos e materiais.....                               | 28          |
| 4.1.1. Equipamento topográfico.....                              | 28          |

|                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1.2. Equipamento fotográfico.....                                        | 29         |
| 4.1.3. Equipamento de computação.....                                      | 29         |
| 4.1.4. Materiais.....                                                      | 30         |
| <b>4.2. Levantamento topográfico.....</b>                                  | <b>30</b>  |
| 4.2.1. Análises das normas para execução do levantamento topográfico.....  | 31         |
| 4.2.2. Determinação e cálculo da poligonal externa.....                    | 34         |
| 4.2.3. Determinação e cálculo das poligonais internas.....                 | 41         |
| 4.2.4. Determinação e cálculo dos pontos de apoio externos.....            | 48         |
| 4.2.5. Determinação e cálculo dos pontos de apoio internos.....            | 51         |
| <b>4.3. Levantamento fotográfico.....</b>                                  | <b>55</b>  |
| 4.3.1. Tomadas fotográficas externas.....                                  | 56         |
| 4.3.2. Tomadas fotográficas externas.....                                  | 57         |
| <b>4.4. Restituição fotogramétrica com Photomodeler.....</b>               | <b>60</b>  |
| <b>5. ANÁLISE DO PROCEDIMENTO.....</b>                                     | <b>64</b>  |
| 5.1. Levantamento topográfico.....                                         | 64         |
| 5.2. Levantamento fotográfico.....                                         | 69         |
| 5.3. Restituição fotogramétrica.....                                       | 70         |
| 5.4. Análise da precisão nas partes externas e internas da edificação..... | 73         |
| <b>6. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES.....</b>                                  | <b>83</b>  |
| 6.1. Recomendações.....                                                    | 83         |
| 6.1.1. Levantamento topográfico.....                                       | 83         |
| 6.1.2. Levantamento fotográfico.....                                       | 84         |
| 6.1.3. Restituição fotogramétrica.....                                     | 85         |
| 6.1.4. Propostas para melhorar os resultados.....                          | 85         |
| 6.2. Conclusões.....                                                       | 86         |
| <b>ANEXO A.....</b>                                                        | <b>88</b>  |
| <b>ANEXO B.....</b>                                                        | <b>112</b> |
| <b>ANEXO C.....</b>                                                        | <b>118</b> |
| <b>ANEXO D.....</b>                                                        | <b>131</b> |
| <b>GLOSSÁRIO.....</b>                                                      | <b>146</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA CITADA.....</b>                                            | <b>148</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....</b>                                        | <b>155</b> |



## LISTA DE FIGURAS

|    |                                                                                      |    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Precisão e exatidão das medidas.....                                                 | 20 |
| 2  | Exemplo do levantamento externo-interno de uma edificação.....                       | 22 |
| 3  | Localização do campus universitário da UFSC.....                                     | 24 |
| 4  | Localização dos edifícios da engenharia civil.....                                   | 26 |
| 5  | Localização das áreas de estudo.....                                                 | 27 |
| 6  | Características construtivas externas e em torno do edifício.....                    | 35 |
| 7  | Estação total TOPCON GTS-211D e nível ZEISS Ni 40.....                               | 36 |
| 8  | Marcos de concreto, pinos e prego de aço.....                                        | 36 |
| 9  | Localização e identificação dos vértices e pontos da poligonal externa.....          | 37 |
| 10 | Suporte de baliza com prumo de cordão.....                                           | 38 |
| 11 | Localização e identificação das poligonais internas.....                             | 42 |
| 12 | Materialização dos vértices e pontos no interior do edifício (pregos de aço).....    | 43 |
| 13 | Medida de segurança no levantamento topográfico.....                                 | 44 |
| 14 | Identificação e localização dos vértices e pontos na Área 4 de estudo.....           | 45 |
| 15 | Identificação e localização dos vértices e pontos na Área 2 e 3 de estudo.....       | 46 |
| 16 | Nivelamento geométrico no interior do edifício.....                                  | 47 |
| 17 | Desenhos dos alvos testados.....                                                     | 48 |
| 18 | Visualização dos alvos no Photomodeler, tomados a 28 e 14 m.....                     | 49 |
| 19 | Localização e identificação dos pontos de apoio externos, na fachada sul.....        | 50 |
| 20 | Visualização dos alvos no Photomodeler, tomados a 6,30 e 3,30 m.....                 | 52 |
| 21 | Levantamento dos pontos de apoio no setor 4-b.....                                   | 53 |
| 22 | Cordão do prumo visado no setor 4-a.....                                             | 54 |
| 23 | Câmara digital Olympus Camedia C-820L.....                                           | 55 |
| 24 | Localização e identificação das fotografias na fachada norte.....                    | 57 |
| 25 | Fotografia com iluminação natural / iluminação artificial.....                       | 58 |
| 26 | Localização, orientação e cobertura de um grupo de fotografias tomadas.....          | 59 |
| 27 | Saída da caixa de informação <i>Audit</i> do projeto de restituição da Área 4-a..... | 61 |

|    |                                                                                 |    |
|----|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 28 | Visualização em planta do projeto restituído em 3D da Área 2 (escada).....      | 63 |
| 29 | Fotografia a restituir na Área 4 e na Área 3.....                               | 70 |
| 30 | Exemplos de problemas com a visualização dos pontos de apoio na demarcação..... | 72 |
| 31 | Cobertura e superposição fotográfica nas fachadas oeste e sul.....              | 77 |
| 32 | Levantamento topográfico por intersecção 3D com elipse de erro.....             | 81 |

## LISTA DE QUADROS

|    |                                                                                   |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Rede de referência cadastral municipal – poligonais, classe II PRC.....           | 32 |
| 2  | Nivelamento de linhas ou circuitos ou seções, classe II N.....                    | 32 |
| 3  | Classificação de teodolitos.....                                                  | 33 |
| 4  | Classificação de estações totais.....                                             | 33 |
| 5  | Classificação dos níveis.....                                                     | 33 |
| 6  | Dados obtidos pelo software TopoGRAF no cálculo da poligonal externa.....         | 40 |
| 7  | Coordenadas dos vértices e pontos da poligonal.....                               | 41 |
| 8  | Saída dos dados obtidos no software Geod, nos pontos de apoio da fachada sul..... | 51 |
| 9  | Saída dos dados no software Geod, nos pontos de controle da Área 2 (escada).....  | 55 |
| 10 | Saída da informação dos pontos restituídos no software Photomodeler.....          | 62 |
| 11 | Saída dos dados obtidos no processamento das estações 105-104.....                | 66 |
| 12 | Desvio padrão calculado no setor 4-b.....                                         | 75 |
| 13 | Cálculo do vetor do erro.....                                                     | 75 |
| 14 | Representação em quantidade de pixels do desvio padrão.....                       | 78 |
| 15 | Diferenças nas medições com trena, estação total e fotogrametria.....             | 79 |
| 16 | Distâncias medidas para o cálculo da espessura das paredes.....                   | 80 |



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                 |                                                                               |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 3D              | tri-dimensional (x, y, z)                                                     |
| ABNT            | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                      |
| CAD             | Computer Aided Design                                                         |
| CAPES           | Coordenação Brasileira de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior        |
| CCD             | Charge Coupled Device                                                         |
| CD              | Compact Disc                                                                  |
| CPPF            | Comissão Permanente de Planejamento Físico                                    |
| CTC             | Centro Tecnológico                                                            |
| DAAD            | Deutscher Akademischer Austauschdienst                                        |
| DEA             | Departamento de Engenharia e Arquitetura                                      |
| ETUSC           | Escritório Técnico-Administrativo da Universidade Federal de Santa Catarina   |
| IPF             | Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung                                |
| NBR             | Normas Brasileiras                                                            |
| SEPLAN          | Secretaria Especial de Planejamento da Universidade Federal de Santa Catarina |
| SINTUFSC        | Sindicato dos Trabalhadores da Universidade Federal de Santa Catarina         |
| UFSC            | Universidade Federal de Santa Catarina                                        |
| 30°             | Grado sexagesimal                                                             |
| 30 <sup>g</sup> | Grado centesimal                                                              |

## RESUMO

Nesta pesquisa desenvolveu-se um procedimento fotogramétrico para o registro e o relacionamento entre as partes externa e interna de um edifício. Foram estabelecidas as precauções que devem ser consideradas no levantamento com o fim de conseguir uma homogeneidade em precisão entre o levantamento interno e externo do edifício. Os passos seguidos no referido levantamento fotogramétrico foram: levantamento topográfico interno e externo, levantamento fotográfico, processamento dos dados, restituição e análise do procedimento empregado bem como da precisão encontrada na conexão da parte externa e interna do edifício. Para o procedimento foram aplicados os conhecimentos topográficos tradicionais, dando ênfase ao procedimento do levantamento da informação, além dos equipamentos topográficos (estação total e nível), fotográficos (câmara digital de baixa resolução) e de computação (softwares de baixo custo) que podem ser considerados acessíveis a todos os profissionais interessados nas aplicações fotogramétricas.

**Palavras chave:** fotogrametria arquitetural, homogeneidade entre a geometria externa e interna.

## **ABSTRACT**

In this research photogrammetric procedures are developed for registration and the relationship between of the external and internal parts of a building. In order to obtaine a good precision homogeneity between the internal and external surveying of the building where established several precautions in the surveying work. The steps developed were: internal and external topographic surveying, photographic field work, processing of the data, restitution and analysis of the procedure and of the precision in connection of the external and internal part of the building. For the procedure were given emphasis in the procedure of the surveying of the information, besides the topographical equipment (total station and level), photographic equipment (digital camera of low resolution) and of computation equipment (low cost softwares), that can be considered accessible to all those professionals, interested in photogrammetric applications.

**Keywords:** photogrammetry architectural, homogeneity of external and interns geometry.

## **RESUMEN**

En esta investigación es desarrollado un procedimiento fotogramétrico para registrar y relacionar la parte interna y externa de un edificio. Fueron determinadas las precauciones a tener en cuenta en el levantamiento, con el fin de que se obtenga una homogeneidad en la precisión, entre el levantamiento interno y externo del edificio. Los pasos desarrollados para el referido levantamiento fotogramétrico fueron: levantamiento topográfico interno y externo, levantamiento fotográfico, procesamiento de los datos, restitución, y análisis del procedimiento empleado y de la precisión en la conexión de la parte interna y externa del edificio. Para el procedimiento fueron aplicados los conocimientos topográficos tradicionales, mas dando énfasis al procedimiento del levantamiento de la información, y además al equipamiento topográfico (estación total y nivel), fotográfico (cámara digital de baja resolución) y de computación (softwares de bajo costo), que pueden ser considerados accesibles a todos aquellos profesionales interesados en las aplicaciones fotogramétricas.

**Palabras claves:** fotogrametría arquitectural, homogeneidad entre la geometría interna y externa.



## 1. INTRODUÇÃO

A fotogrametria é uma ciência que tem um grande campo de aplicação e uma dessas aplicações é a arquitetura. É uma técnica capaz de fazer medições rápidas, completas e precisas, além de possuir a vantagem da visão estereoscópica\*, que permite uma visualização melhor das características e detalhes do edifício, e também de ser uma técnica de não-contato, ou seja, que não é agressiva ao objeto medido; portanto essas características satisfazem vários dos objetivos para levantamentos em arquitetura.

HEINE (1999), estabelece que *“o futuro da documentação de construções – e a união das tarefas de modelagem, visualização e manutenção – prescreve-se para uso de sistemas de informações, como sendo um sistema de informação em 3 dimensões (3D); na qual a documentação completa de um edifício compreende desde a descrição das partes externas, por exemplo, às fachadas e cobertura, até das partes internas do edifício, como as circulações e os ambientes”*. Portanto, isto requer um enfoque multidisciplinar proveniente do apoio de diversas áreas, entre as quais estão os sensores remotos, a fotogrametria, a geoinformática, a computação gráfica e em especial da arquitetura (MARTINEZ, 1999).

Para o levantamento da informação de um objeto em particular ou de um grupo de objetos, a quantidade e a qualidade da informação, necessária para o desenvolvimento de um estudo arquitetural, influem na seleção do método a empregar.

No caso deste trabalho em que o objetivo foi obter um modelo em 3D da parte externa e interna de uma edificação com um nível de precisão homogênea em toda a construção, e onde o método selecionado foi o fotogramétrico, exigiu o estabelecimento de um procedimento e a utilização de equipamentos adequados ao levantamento da informação que garantisse as suas características.

---

\* Visão estereoscópica: a particular aplicação da visão binocular que permite ao observador obter a impressão de profundidade, geralmente por meio de duas perspectivas diferentes de um objeto (como duas fotografias tomadas desde diferentes estações de câmara). (*American Society of Photogrammetry, 1966*).



## 1.1. Justificativa

Os arquitetos, engenheiros civis, especialistas em planejamento e conservação, entre outros profissionais, requerem uma grande quantidade de medidas precisas, que geralmente devem incluir o exterior e o interior das edificações com todos os detalhes importantes (BLACHUT et al., 1979).

Estas medições, não somente exigem que tenham uma adequada precisão relacionada ao objetivo do estudo, senão também que, em conjunto tenham uma precisão uniforme. MONTI et al. (1999), especificam que o planejamento da restauração do palácio Della Ragione na Itália, foi complexo; uma vez que devido à distribuição dos espaços interiores do edifício e a complexidade dos elementos arquitetônicos (estruturais e decorativos), se determinou que o estudo não se realizasse como uma soma das partes singulares, mas que, de uma maneira geral fosse garantida uma precisão uniforme na documentação e um aspecto homogêneo na representação do mesmo.

Dentro das diferentes ferramentas empregadas para o levantamento da informação em edificações, se encontra a fotogrametria, que segundo SILVA e DALMOLIN (1998), *“tem a característica da seletividade e homogeneidade, que aumenta a qualidade e confiabilidade da informação; pois todos os pontos, elementos e detalhes são extraídos das imagens com a mesma precisão, sem hierarquização de importância ou precisão”*.

Quais são as condições que se deve ter em um levantamento fotogramétrico para poder fazer as medições ou restituições nas fotografias ?

Segundo WALDHÄUSL e PEIPE (1990), *“para medir fotogrametricamente a fachada de um edifício precisa-se conhecer sete parâmetros (três rotações, três translações e a escala) de um mínimo de três pontos de apoio\*; suficientes para permitir a orientação absoluta (vide Glossário) da fachada, onde a localização dos pontos de apoio pode ser determinada por meio de medições com trena, teodolito, etc”*. Ou seja, que uma fotografia encontra-se localizada no espaço ao conhecer-se as coordenadas X, Y e Z de três pontos da mesma.

\* Pontos de apoio: qualquer estação (em um sistema de apoio horizontal e/ou vertical) que é identificado na fotografia e usado para apoiar a fixação da altitude e/ou posição de uma fotografia ou grupo de fotografias. (American Society of Photogrammetry, 1966).

Portanto, ao planejar um levantamento fotogramétrico da parte externa de um edifício é preciso determinar o método mais adequado para o relacionamento das coordenadas (X, Y e Z) dos pontos de apoio localizados nas diferentes fachadas do edifício. E se o levantamento inclui partes internas da edificação, também deverão ser relacionados os pontos de apoio internos com os externos.

Isto determina que a precisão da informação obtida na fotogrametria está diretamente relacionada com o nível de precisão na determinação da localização dos pontos de apoio. A localização dos pontos de apoio externos e internos, influirão na homogeneidade de precisão em todo o edifício a levantar.

Pôde-se analisar que em distintas situações nas quais se precisa obter informação com homogeneidade geométrica, por exemplo, em um SIG predial, é fundamental o estabelecimento de um procedimento adequado no levantamento interno e externo de edifícios; como também especificar as precauções a ter em conta no mesmo, para obter uma igual precisão em todo o modelo em 3D.

A possibilidade da definição de um método que permita o levantamento da informação com um mesmo nível ou homogeneidade de precisão, empregando-se um equipamento de baixo custo, permitindo-se a aplicação deste método em qualquer local do mundo e por qualquer profissional minimamente treinado.

O mesmo método ainda pode ser aplicado em edificações e também em outras atividades, como: arqueologia, mineração, construção de túneis, entre outras.

É conveniente especificar que esta pesquisa surgiu no contexto do programa PROBRAL (convênio da Deutscher Akademischer Austauschdienst - DAAD - c com a Coordenação Brasileira de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior - CAPES) que a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) iniciou em 1994; no qual um dos objetivos dos projetos que funcionam dentro do programa é a criação de um modelo de sistema de informação sobre o campus que contribua no planejamento físico da universidade.

## 1.2. Objetivo da pesquisa

Esta pesquisa tem como objetivo analisar o método de levantamento fotogramétrico aplicado em interior e exterior de edifícios, para o estabelecimento de um procedimento e precauções que se deve ter em conta nesse levantamento, com a finalidade de se obter uma homogeneidade entre a geometria interna e externa do edifício.

Neste sentido serão desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- Estabelecer um procedimento que permita obter uma homogeneidade dos dados geométricos, aplicado no relacionamento dos levantamentos fotogramétricos externos e internos de edifícios.
- Determinar as precauções ou cuidados a serem considerados nos procedimentos de levantamentos de dados e processamento dos mesmos.
- Analisar as características dos equipamentos topográficos, fotográficos e de computação, relevantes para a conclusão da pesquisa, empregados no levantamento e processamento, estabelecendo as vantagens e desvantagens dos mesmos.
- Estimar a precisão entre a conexão dos levantamentos da parte externa e interna do edifício.



## 2. ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA

### 2.1. Fotogrametria

*“A fotogrametria é a ciência ou técnica de obter medições confiáveis por meio de fotografias”* (AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, 1966).

Há outros autores que definem a fotogrametria como *“a arte, ciência e tecnologia de obter informação confiável dos objetos físicos (forma, dimensões, posição) e do meio, através de processos de registro, medição e interpretação das imagens fotográficas”* (ANDRADE, 1998; LOCH e LAPOLLI, 1998; TAVARES e FAGUNDES, 1991 e WOLF, 1974).

E também outros incorporam a esta última definição alguns detalhes, como sendo: *“registradas em filmes ou meios eletrônicos”* (FRYER, 1996); *“de não fazer medições diretamente no objeto”* (COOPER e ROBSON, 1996).

Segundo as definições apresentadas, pode-se analisar que as medições obtidas nas fotografias podem não ser confiáveis, pois esta confiabilidade está relacionada ao método fotogramétrico empregado e as fotografias obtidas do objeto. Além disso, atualmente, devido à grande aplicação de imagens digitais, deveria especificar-se que as medições são realizadas em imagens e não em fotografias. O fundamental a destacar é que a fotogrametria permite determinar a geometria do objeto registrado em uma imagem.

HOLANDA (1996), define fotogrametria como *“uma técnica de determinação da altimetria, nos levantamentos cartográficos, por meio de pares de fotografias tiradas simultaneamente por duas câmaras mantidas a distância constante uma da outra”*. Apesar desta definição ser apresentada em um dicionário não temático ou específico da área, permite demonstrar que o conceito de fotogrametria exposto para o conhecimento geral da população é limitado.

De acordo com a localização da câmara fotográfica, pode-se classificar a fotogrametria em:

- Aérea: quando a câmara está localizada em veículo aeroespacial;

- Terrestre: quando a câmara, por meio de um tripé ou suporte, está em contato físico com o terreno.

Em sua origem, os produtos fotogramétricos em aplicações terrestres, foram empregados para fins topográficos e posteriormente começaram a ser utilizados com fins não topográficos, como: investigação de acidentes, agricultura, engenharia, medicina, astronomia, balística, arqueologia, arquitetura, criminologia, geologia, glaciologia, rastreamento de satélite, entre outros.

### 2.1.1. Fotogrametria à curta distância

O emprego do termo fotogrametria à curta distância foi evoluindo conjuntamente ao desenvolvimento da fotogrametria terrestre, apesar do termo e aplicação terem sido empregados alguns anos depois do invento da fotografia\* em 1839. Segundo SCHWIDEFSKY (1943), *“recentemente (antes de 1943) agruparam-se com o nome de fotogrametria próxima àquelas aplicações que se caracterizam por tratar-se de objetos pequenos e de distâncias pequenas”* e WOLF (1974), estabelece que *“recentemente (antes de 1974) tem sido adotado o termo fotogrametria à curta distância para fotografias terrestres tomadas do objeto a uma distância menor de 100 m”*.

Embora haja diferentes critérios sobre a que distância do objeto é efetuada a tomada fotográfica, COOPER e ROBSON (1996) e WOLF (1974) estabelecem que as fotografias são tomadas a uma distância menor que 100 m; SILVA (1995), quando é menor que 200 m; e BANNISTER et al. (1992), quando é menor que 300 m.

Se fizermos uma análise, observaremos que a distância entre a tomada fotográfica e o objeto estará relacionado ao tamanho do objeto e à precisão no levantamento. Portanto, possivelmente a mais adequada definição, talvez seja a que estabelecem outros autores, onde especificam que a fotogrametria é considerada à curta distância quando é necessário modificar a focalização da câmara do infinito a uma focalização menor que do infinito.

---

\* Fotografia: o termo geral para uma imagem positiva ou negativa feita com uma câmara em um material sensibilizado, ou impresso desde aquele original da câmara. (*American Society of Photogrammetry, 1966*)



DOCUMENTA ARCHITECTURAL PHOTOGRAMMETRY (2000), estabelece que “quando a fotogrametria é empregada em outras aplicações que não seja o mapeamento, por meio da interpretação de fotografias aéreas, é chamada fotogrametria à curta distância ou fotogrametria arquitetural”. Pode ser que a intenção dos autores seja a de oferecer uma informação básica sobre a fotogrametria arquitetural. No entanto, é necessário especificar que o termo fotogrametria arquitetural é empregado em uma das aplicações da fotogrametria à curta distância, isto é importante que fique esclarecido já que pode ocasionar uma certa incompreensão nos novos pesquisadores da temática e que empregarem como ferramenta de pesquisa a internet.

Devido ao fato das fotografias poderem ser obtidas de forma rápida (o que reduz o trabalho de campo) e sem contato com o objeto, e que as técnicas fotogramétricas permitirem a obtenção de informação precisa e detalhada, além da visão estereoscópica do objeto, é que o campo de aplicação da fotogrametria é muito extenso. Tornando-se ainda maior o campo de aplicação, se levar em conta a classificação de ANDRADE (1998), onde a tomada das fotografias empregadas na fotogrametria à curta distância pode ser “terrestre ou aérea”.

Por exemplo, BANNISTER et al. (1992), estabelecem que se emprega a fotogrametria à curta distância em muitos campos da engenharia civil e em várias etapas de um conjunto de projetos, desde as etapas preliminares de desenho até o controle e monitoramento completo do comportamento das estruturas ao longo do tempo.

Também, SILVA (1995), expressa que a fotogrametria à curta distância passou a ser empregada em trabalhos de exigências de precisão métrica, tais como: monitoramento de deformações, monitoramento de ferramentas, calibração de tanques e de antenas parabólicas, exigindo o uso de técnicas refinadas de calibração das câmaras, processamento de medições, otimização de redes de apoio e análise de resultados.

LOCH et al. (1999), afirmam que a fotogrametria digital à curta distância é uma ferramenta inovadora, utilizada para criar modelos digitais em 3D, a partir de levantamentos fotogramétricos; sendo capaz de obter medidas precisas dos objetos tridimensionais.

O presente trabalho deve ser compreendido como a continuação das seguintes pesquisas: AMORIN (1993), SCHUMACHER (1995), MARTINS (1997), WESTPHAL (1999), MELLO e FERRARI (1999), SIMON (2000); e que exemplificam as aplicações da fotogrametria à curta distância.

## 2.2. Fotogrametria arquitetural

Já em 1858, Meydenbauer na Alemanha, fez os primeiros ensaios para realizar o levantamento de obras arquitetônicas, por meio do procedimento de interseção fotogramétrica\*, baseada em duas vistas fotográficas da obra.

BLACHUT et al. (1979), justificam que a fotogrametria ao ser um método indireto de medição, versátil e eficaz, pode usar-se para o registro dos edifícios, de suas estruturas e as características ornamentais.

A fotogrametria é aplicada a edifícios grandes e monumentos isolados, mas também a conjuntos urbanos históricos. Para BÄHR et al. (1999), os conjuntos urbanos históricos requerem uma preservação particular, o mesmo que os monumentos de herança cultural, já que ditos conjuntos são elementos que expressam o desenvolvimento sócio-cultural dos próprios habitantes.

A fotogrametria tem numerosos atributos positivos nos registros arquiteturais, que segundo DALLAS (1996), são:

- provê um nível homogêneo do registro em uma fachada completa ou estrutura, sendo independente do nível de detalhe destas;
- provê precisão definida em toda a fachada;
- os resultados podem ser providos rapidamente;
- a captura direta dos dados digitais é ideal para ingressá-los nos sistemas de desenho assistido pelo computador (CAD - Computer Aided Design);

---

\* Interseção fotogramétrica: este procedimento se apóia no emprego de duas vistas fotográficas de um objeto, obtidas desde os extremos de uma base; das quais é possível deduzir para cada ponto que se determina em ambas fotografias, as duas direções que os contêm e cuja intersecção fixa o ponto. Tendo assim a restituição completa do objeto fotografado por um conjunto de pontos. (*Schwidefsky K., 1943*).



- permite a produção direta dos dados em 3D;
- a visão estereoscópica provê mais informação que a convencional fotografia pictórica.

No entanto, o mesmo autor especifica que os produtos fotogramétricos arquiteturais têm algumas limitações, como:

- é uma técnica complexa que requer a intervenção de especialistas;
- a qualidade das restituições dos desenhos de linhas não é sempre consistente;
- o padrão de precisão e perfeição produzida pode ser muito alto para os projetos;
- não é possível aplicar técnicas fotogramétricas em todas as ocasiões e assegurar uma completa cobertura;
- a representação das feições das esculturas ou áreas corroídas é geralmente insatisfatória.

De acordo com a DOCUMENTA FOTOGAMETRIA ARQUITETURAL (1999), a fotogrametria digital arquitetural e urbana é uma técnica usada para a produção de desenhos precisos de edifícios, estruturas, áreas industriais e urbanas, levando as informações das fotografias diretamente para o CAD; o qual revoluciona o conceito dos levantamentos arquitetônicos e aquisição de dados, devido à economia do tempo e custo, à precisão e uniformidade de qualidade dos dados obtidos.

Não somente a fotogrametria é utilizada para a documentação fotográfica de um edifício, como também é um método excelente, segundo GOMES et al. (1999a), para:

- acompanhamento de obras de restauro, permitindo orçamentos mais reais do que especulativos;
- redução de custos diretos da obra, bem como de certos custos administrativos;
- permitir acompanhamentos e avaliações de cronogramas de obras.

Existem trabalhos que exemplificam as diferentes áreas de ação da fotogrametria na arquitetura, seja na documentação como na extração de medidas da informação registrada em fotografias, por exemplo:

- Administração, planejamento e análise de edificações individuais ou em conjunto, (BÄRH et al., 1999; FONDELLI et al., 1991; SENA, 1987);
- Edificações históricas e arqueológicas (visualização, preservação, restauração e revitalização, etc), (ALDSWORTH, 1991; Da SILVA e GOMES, 1990; JANSSON et al., 1999);

- Sistemas de informação, (FIEDLER et al., 1990; GRUSSENMEYER et al., 1999; HERBIG, et al. 1999; POTSIU et al., 1991);
- Modelos virtuais em 3D (internet, multimídia, etc), (DEQUAL et al., 1999; DORFFNER, 1999; LANDES, 1998; LETELLIER, 1999; POMASKA, 1999; STEPHANI, 1990);
- Perícias estruturais ou de áreas danificadas, (FANGI e NARDINOCCHI, 1999; FRANCO et al., 1990; GUZZETTI e MONTI, 1987; MAUELSHAGEN et al, 1990);
- Interiores (adequação das funções do espaço, tons e texturas, etc), (HEMMLEB, 1999; LOMBARDINI, 1987; MONTI et al., 1999);
- Detalhes arquitetônicos, (ALMAGRO, 1987; BORGES e BORGES, 1999);
- Obras de arte (pinturas, esculturas, mosaicos, etc), (ANASTASIOU et al., 1999; JACHIMSKI e BORON, 1990; MINCHILLI, 1991; MURARIU e PETRESCU, 1999).

### 2.2.1. Características dos levantamentos

A potencialidade da fotogrametria em levantamentos fica demonstrada em BOTTERI et al. (1999), onde para o levantamento de duas inscrições latinas de 3,80 x 2,50 m e uma inscrição grega de 21,30 x 1,20 m em Ankara (Turquia) por meio do engessamento da mesma, executado por M. Schede e D. Krencker em 1936, tardaram cerca de seis meses; e para fazer o levantamento fotogramétrico total da mesma inscrição por meio da fotogrametria tardou-se uma semana.

Os pontos fundamentais que devem ser considerados para estabelecer um método e equipamento (topográfico, fotográfico e de restituição) adequado para a aquisição da informação e processamento da mesma são:

- Extensão do levantamento: ou seja, desde pequenas áreas, até edificações completas ou conjunto de edificações;
- Grau de precisão: se o resultado da restituição pode ter um erro de alguns milímetros, alguns centímetros, algumas dezenas de centímetros ou alguns metros;
- Nível de detalhamento: (conteúdo e forma de expressão do produto final) desde um desenho das linhas mais importante do objeto, passando a um desenho com os detalhes arquitetônicos ou um desenho com detalhes específicos para realizar uma restauração, até



uma imagem ou conjunto de imagens fotográficas retificadas da totalidade do objeto ou parte dele.

Sobre a importância do levantamento arquitetônico fotogramétrico, BORGES e BORGES (1999), ressaltam que a aquisição dos dados é a parte mais importante do processo, pois diversos produtos poderão ser obtidos a partir deste passo.

Ao planejar-se o levantamento devem ser consideradas: as características técnicas dos instrumentos, a precisão que se deseja obter, o material sensível (tipo de filme) e seu tratamento, os métodos e a qualidade da representação gráfica, numérica e digital e os procedimentos de controle (MONTI et al., 1999).

Também as condições adversas do meio ambiente, o pouco apoio local (transporte, equipamentos, etc.) na área de estudo, e se as características do objeto são muito complexas para o levantamento, influirão no equipamento, no pessoal e no nível de detalhamento ou precisão a obter.

Segundo as características dos tipos de levantamentos, CARBONELL (1989), estabelece três grandes grupos:

- Rápidos e relativamente simples: compõe-se dos trabalhos para estudos preliminares de restauração e de pesquisa em história da arte; nestes usam-se câmaras de formato pequeno e a restituição é feita na escala 1:100, obtendo uma precisão de 5 cm;
- Completos e precisos: encontram-se os trabalhos de documentação sistemática da arquitetura (inventário), utilizando-se câmaras com distância focal\* que variam entre 100 e 200 mm, visando uma escala final de 1:50, com detalhes em 1:20 e 1:10. São realizados também trabalhos precisos (entre 1 e 2 cm), que representam os documentos da história e a evolução das construções, com determinação da estabilidade dos monumentos, necessidade de conservação e restauração.
- Alta precisão: refere-se aos estudos especiais com precisões que podem chegar à ordem de 0,1 mm, apresentando-se o estudo da deterioração em esculturas e pequenos movimentos (deformações). Usam-se câmaras métricas calibradas e escalas de campo de 1:50 ou maiores.

---

\* Distância focal: a distância medida no eixo da lente desde o ponto nodal de trás ao plano de melhor definição média sobre o campo inteiro usado em uma câmara aérea. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).

Na classificação, realizada pelo autor anteriormente citado, deve-se considerar que tal classificação foi estabelecida em uma época quando a fotogrametria digital ainda não tinha seu completo desenvolvimento. A disponibilidade do equipamento digital, permitiu realizar trabalhos com câmaras não métricas, o que ocasionou uma grande expansão na aplicação da fotogrametria; além de apresentar uma maior flexibilidade quanto à impressão de trabalhos nas mais diversas escalas já que a informação registrada (nas fotografias) se encontra na memória do computador que integra o equipamento.

Existem diferentes fatores que podem influir na seleção do método para o levantamento (BOEHLER e HEINZ, 1999):

- tamanho do objeto;
- complexidade do objeto, implica maior quantidade de pontos a registrar;
- a precisão necessitada;
- a autorização para usar o método (por exemplo, a fotogrametria aérea pode não se permitir);
- a disponibilidade dos instrumentos e do poder energético;
- a acessibilidade ao objeto;
- a disponibilidade das estações de observação sem vibração com uma localização ideal;
- a autorização para tocar o objeto.

No caso em que o levantamento seja feito, por exemplo, para determinar as dimensões de uma janela em uma fachada, pode-se determinar facilmente medindo o comprimento e altura com uma trena de aço com uma precisão de unidades de milímetros. Não obstante, se o caso é a determinação da posição relativa de cantos de uma janela localizada em diferentes lados do edifício, requer um procedimento de medição mais complexo e a precisão de poucos milímetros poderá somente ser alcançada desenvolvendo-se um levantamento com muito cuidado.

### 2.2.2. Levantamentos topográficos

Tendo em conta o objetivo do levantamento, o grau de precisão e o equipamento de aquisição das fotografias, será estabelecida a rede de apoio planialtimétrica, a qual é de fundamental importância, já que fornecerá o nível de precisão e homogeneidade geométrica do levantamento.



De acordo com WIEDEMANN et al. (1999), a pedra angular em uma campanha de medições arquitetônicas é o planejamento, a documentação, a medição e a demarcação da rede de apoio.

Os propósitos da rede de apoio, segundo MONTI et al. (1999), são:

- a determinação da escala para os modelos fotogramétricos e sua orientação absoluta;
- as medições dos planos, fachadas e seções;
- a referência das partes medidas de forma direta.

WOLF (1974), estabeleceu que a fotogrametria terrestre tem basicamente três métodos diferentes para o estabelecimento dos pontos de apoio:

- imposição do controle na câmara fotográfica, da posição e orientação, em relação a um sistema de coordenadas\* ou ao objeto fotografado;
- localização dos pontos de apoio no espaço objeto;
- combinação do controle da câmara fotográfica e pontos de apoio no espaço objeto.

Ao fazer o levantamento de um edifício, primeiramente deve-se analisar a configuração do edifício e as limitações impostas pelas condições locais no sítio, para então determinar a localização das estações para as tomadas fotográficas e para a medição dos pontos de apoio. O critério de distribuição das estações é de que elas cubram o edifício de uma maneira uniforme, no exterior e no interior, sem deixar lacunas ou áreas sem registrar e que o campo de visada destas devem estar desimpedidos de objetos e vegetação.

De acordo com SILVA (1995), a distribuição das estações para a exposição fotográfica deve prever que, no mínimo, cada ponto seja registrado três vezes e que os pontos com ângulos de visão muito inclinados ou próximos de obstáculos podem ser perdidos.

Além disso, na determinação da localização das estações para as medições dos pontos de apoio, deve destacar-se que as características do edifício (alto, irregular, etc) e o nível de detalhe a levantar influirão na distribuição e densidade dos ditos pontos de apoio.

---

\* Sistema de coordenadas: um sistema de referência para a definição de pontos ou em uma superfície particular por meio de distância ou ângulos, ou ambos, com relação a eixos, planos ou superfícies designadas. (*American Society of Civil Engineers, 1978*).

SCHLOGELHEFER apud WALDHÄUSL e PEIPE (1990), fez um estudo “*da influência da forma e tamanho de um edifício na distribuição dos pontos de apoio e blocos agregados quanto à precisão, exatidão e custo. Alguns dos resultados foram:*

- *não colocar poucos pontos de apoio no setor mais abaixo do edifício;*
- *não registrar com poucas imagens fotográficas;*
- *não tomar unicamente fotografias normais à fachada, senão também oblíquas e em diagonal;*
- *não esquecer de fechar o bloco fotografado;*
- *adicionar sempre controle onde o bloco tem debilidade”.*

Os pontos de apoio desenhados em forma de alvo, para os sistemas de aquisição digital, devem satisfazer as seguintes características (WIEDEMANN et al., 1999):

- permanecer estável na parede, ser resistente contra as adversidades climáticas;
- fácil visada com um teodolito;
- o ponto deve ser identificado por um número;
- poder ser medido por um software de medição automática de pontos, inclusive nas imagens com muita diferença de escala;
- usar um código que possa ser interpretado por um programa de identificação de ponto em forma automática;
- não deixar um dano significativo ao edifício quando os alvos forem retirados.

De acordo com o que cita o último autor, no estabelecimento de um código que possa ser interpretado automaticamente este será limitado pela capacidade do equipamento de restituição, já que nem todos os softwares atuais de restituição têm essa função. Já a identificação numérica dos alvos pode ser muito trabalhosa quando se tem uma grande quantidade de alvos a colocar, todavia, resulta necessário um código numérico ou de cores, quando se tem um objeto que não possui detalhes arquitetônicos que permitam fazer um relacionamento direto de localização entre um detalhe específico e um ou vários alvos próximos a este.

### 2.2.3. Levantamento das imagens

Definido o objetivo do levantamento, a precisão, a rede de apoio, o equipamento de



aquisição das imagens e o equipamento de restituição e processamento dos dados, pode-se começar o levantamento fotográfico do objeto.

O objetivo é cobrir o objeto de forma completa, com um mínimo de estereogramas\*, mas isto pode não ser sempre possível, devido ao espaço limitado ao redor do edifício, à dimensão total do objeto ou à topografia do terreno.

Por exemplo, IOANNIDIS e POTSIU (1999), estabelecem que devido à situação e forma particular do castelo de Chios, na Grécia, tiveram muitos problemas durante a execução da tomada fotográfica, por exemplo:

- no lado externo do castelo, as paredes se encharcavam com a água do mar e a torre do mesmo era muito alta o que obrigou o levantamento somente de uma parte dela;
- no lado interno, havia algumas partes das paredes cobertas por árvores ou vegetação que tornaram a tomada das fotografias extremamente difícil ou até impossível;
- no interior da torre e outras áreas do castelo, as características construtivas, como os corredores, eram estreitos, escuros e de uma altura que variava entre 1,5 a 3 m.

Portanto, segundo as diferentes situações a registrar fotograficamente, é necessário contar com elementos auxiliares, como: escada, andaime ou plataforma hidráulica, para fazer uma correta tomada fotográfica; bem como, analisar a possibilidade de fazer alguma tomada fotográfica desde um edifício ou elementos (torre, ponte, etc) próximos.

#### 2.2.3.1. Câmaras métricas, semimétricas e não métricas

As câmaras métricas, semimétricas e não métricas (vide *Glossário*) são usadas para adquirir as fotografias visando à fotogrametria com fins não topográficos. As câmaras amadoras e profissionais estão incluídas nas câmaras não métricas, uma vez que não foram desenhadas especificamente para propósitos fotogramétricos, entretanto pelas características dos equipamentos de restituição atuais podem ser empregadas nestes trabalhos.

---

\* Estereograma: um par estereoscópico de fotografias ou desenhos corretamente orientados e montados ou projetados para a visão estereoscópica. (*American Society of Photogrammetry, 1966*)

De acordo com WALDHÄUSL (1994), as fotografias métricas podem ser usadas em sua capacidade total em:

- monumentos mundiais de primeira ordem;
- edifícios enormes, complicados e importantes, como por exemplo domos, castelos e conventos;
- projetos, onde as restituições são requeridas imediatamente ou a tempo real.

Segundo o mesmo autor, as fotografias não métricas podem ser usadas com prioridade:

- onde se quer obter dados fotográficos e não estão disponíveis as câmaras métricas;
- em todos os casos de emergência;
- para objetos pequenos e simples;
- para registros suplementares de detalhes;
- para atualizações após as modificações, etc;
- para originar uma reserva de emergência de um conjunto arquitetônico valioso;
- quando se tem interesse apenas na interpretação do objeto.

Quanto à forma de registro da imagem em câmaras podem ser analógicas ou digitais. As câmaras digitais são instrumentos onde a energia eletromagnética\* que ingressa pelo objetivo, é registrada por um CCD\*\* (charge coupled device), que pode operar como uma linha que varre o objeto fotografado ou por um conjunto de linhas de CCD que operam como uma matriz. A maioria das câmaras digitais possuem uma matriz de CCD.

Segundo DOWMAN (1996), nos trabalhos a curta distância a flexibilidade e baixo custo das câmaras digitais tem sido o melhor impulso na aceitação de tais sistemas digitais.

De acordo com POMASKA (1999) e PEIPE (1999), as câmaras digitais amadoras de baixa e média resolução (vide *Glossário*) podem ser apropriadas para os propósitos da fotogrametria à curta distância, sobretudo para a arquitetura, a arqueologia ou para a documentação destas áreas. As câmaras de resolução média são geralmente denominadas

\* Energia eletromagnética: fluxo de energia emitida e posteriormente refletido, emitido ou transferido pelos elementos que cobrem a superfície da terra. (Chuvieco E., 1985).

\*\* CCD: É uma abreviatura de Charge Coupled Device. Os CCD são usados nas câmaras ou vídeos digitais para capturar e registrar a luz como os filmes fazem nas câmaras de filme. (Eos Systems Inc., 1997).



de megapixel, ou seja, que a imagem tem uma dimensão equivalente a uma matriz de 1.000 x 1.000 pixels\*.

As vantagens gerais destas câmaras estão na rapidez de obtenção da imagem e na rápida avaliação da qualidade desta, não obstante, a maior desvantagem é a resolução da imagem registrada. Também, outros inconvenientes podem ser: a capacidade do armazenamento interna é pequena (chips removível, mini-CD, ou disco rígido), a compressão automática dos dados da imagem e a instabilidade da câmara (vide *Glossário*).

PEIPE (1999), fez uma comparação entre as câmaras de alta resolução e as câmaras de baixa resolução, e estabeleceu o seguinte comparativo sobre as de alta resolução:

- exige uma capacidade mais alta de armazenamento na câmara e do computador, usada para o processamento da imagem;
- permite o melhor reconhecimento e interpretação do objeto;
- oferece mais alta precisão na reconstrução do objeto;
- as câmaras de alta resolução são consideravelmente caras.

Segundo HEINZ apud BOEHLER e HEINZ (1999), uma câmara digital com uma resolução de 2.000 x 2.000 pixels ou menos é demasiadamente pobre para produzir algo comparável a uma imagem obtida através de câmaras de filme; contudo, no experimento realizado com uma câmara métrica protótipo de 4.000 x 4.000 pixels mostrou-se resultados satisfatórios para os propósitos na determinação de pontos e imagem

Quando se faz uma análise da atualidade, pode-se observar que continuamente no mercado são apresentados equipamentos fotográficos digitais de maior resolução; não obstante, tendo em conta a realidade dos diferentes países da América Latina, poucos usuários têm a possibilidade econômica de adquirir tais equipamentos. Por isso, esta pesquisa teve como um dos objetivos, o emprego de equipamentos de baixo custo para experimentar e poder estabelecer as vantagens e limitações dos mesmos.

---

\* Pixel: Derivado do inglês "*picture element*". É o menor elemento pictórico das imagens, suscetível de ser processado. (Chuvieco F., 1985).



### 2.3. Medições e erros

A AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (1966), define a medição como: o ato ou operação para fazer a determinação da posição relativa de pontos, acima ou abaixo, da superfície da terra.

Uma medição de uma determinada extensão, sempre vai conter erros, já que existem diferentes causas que influem nesta medição. BRINKER e TAYLOR (1961), estabelecem que *“nenhuma medida é exata, todas as medidas contêm erros, o verdadeiro valor de uma medida nunca se conhece, e portanto a magnitude do erro que existe sempre se desconhece”*.

As causas ou fontes dos erros nas medidas podem ser atribuídas a (BRINKER e TAYLOR, 1961; LOCH e CORDINI, 1995):

- Erros pessoais: ao erro humano que procedem das limitações dos sentidos humanos: visão, tato e audição;
- Erros instrumentais: à imperfeição na construção ou ajustamento do equipamento e no movimento de alguma parte;
- Erros naturais: à influência das condições ambientais, tais como: as variações de vento, temperatura, umidade, refração, gravidade e declinação magnética.

Os erros são geralmente classificados em:

- Erros grosseiros: são geralmente originados pelo descuido e desatenção do observador e, a maioria das vezes, seu valor é grande em relação à magnitude do que se está medindo, por exemplo: a inversão de dígitos numa leitura (GARCIA-TEJERO, 1984);
- Erros sistemáticos: são aqueles erros produzidos por causas conhecidas e podem ser evitados através de técnicas especiais de observação ou eliminados posteriormente mediante fórmulas fornecidas pela teoria (GEMAEL, 1994);
- Erros acidentais: são aqueles que devido a uma combinação de causas, não podem ser controlados pelo observador e para os quais não é possível obter e conhecer o valor da correção a fazer na medida (DAVIS e KELLY, 1981).

Ao fazer um levantamento poderão ser levados em conta métodos de controle que permitam a verificação das medidas realizadas para a correção dos possíveis erros grosseiros.

Por exemplo, ao medir um conjunto de pontos com o uso de uma estação total\*, onde se deseja conhecer suas coordenadas, deve realizar-se medidas auxiliares entre os diferentes pontos com uma trena para posteriormente verificar se as mesmas coincidem com as calculadas matematicamente.

Para a minimização dos possíveis erros sistemáticos a serem cometidos em um levantamento deve ser feito um controle no equipamento utilizado (por exemplo, verificar o comprimento de uma trena com uma distância controlada por outros equipamentos) ou planejar um método de operação do equipamento que permita a eliminação ou compensação dos erros sistemáticos (por exemplo, ao fazer um nivelamento geométrico colocar o instrumento a uma igual distância das miras). Segundo GEMAEL (1994), os erros sistemáticos tendem a se acumular, e os erros acidentais tendem a ser neutralizados quando cresce o número de medições.

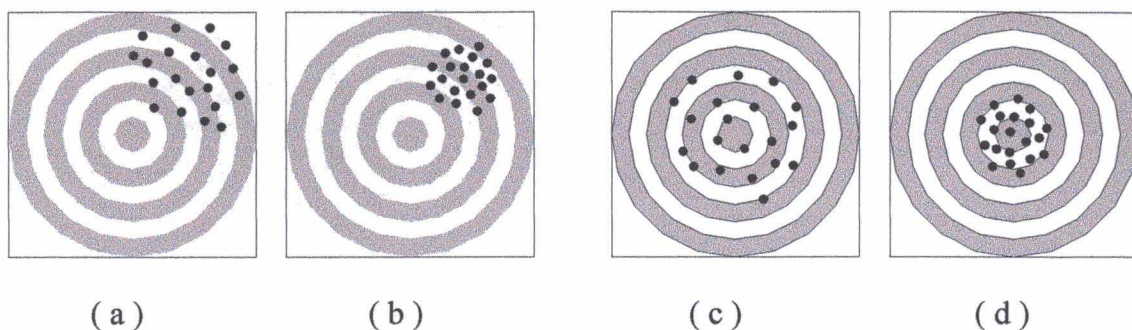
### 2.3.1. Precisão

A precisão se pode definir como: o grau de refinamento na execução de uma operação, ou o grau de perfeição nos instrumentos e métodos empregados quando são realizadas as medições (AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 1978).

ANDRADE (1998), estabelece que o conceito de precisão é melhor compreendido se for analisado com um exemplo de tiro ao alvo (vide Figura 1 a-b). Imagine que dois atiradores façam 20 disparos, ninguém acerta no centro, mas tem no conjunto diferente concentração ou espalhamento dos tiros, portanto, considera-se que é mais preciso aquele que tem uma maior concentração dos tiros.

O mesmo autor, exemplifica que no caso onde os 20 disparos tinham em seu conjunto diferente concentração ou espalhamento dos tiros, e considerando que os dois atiradores apontaram no centro do alvo; conclui-se que os dois resultados foram exatos, mas com diferente precisão (Figura 1 c-d).

- 
- Estação total: instrumento ótico eletrônico, composto por um teodolito que possui círculos eletrônicos e um sistema de medida de distância por ondas eletromagnéticas (EDM). (Bannister A. et al., 1992).



Fonte: ANDRADE (1999)

**FIGURA 1** – Precisão e exatidão das medidas

Portanto, o nível de precisão de uma medida realizada por um determinado instrumento entre dois pontos, aumentará quando se tiver uma maior quantidade de medidas entre os mesmos pontos.

## 2.4. Homogeneidade

Ao ter um conjunto de pontos medidos, pode-se estabelecer que eles são homogêneos quando todos os pontos têm a mesma precisão ou seja, tem o mesmo valor de erro em todos eles.

PHILIPS (1996), destaca que ao realizar-se um trabalho topográfico “*todas as medições feitas com diferentes métodos devem ser configuradas e calculadas para obter-se um resultado de coordenadas com precisões homogêneas com mínimas tolerâncias entre os pontos vizinhos, ou seja, que empreguem o princípio da vizinhança (vide item 2.4.1.)*”.

Existem softwares que realizam simulações na localização das estações que compõem a rede de apoio topográfica (por exemplo, o software NETS 2D), para desta forma previamente posicionar as estações e analisar se esta configuração permite obter um levantamento dos dados com uma melhor homogeneidade.



#### 2.4.1. Princípio de vizinhança

A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (1994), estabelece na NBR 13.133 – execução de levantamento topográfico - procedimento, no item 3.35 o *“Princípio de vizinhança: ... cada ponto deve ser amarrado ou relacionado a todos os pontos já determinados, para que haja uma otimização da distribuição dos erros”*.

O conceito de princípio de vizinhança é conhecido e fundamental para qualquer trabalho geodésico. Por exemplo, ao realizar um levantamento topográfico de uma poligonal fechada (por meio da medição de seus ângulos e lados) e ao fazer o cálculo das coordenadas dos vértices, é calculado e distribuído o erro angular e linear cometido no levantamento; permitindo desta forma que todos os vértices da poligonal fiquem com uma mesma porcentagem de erro, ou seja, homogêneos entre eles.

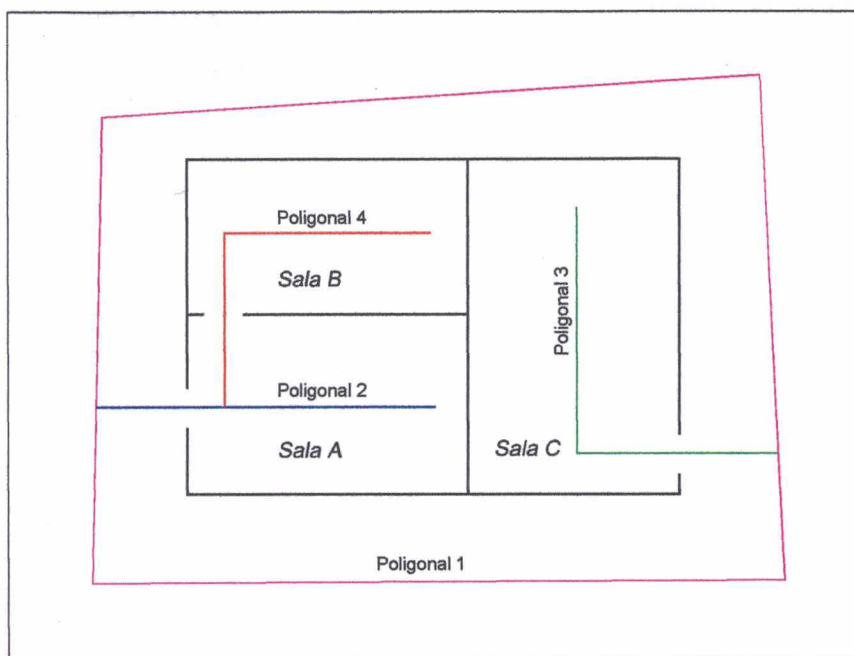
Contudo, situações reais de levantamento de um conjunto de pontos distribuídos no espaço, obrigam-nos o emprego de métodos (alinhamento, ortogonal ou polar) que permitam a aquisição e processamentos dos dados contendo o princípio de vizinhança ou a realização de um ajustamento espacial total dos dados. Para um melhor esclarecimento do método de alinhamento, ortogonal ou polar, pode-se recorrer a JORDAN (1974) ou a HASENACK (2000).

#### 2.4.2. Exemplo de homogeneidade

Para esclarecer o que é homogeneidade de precisão nos levantamentos de edificações, imaginemos uma edificação com três salas (*A*, *B* e *C*) em seu interior, onde as salas *A* e *C* têm saída ao exterior e a sala *B* está comunicada à sala *A* (vide Figura 2). Portanto, para obter um levantamento total da edificação, na parte externa e interna, deverão planejar-se poligonais que permitam a união das diferentes áreas.

Começando o levantamento pelo exterior do edifício e baseando-se em uma poligonal (1), os dados terão uma mesma precisão relacionada ao procedimento empregado. Continuando com o levantamento das salas *A* e *C*, onde se empregará o mesmo procedimento, serão relacionados os dados medidos com o levantamento do exterior por meio de duas poligonais (2 e 3). Os dados

obtidos nas salas internas vão ter uma igual precisão entre eles, mas será menor em relação ao exterior.



**FIGURA 2** – Exemplo do levantamento externo-interno de uma edificação

E finalmente, ao realizar o levantamento da sala *B* e relacionando as medições ao levantamento da sala *A*, por meio de uma poligonal (4), os dados obtidos nesta última sala terão uma precisão ainda menor em relação às demais salas. Portanto, pode-se analisar que o levantamento total do edifício não é homogêneo, já que tem diferentes níveis de precisão.

Porém, se empregarmos procedimentos de levantamentos de dados nas 3 salas *A*, *B* e *C* que contemplem manter a homogeneidade geométrica ou o ajustamento dos mesmos, se poderá obter um levantamento total do edifício com a mesma precisão; onde todos os dados levantados empregam o princípio de vizinhança.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

O desenvolvimento dos itens 3.1. e 3.2. foi realizado para permitir uma melhor descrição e compreensão do objeto empregado nesta pesquisa. Não obstante, os resultados podem ser extrapolados a outros objetos semelhantes, localizados em qualquer lugar.

#### 3.1. Localização do campus da UFSC

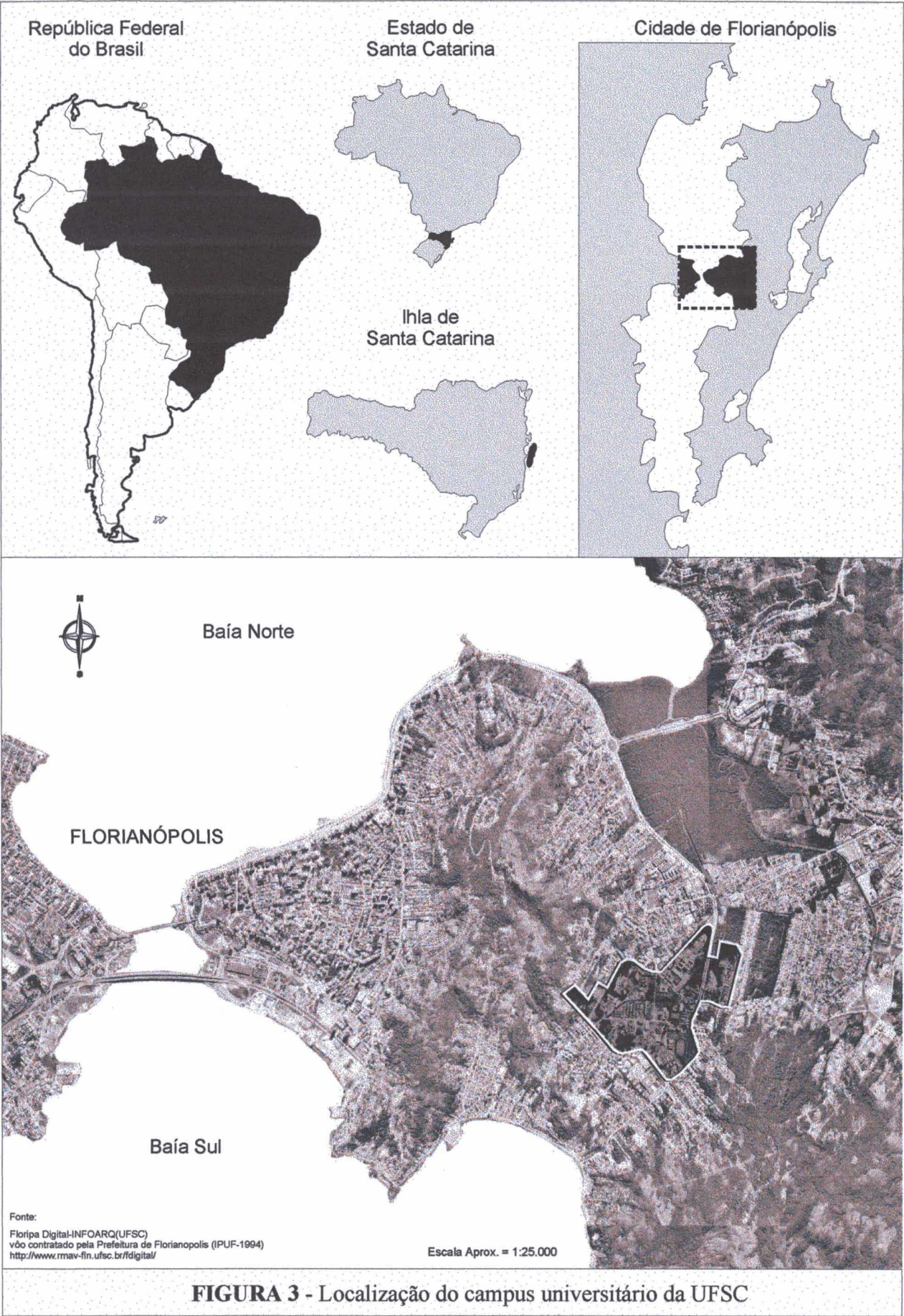
O Estado de Santa Catarina localiza-se na região sul da República Federativa do Brasil e tem uma área de 95.483 km<sup>2</sup>, onde sua capital é a cidade de Florianópolis, que está localizada na Ilha de Santa Catarina. Na mesma Ilha, no bairro Trindade, localiza-se o campus universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que tem uma superfície de aproximadamente 1.020.769 m<sup>2</sup>. (Figura 3).

#### História

Segundo LIMA (1980), a Universidade foi criada pela lei nº 3.849 do 18/12/60, e por meio da lei nº 2.664 do 20/01/61, o Governo do Estado autorizou a doação à União para incorporar à Universidade os terrenos onde funcionara a Fazenda Modelo Assis Brasil, na qual se instalaria o campus da Universidade Estadual. Além da doação dessa fazenda, o governo estadual ainda assumiu o compromisso de desapropriar outros 44 terrenos confrontantes com a fazenda para doação à UFSC.

Em 1965, cria-se o Departamento de Engenharia e Arquitetura (DEA) com o objetivo de executar as tarefas de planejamento, projetos e obras da UFSC. Em setembro de 1976, extingue-se o DEA e cria-se o Escritório Técnico-Administrativo da UFSC (ETUSC), sendo este organismo encarregado da administração e fiscalização da execução dos diferentes projetos arquitetônicos e de engenharia. Finalmente em 1992, o ETUSC foi transformado em coordenadoria do espaço físico e vinculado à Secretaria Especial de Planejamento da UFSC (SEPLAN).







## Programa PROBRAL

Dentro dos distintos convênios efetuados pela UFSC, encontra-se o programa PROBRAL, que iniciou em 1994, sendo um projeto de troca de pessoas baseada no DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst, Serviço Alemão Acadêmico de Troca) e o da Coordenação Brasileira de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Dentro do programa encontra-se, o projeto “*Sistema de informações para os campus universitários da UFSC (Brasil) e da Uni-Karlsruhe (na Alemanha)*”, tendo o Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da UFSC do lado brasileiro e o Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung do lado alemão como executores da proposta. Os objetivos do projeto, segundo HECKMANN et al. (1999), são:

- criar um modelo de sistema de informação do campus para um melhor planejamento nas Universidades;
- intensificar discussões sobre características peculiares de ambas as Universidades que consideram diferentes formas de planejar;
- comparar as diferentes metodologias que poderiam ser aplicadas à administração e planejamento do domínio físico de áreas, por exemplo Universidades;
- facilitar o intercâmbio entre investigadores alemães e brasileiros possibilitando visitas para verificar as diferenças e dificuldades no planejamento de campus universitário.

Esta pesquisa tem como fim que suas análises e conclusões sejam utilizáveis neste projeto PROBRAL, especificamente na criação do modelo de sistema de informação do campus.

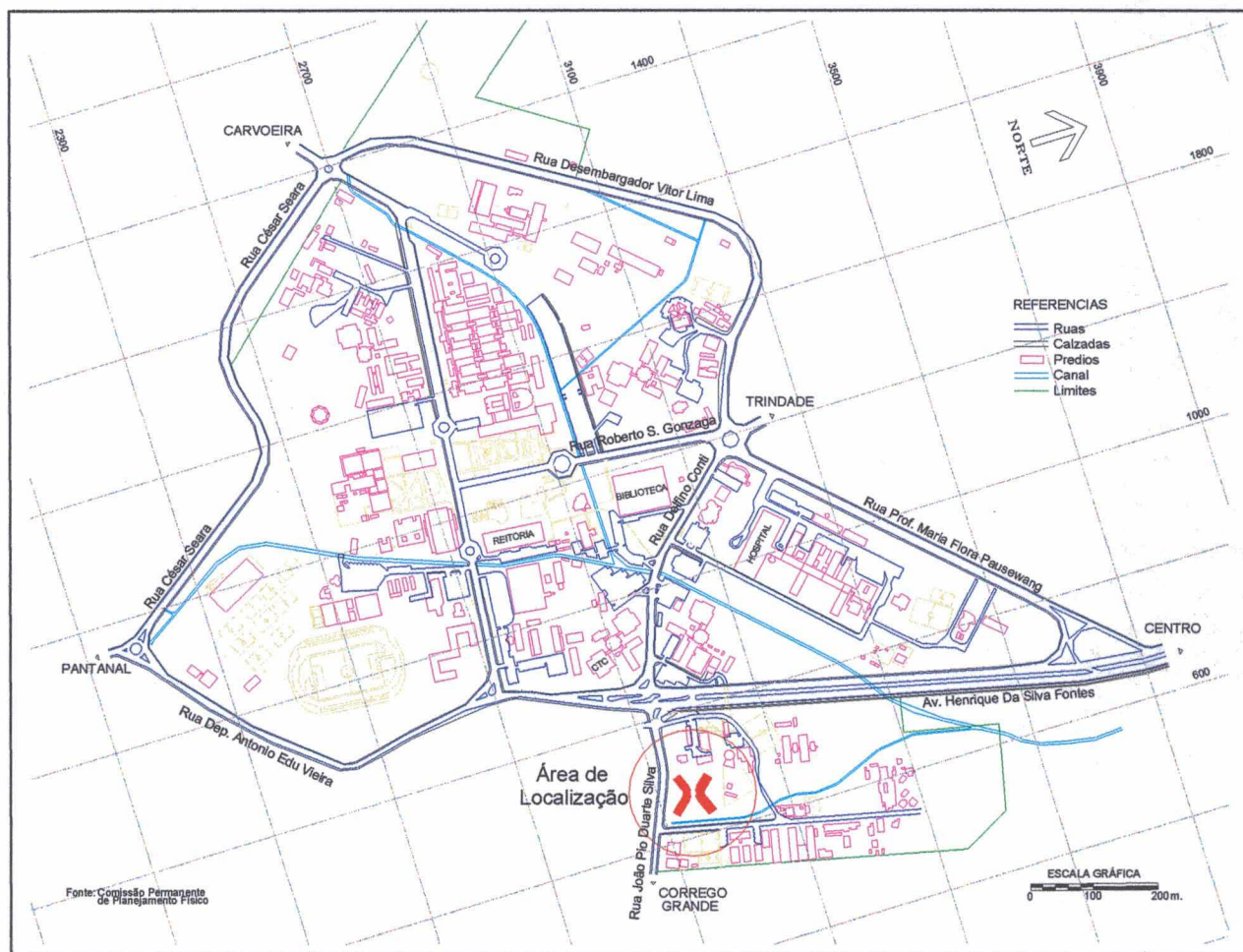
### **3.2. Localização e história do edifício da Engenharia Civil**

O pavilhão da Engenharia Civil, foi construído em 1965 na área designada para o Centro Tecnológico (CTC), tendo uma superfície de 30 x 60 m onde se encontravam laboratórios e salas de professores que eram compartilhados com a Engenharia Sanitária.

Em abril de 1997, aconteceu um incêndio no edifício ocasionando a destruição completa do mesmo, não obstante, nesse momento, vinha sendo realizada a construção de um novo prédio

que contornava o que sofreu o incêndio. Conjuntamente com o desenvolvimento da construção, surgiu a proposta de fazer um novo projeto de edifício localizado em outro setor do campus. Determinou-se, então, a elaboração de novo projeto de edifício que seria utilizado para a Engenharia Civil, e o edifício que estava por ser terminado seria utilizado para a Engenharia Sanitária.

O novo projeto seria composto de dois edifícios de cinco pavimentos cada um, confrontando ao norte com a prefeitura e o horto-florestal; ao sul com a rua João Pio Duarte Silva; a este com a rua interna do campus de acesso ao Biotério, ao Sindicato dos Trabalhadores da UFSC (SINTUFSC) e ao edifício da Engenharia Química; e a oeste com a sede do Projeto Larus e o Escritório Técnico-administrativo da UFSC (ETUSC). (Figura 4).



**FIGURA 4** – Localização dos edifícios da engenharia civil



A construção dos dois novos edifícios começou em janeiro de 1998, e atualmente possuem três pavimentos cada um. Em outubro de 1999, teve início a ocupação parcial em um dos edifícios com profissionais da Engenharia Civil.

### 3.3. Áreas de estudo no edifício

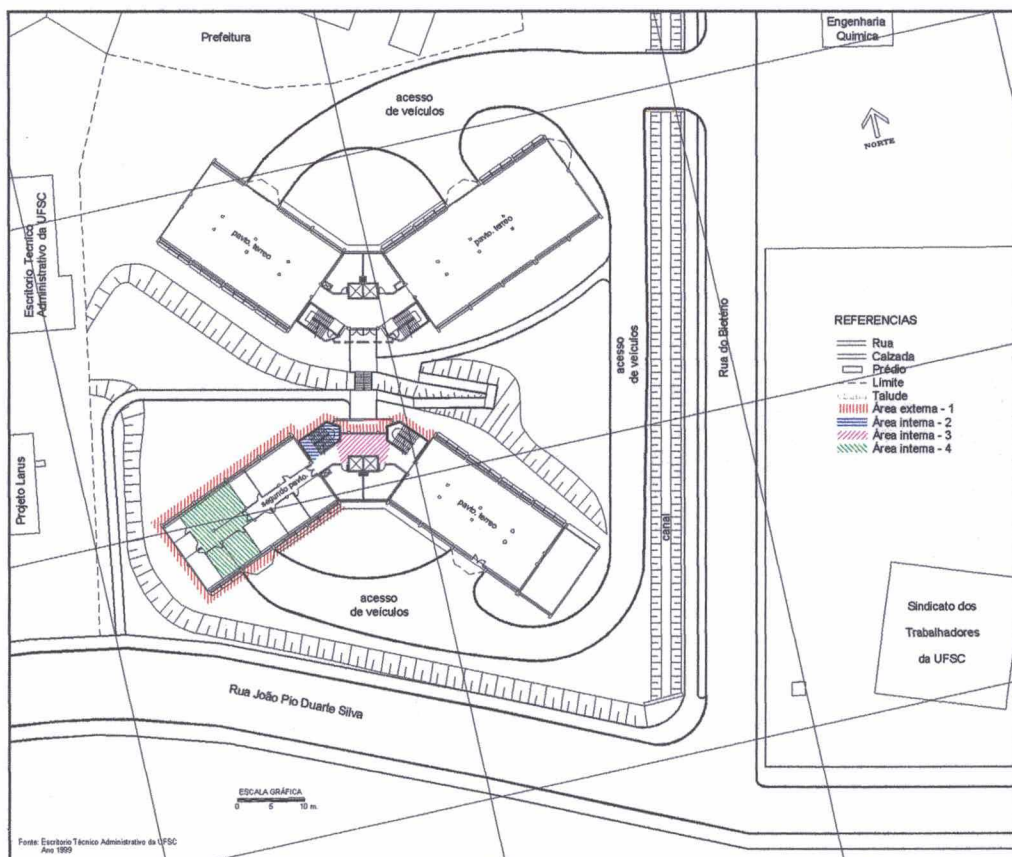
As áreas definidas para a pesquisa localizam-se no edifício da Engenharia Civil, Bloco U (ao sul), estabelecendo quatro áreas (Figura 5):

Área 1 – parte exterior do edifício, correspondendo os três lados da ala C e lado norte do bloco de ligação.

Área 2 - escada de comunicação do pavimento térreo com o primeiro andar, do lado oeste.

Área 3 – hall de ligação entre as alas C e D do edifício, no primeiro andar.

Área 4 – sala principal e conjunto de salas pertencentes ao Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, localizados na ala C (oeste) no primeiro andar.



**FIGURA 5 – Localização das áreas de estudo**

## 4. MÉTODO

### 4.1. Equipamentos e materiais

Os equipamentos topográfico, fotográfico, softwares e computador, empregados nesta pesquisa encontram-se no Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento; no Laboratório de Geociências da UFSC e na Escola Técnica Federal de Santa Catarina. O material cartográfico localiza-se no ETUSC e na Comissão Permanente de Planejamento Físico (CPPF).

#### 4.1.1. Equipamento topográfico

- Estação total TOPCON GTS-211D e acessórios (tripé da estação, prisma, bastão do prisma);
- Nível ZEISS Ni 40 e acessórios (tripé do nível, miras de alumínio dobradiças ou de madeira);
- Trena de aço (50 m) e trena de plástico (10 m);
- Acessórios (balizas, marcos de concreto, de aço e pregos, triângulos de madeira, cordas).

#### Características da estação total GTS-211D

A estação total tem as seguintes características:

- comprimento: 153 mm
- imagem: direta
- desvio padrão linear:  $\pm(3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}) \text{ m.s.e.}$
- desvio padrão angular: 5 "
- display de medição: 9 dígitos (999999.999)
- foco mínimo: 0.9 m
- sensibilidade do nível:
  - nível circular 10'/2 mm
  - nível tubular 30"/2 mm

#### 4.1.2. Equipamento fotográfico

- Câmara fotográfica OLYMPUS Camedia C-820L (digital, não métrica);
- Alvos de 7 cm e 18 cm de diâmetro (impressos em papel de 240 gramas);
- Fita adesiva de 1,7 cm e 5 cm de largura (transparente).

#### Características da câmara fotográfica OLYMPUS Camedia C-820L

É uma câmara digital que tem um monitor LCD de 5,1 cm o qual permite observar o que a câmara está focalizando, tendo uma distância de focalização no modo macro de 0,20 – 0,70 m e no modo normal de 0,70 m a infinito.

O registro das fotografias é em um cartão de memória removível SmartMedia (SSFDC). Este cartão tem uma capacidade de 8 MB podendo registrar 120, 40 ou 16 fotografias de baixa, meia e alta qualidade, respectivamente. As imagens obtidas em alta qualidade têm as dimensões de 1.024 x 768 pixels.

#### 4.1.3. Equipamento de computação

- Computador;
- Software Coletor - Utilitário de comunicação – Versão 1.6 (transfere dados da estação total ao computador);
- Software TopoGRAPH – Versão 3.1 (processa e calcula dados topográficos);
- Software Geod – Versão 3.02 (calcula as coordenadas de pontos geodésicos e administra as coordenadas);
- Software Olympus Digital Vision – Versão 3.1 (transfere fotografias da câmara digital ao computador);
- Software Photomodeler Pro 3.1 (extrai medições e modelos em 3D a partir de fotografias);
- Software AutoCAD 14 (ferramenta de desenho);
- Software Aetra – Versão 2.0 (realiza transformação de similaridade com pontos idênticos estocásticos).



### Características do software de restituição Photomodeler Pro 3.0

EOS SYSTEMS INC (1997), define o Photomodeler como “*um sistema fotogramétrico analítico convergente à curta distância, que permite a extração de dados, medições e modelos em 3D das fotografias*”.

Há que se destacar que o software Photomodeler não apresenta ao operador, na tela do computador, uma visão estereoscópica do objeto fotografado sendo que ele exige a demarcação individual de cada ponto a restituir no mínimo em três fotografias. Ao demarcar vários pontos, os quais podem formar linhas ou superfícies, pode-se observar o modelo restituído em 3D.

Quanto à sua precisão, HANKE (2000) realizou um estudo comparativo com o Photomodeler em diferentes situações e empregando distintas câmaras, obtendo uma exatidão de 1:1.700 a 1:6.500 nas distâncias medidas do tamanho do objeto e nas coordenadas dos pontos de 1:8.000. O mesmo autor especifica que desta forma se manifesta “*sua eficiência para uma grande área de aplicações da fotogrametria. Não obstante, a exatidão obtida depende de vários fatores relacionados ao uso da câmara e seu manejo, além das características do objeto, seu tamanho e da clara definição dos pontos medidos sejam naturais ou artificiais*”.

#### 4.1.4. Materiais

Os materiais cartográficos empregados nesta pesquisa localizam-se no ETUSC e na Comissão Permanente de Planejamento Físico (CPPF) da UFSC. Os materiais utilizados foram:

- Planta do Campus Universitário;
- Plantas do projeto arquitetônico do edifício da Engenharia Civil, Bloco U.

#### 4.2. Levantamento topográfico

O objetivo do levantamento topográfico foi determinar as coordenadas geométricas dos diferentes pontos de apoio que foram distribuídos na parte exterior e interior do edifício, os quais deviam estar correlacionados.

Portanto, foi necessário definir uma poligonal externa ao edifício e poligonais internas que permitissem a inter-relação dos diferentes pontos de apoio distribuídos pelas diferentes áreas de estudo, onde cada vértice das poligonais deveria ter suas coordenadas X, Y e Z.

KISSAM (1967), estabelece que a precisão de um levantamento topográfico encontra-se influenciada por três fatores: a precisão dos instrumentos, a precisão dos métodos e um adequado planejamento. Sendo que, no último fator, inclui a escolha e preparação correta do controle do trabalho e a escolha dos instrumentos e métodos mais adequados para cada operação.

Para a definição das características da execução do levantamento topográfico e classificação dos instrumentos topográficos a empregar, estabeleceu-se a utilização das normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13.133.

#### 4.2.1. Análises das normas para execução do levantamento topográfico

A NBR 13.133 estabelece diferentes métodos para levantamentos topográficos planialtimétricos, levantamento planialtimétrico cadastral, levantamento planimétrico – poligonais, rede de referência cadastral municipal – poligonais e nivelamento de linhas, circuitos e seções. Analisando as características do levantamento a ser executado verificou-se que se ajustava à classe II PRC, da rede de referência cadastral municipal. (Vide Quadro 1).

A norma, no item 6.4.4, determina que: *“as duas classes de levantamento para a construção da rede de referência cadastral municipal (I PRC e II PRC), nas áreas urbanas, objetivam a criação de uma rede de vértices e pontos aos quais são amarrados todos os levantamentos topográficos e locação,...”* e com respeito à classe II PRC define como: *“poligonais auxiliares da rede de referência cadastral municipal destinada à determinação dos pontos referenciadores de quadra ou de glebas”*.

**QUADRO 1** – Rede de referência cadastral municipal – poligonais, classe II PRC.

|                                            |                                  |                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>METODOLOGIA</b>                         | Angular                          | Método das direções duas séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 2.                                                                   |
|                                            | Linear                           | Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico classe 1 ou medidas com trena aferida e aplicação de correções de dilatação, tensão, catenária e redução ao horizonte. |
| <b>DESENVOLVIMENTO</b>                     | Extensão máxima (L)              | 650 m                                                                                                                                                                                 |
|                                            | Lado mínimo ( $d_{\min}$ )       | 40 m                                                                                                                                                                                  |
|                                            | Lado médio ( $d_{\text{méd}}$ ): | $\geq 80$ m                                                                                                                                                                           |
|                                            | Número máximo de vértices (N):   | 9                                                                                                                                                                                     |
| <b>NIVELAMENTO GEOMÉTRICO DOS VÉRTICES</b> |                                  | $20 \text{ mm } \sqrt{K}$ (II N)                                                                                                                                                      |
| <b>MATERIALIZAÇÃO</b>                      |                                  | Marcos ou pinos                                                                                                                                                                       |

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13.133.

Analisando o Quadro 1, pode-se observar que é determinado que no nivelamento geométrico dos vértices deve-se empregar a classe II N, do nivelamento de linhas ou circuitos ou seções. (Vide Quadro 2).

**QUADRO 2** - Nivelamento de linhas ou circuitos ou seções, classe II N.

|                                  |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>METODOLOGIA</b>               |                 | Nivelamento geométrico a ser executado com nível de classe 2, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado, com pontos de segurança a cada dois km, no máximo. |
| <b>DESENVOLVIMENTO</b>           | Extensão máxima | 10 km                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                  | Lance máximo    | 80 m                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                  | Lance mínimo    | 15 m                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>TOLERÂNCIAS DE FECHAMENTO</b> |                 | $20 \text{ mm } \sqrt{K}$                                                                                                                                                                                                                                            |

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13.133.



Quanto às características do instrumental topográfico, no Quadro 1 determina-se a classe do teodolito a empregar (classe 2), e no Quadro 2 determina-se a classe do nível a empregar (classe 2). (Vide Quadro 3, 4 e 5).

**QUADRO 3 – Classificação de teodolitos.**

| Classe de teodolitos | Desvio-padrão / precisão angular |
|----------------------|----------------------------------|
| 1 – precisão baixa   | $\leq \pm 30''$                  |
| 2 – precisão média   | $\leq \pm 07''$                  |
| 3 – precisão alta    | $\leq \pm 02''$                  |

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13.133.

**QUADRO 4 – Classificação de estações totais.**

| Classe de estações totais | Desvio-padrão / precisão angular | Desvio-padrão / precisão linear                |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 – precisão baixa        | $\leq \pm 30''$                  | $\pm (5 \text{ mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$ |
| 2 – precisão média        | $\leq \pm 07''$                  | $\pm (5 \text{ mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$  |
| 3 – precisão alta         | $\leq \pm 02''$                  | $\pm (3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$  |

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13.133.

**QUADRO 5 – Classificação dos níveis.**

| Classe de estações totais | Desvio-padrão               |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1 – precisão baixa        | $> \pm 10 \text{ mm/km}$    |
| 2 – precisão média        | $\leq \pm 10 \text{ mm/km}$ |
| 3 – precisão alta         | $\leq \pm 3 \text{ mm/km}$  |
| 4 – precisão muito alta   | $\leq \pm 1 \text{ mm/km}$  |

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13.133.

Quando se comparam os dados estabelecidos na classificação dos teodolitos e níveis, e os dados estabelecidos segundo os manuais do equipamento proposto:

- estação total TOPCON GTS-211D:  $\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}) \text{ ms.e.}$   
desvio padrão: 5 "
- nível ZEISS Ni 40  $\leq \pm 10 \text{ mm/km}$

Pode-se afirmar que estes equipamentos se ajustam dentro das especificações solicitadas para o desenvolvimento dos levantamentos topográficos da classe II PRC e II N.

#### 4.2.2. Determinação e cálculo da poligonal externa

Segundo SILVA (1995), *“o estudo de uma rede de levantamento visando a otimização da precisão, exatidão, confiabilidade e custos são uma parte essencial de qualquer tarefa de medição”*.

Portanto, o primeiro passo a ser dado, será o reconhecimento das características construtivas externas do edifício e a distribuição das áreas internas, como também das características topográficas e do solo, em torno do edifício. (Figura 6).

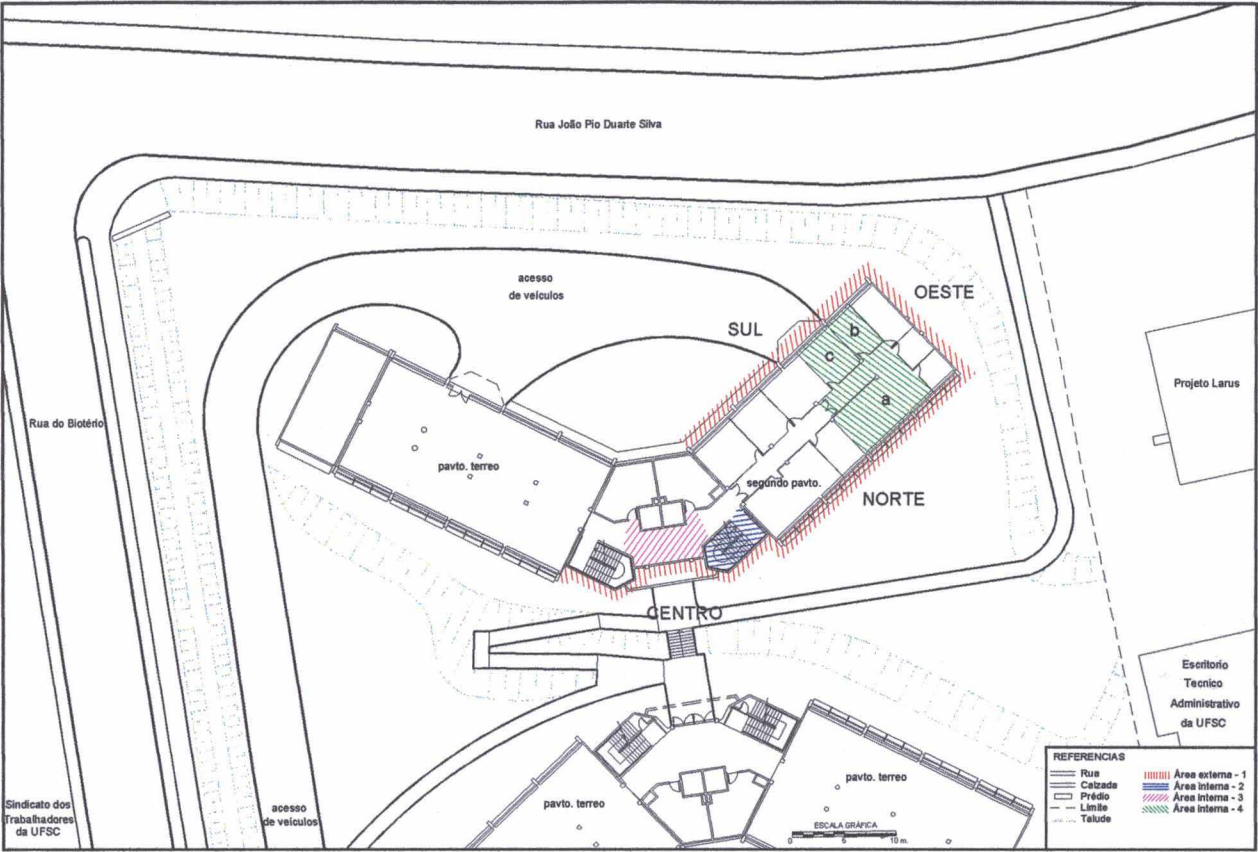
Analizando uma distribuição aproximada dos pontos de apoio que permitiram o levantamento das características principais do exterior do edifício, determinou-se que cada uma das fachadas da construção (identificadas como: centro, norte, oeste e este) deveriam ser levantadas por meio de duas estações instrumentais\*.

Estas estações instrumentais deveriam estar incorporadas no traçado da poligonal e localizadas, se possível, à mesma distância da fachada e eqüidistante em relação ao centro de cada fachada. A principal preocupação na localização da estação instrumental é que ela deve permitir o levantamento dos pontos de apoio por meio de uma adequada intersecção de visada, já que isto tem influência na determinação da precisão dos pontos de apoio.

Considerando ainda que uma poligonal fechada tende a ser mais precisa quanto menor for o número de lados (já que o levantamento com menor número de lados implica menores possibilidades de erros) planejou-se o traçado da poligonal fechada em torno do edifício.

---

\* Estação instrumental: a estação onde um instrumento de medição é colocado para realizar as medições. (American Society of Civil Engineers, 1978).



Fachadas centro e norte



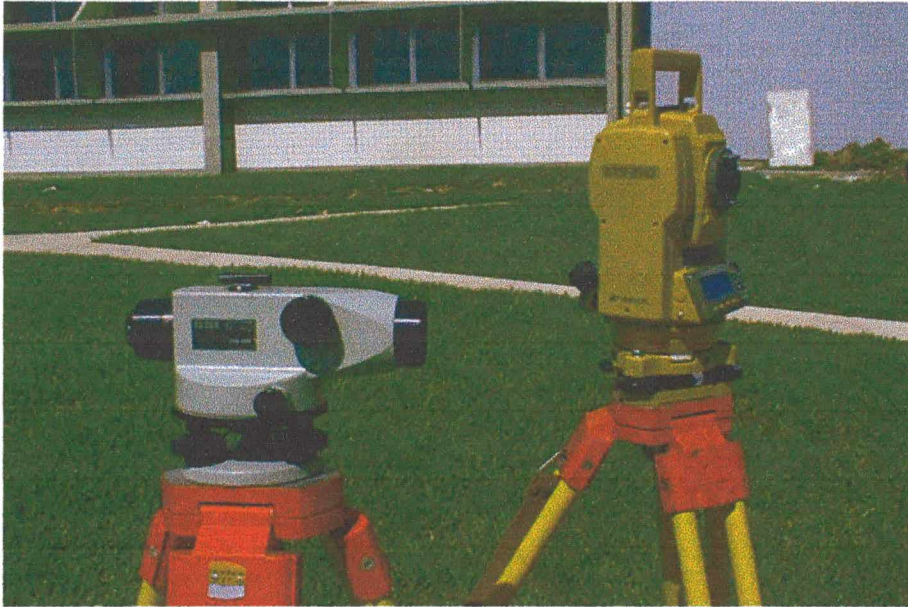
Fachadas oeste e sul

**FIGURA 6–** Características construtivas externas e em torno do edifício.

Demarcação e materialização

Tomando a estação total e os acessórios (tripé, baliza, prisma, bastão, trena e marcos) começou-se a fazer a demarcação e a materialização dos pontos da poligonal. Para a materialização utilizou-se marcos de concreto, pinos ou pregos de aço. (Figura 7 e 8).





**FIGURA 7** – Estação total TOPCON GTS-211D e nível ZEISS Ni 40.



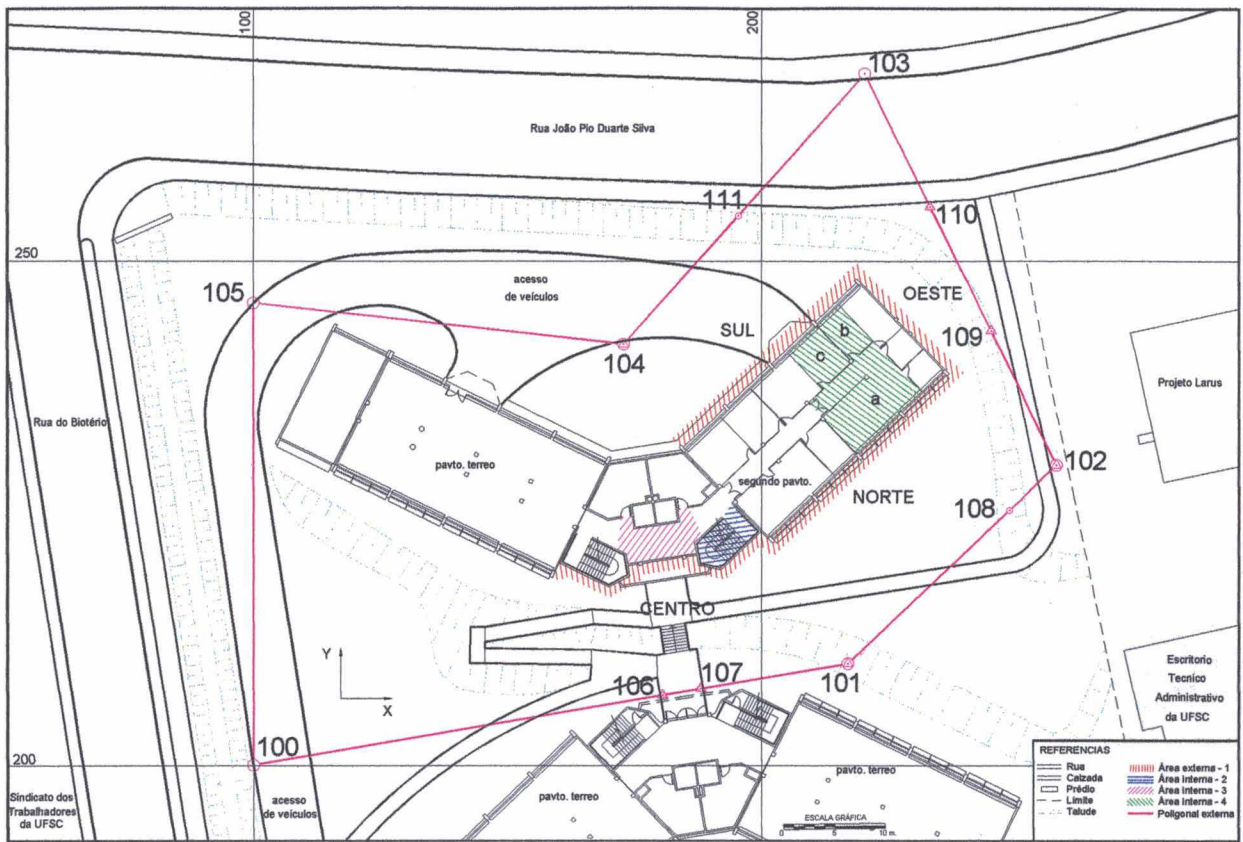
Marco de concreto

Pino

Prego

**FIGURA 8** – Marcos de concreto, pinos e prego de aço.

Materializado o vértice 100, por meio de um prego de aço no meio-fio da calçada, posicionou-se, nivelou-se e mediu-se a altura da estação total, determinando-se um alinhamento aproximado (100-101) e materializou-se o vértice 101 por meio de um marco de concreto e os pontos 106 e 107 com pregos de aço. Logo se tomaram as medidas lineares 100-101, 100-106 e 100-107 por meio de processo eletrônico no refletor, colocado sobre cada ponto a uma altura de 1,50 m. (Figura 9).



**FIGURA 9** – Localização e identificação dos vértices e pontos da poligonal externa.

Posicionando a estação total no vértice 101 e fazendo visada para o vértice 102, materializado com um marco de concreto, definiu-se o ponto 108 no mesmo alinhamento com um pino. Fez-se a medição angular empregando o método estabelecido pela NBR 13.133 na classe II PRC (duas séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical) e as medições lineares 101-100, 101-106, 101-107, 101-102 e 101-108.

Devido ao desnível existente entre os vértices 101 e 102 (de aproximadamente 1,80 m), adotou-se a colocação de um suporte para baliza com um prumo de cordão verticalizado no centro do marco para a medição angular ao vértice 104. Não foi empregado um bastão do prisma ou uma baliza, já que no campo de visada do ocular da estação atingia muito espaço e não permitia uma visada correta na localização do vértice 102, no entanto ao colocar o prumo de cordão poderia ser visado o cordão do prumo, o que aumentaria a precisão na visada angular. (Figura 10). Um maior detalhe da baliza com um prumo de cordão é apresentado na Figura 22 (pág. 54).



Posteriormente, fazendo a calagem da estação no vértice 102, materializou-se o vértice 103 (prego de aço) e os pontos 109 e 110 (pinos), e colocando o suporte para baliza com um prumo de cordão no vértice 101, foram feitas as medições angulares e as medições lineares 102-101, 102-108, 102-103, 102-109 e 102-110.



**FIGURA 10** – Suporte de baliza com prumo de cordão.

Tendo início no vértice 103, materializou-se o vértice 104 (concreto) e o ponto 111 (pino), fez-se as medições angulares e lineares 103-102, 103-109, 103-110, 103-104 e 103-111. Partindo do vértice 104, se materializou o vértice 105 (prego de aço) e foram feitas as medições angulares e lineares 104-103, 104-111 e 104-105.

Finalmente, tomando como base o vértice 105 foram feitas as medições angulares e lineares 105-104 e 105-100, e no vértice 100 as medições angular e linear 100-105; ficando desta forma a poligonal fechada. É necessário esclarecer que em cada uma das estações realizadas nos vértices da poligonal se mediu a altura da estação total; a altura do prisma foi fixada em 1,50 m e todos os dados medidos foram gravados no coletor de dados na memória interna da estação total.



Na execução do nivelamento geométrico da poligonal foi utilizada uma mira dobrável centimétrica e provida de prumo esférico; o nível foi colocado eqüidistantemente entre os pontos a medir, sendo as leituras realizadas no fio médio, e no sentido de ida e volta.

### Cálculo da poligonal

De acordo com DALLAS (1990), o erro máximo de fechamento na poligonal, para um levantamento arquitetural, não deve ser maior do que  $\pm 10$  mm.

Primeiramente, teve-se que estabelecer um sistema de coordenadas topográficas com origem arbitrária, para poder referenciar todo o levantamento externo e interno do edifício a um mesmo referencial. Nas aplicações fotogramétricas, os sistemas de coordenadas arbitrárias ou locais, devem estar orientados da seguinte forma:

- Coordenadas X: aumentando da esquerda à direita;
- Coordenadas Y: aumentando uma posição fixa para frente;
- Coordenadas Z: aumentando de abaixo para cima.

Portanto, determinou-se que, para o ponto 100 seriam adotadas as coordenadas: X= 100 m, Y= 200 m e Z= 10 m; e que o lado da poligonal 100-105 coincidiria com a coordenada X= 100 m. (Figura 9).

Transferindo os arquivos de dados das medidas registradas na estação total, por meio do software Coletor, se procedeu ao processamento das poligonais por meio do software TopoGRAF (cedido gentilmente pela Escola Técnica Federal de Santa Catarina), que trabalha segundo as normas estabelecidas pela NBR 13.133. Os dados finais obtidos foram as coordenadas dos vértices da poligonal, compensadas dos erros lineares e angulares cometidos no levantamento. (Quadro 6 e ANEXO A).

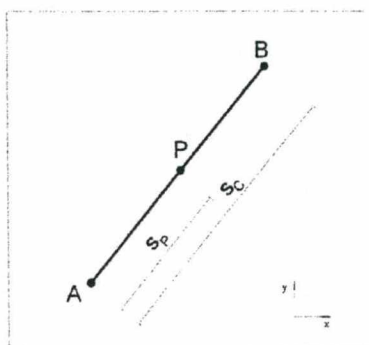
Para o cálculo das coordenadas dos pontos intermediários, localizados sobre o alinhamento entre os vértices da poligonal, optou-se por fazer o cálculo dos mesmos tendo em conta o princípio de vizinhança, o qual permitiria que ficassem com o mesmo nível de precisão que os vértices da poligonal, ou seja, homogêneos entre eles.

### QUADRO 6 – Dados obtidos pelo software TopoGRAF no cálculo da poligonal externa.

|                                     |            |                |           |                                     |          |              |             |          |
|-------------------------------------|------------|----------------|-----------|-------------------------------------|----------|--------------|-------------|----------|
| ESC. TECNICA FED. DE SANTA CATARINA |            | DIA.: 16-02-10 |           | HORA.: 17:58:01                     |          | FOLHA No 001 |             |          |
| CLIENTE.: 999 MARIO                 |            |                |           | TRABALHO.....: 99 POLIGONAL EXTERNA |          |              |             |          |
| OBRA.....: 999 POLIGONAL EXTERNA    |            |                |           | LOCAL.....: CAMPUS UFSC             |          |              |             |          |
| LISTAGEM DA POLIGONAL               |            |                |           | REFERENCIA.....: 99 47101           |          |              |             |          |
| ESTACAO                             | ANG.HORI.  | AZIMUTE        | DISTANCIA | X                                   | Y        | COTA         | ERRO MEDIO  | ESTACAO  |
| 105                                 |            | 180.00.000     |           |                                     |          |              |             |          |
| 100                                 | 80.14.160  |                |           | 100.0000                            | 200.0000 | 10.000       |             | 100      |
|                                     |            | 80.14.151      | 59.315    |                                     |          |              | 1:42366     |          |
| 101                                 | 146.06.097 |                |           | 158.4558                            | 210.0576 | 11.449       |             | 101      |
|                                     |            | 46.20.229      | 28.534    |                                     |          |              | 1:24599     |          |
| 102                                 | 107.33.175 |                |           | 179.0986                            | 229.7570 | 13.251       |             | 102      |
|                                     |            | 333.53.502     | 43.147    |                                     |          |              | 1:20165     |          |
| 103                                 | 67.32.230  |                |           | 160.1147                            | 268.5034 | 13.475       |             | 103      |
|                                     |            | 221.26.105     | 35.701    |                                     |          |              | 1:23177     |          |
| 104                                 | 234.57.455 |                |           | 136.4884                            | 241.7388 | 12.115       |             | 104      |
|                                     |            | 276.23.547     | 36.717    |                                     |          |              | 1:43972     |          |
| 105                                 | 83.36.067  |                |           | 100.0000                            | 245.8307 | 11.842       |             | 105      |
|                                     |            | 180.00.000     | 45.831    |                                     |          |              | 1:18466     |          |
| 100                                 | 0.00.000   |                |           | 100.0000                            | 200.0000 | 10.000       |             | 100      |
|                                     |            | 0.00.000       |           |                                     |          |              |             |          |
| 105                                 |            |                |           |                                     |          |              |             |          |
|                                     |            |                |           |                                     |          | ERROS        | TOLERANCIAS |          |
| CLASSE: II PRC                      |            |                |           | Angular.....:                       |          | 0.00.015     |             | 0.02.387 |
| TIPO : 1                            |            |                |           | Linear.....:                        |          | 0.0086 m     |             | 0.1498 m |
| a.....: 0.00.000 c.....: 0.000      |            |                |           | Eixo X.....:                        |          | -0.0035 m    |             |          |
| b.....: 0.01.000 d.....: 0.300      |            |                |           | Eixo Y.....:                        |          | -0.0079 m    |             |          |
| Vertices.....: 7                    |            |                |           | ErD maximo...:                      |          | 1:18466      |             | 1:679    |
| Nível de Ref: 10.000                |            |                |           | eAZ.....:                           |          | 0.00.003     |             | 0.01.000 |
| Perimetro.....: 249.2455 m          |            |                |           | eV.....:                            |          | 0.0019 m     |             | 0.0611 m |
| Area.....: 3127.7203 m2             |            |                |           | Relativo.....:                      |          | 1:28973      |             | 1:1664   |
|                                     |            |                |           | Altimétrico...:                     |          | 0.003 m      |             | 0.004 m  |
| ESC. TECNICA FED. DE SANTA CATARINA |            |                |           | topoGRAPH                           |          |              |             |          |

Observação: software cedido pela Escola Técnica Federal de Santa Catarina.

Para isso, utilizou-se o método de alinhamento. Este método emprega as seguintes fórmulas:



Dados:

$X_A, Y_A, X_B, Y_B, S_C$  (trena),  $S_P$  (trena)

Incógnitas:

$X_P, Y_P$

$$X_P = X_A + (\Delta x / S_C) \cdot S_P$$

$$Y_P = Y_A + (\Delta y / S_C) \cdot S_P$$

Por meio deste método, se calcularam as coordenadas dos pontos: 106, 107, 108, 109, 110 e 111. No Quadro 7, podem ser observadas as coordenadas dos vértices e pontos que compõem a poligonal externa.

**QUADRO 7** – Coordenadas dos vértices e pontos da poligonal

| <b>Vértice<br/>ou Ponto</b> | <b>Coordenadas<br/>X</b> | <b>Coordenadas<br/>Y</b> | <b>Coordenadas<br/>Z</b> |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 100                         | 1.000.000                | 2.000.000                | 10.000                   |
| 101                         | 1.584.558                | 2.100.576                | 11.454                   |
| 102                         | 1.790.986                | 2.297.570                | 13.257                   |
| 103                         | 1.601.147                | 2.685.034                | 13.483                   |
| 104                         | 1.364.884                | 2.417.388                | 12.123                   |
| 105                         | 1.000.000                | 2.458.307                | 11.843                   |
| 106                         | 1.403.154                | 2.069.365                | 10.409                   |
| 107                         | 1.440.486                | 2.075.788                | 10.406                   |
| 108                         | 1.743.852                | 2.252.590                | 12.603                   |
| 109                         | 1.725.845                | 2.430.523                | 13.220                   |
| 110                         | 1.665.553                | 2.553.581                | 13.382                   |
| 111                         | 1.477.162                | 2.544.580                | 13.332                   |

O método de alinhamento empregado para levantamentos cadastrais, foi desenvolvido na pesquisa de HASENACK (2000).

#### 4.2.3. Determinação e cálculo das poligonais internas

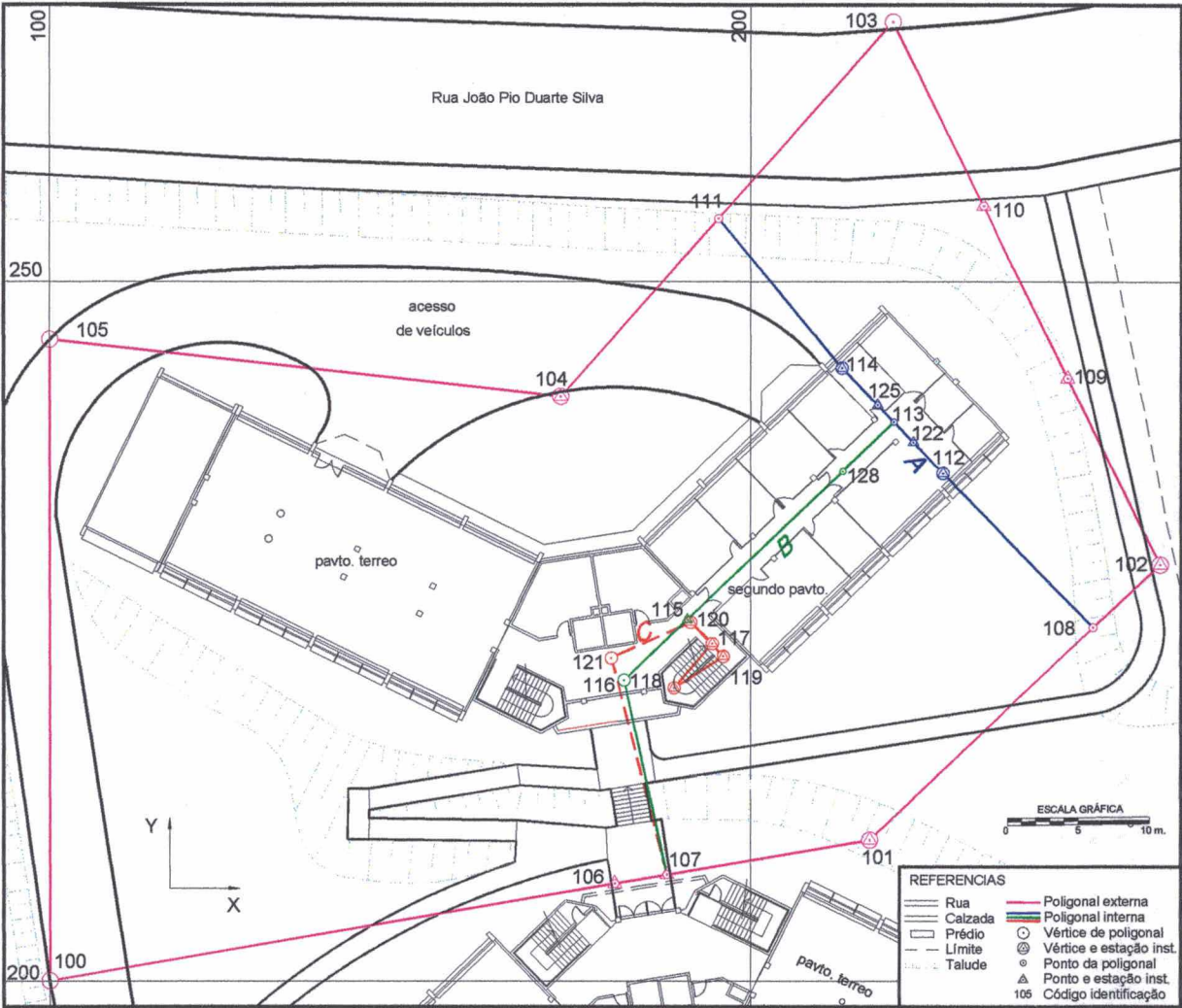
Segundo MONTI et al. (1999), as redes secundárias deveriam conectar-se a pelo menos três vértices da rede principal de apoio.

Analisando a distribuição das áreas de estudo internas ao edifício (vide Figura 9, pág. 37), determinou-se que seriam necessários o planejamento e a demarcação de três poligonais internas (A, B e C) (Figura 11). Permitindo, desta forma, o relacionamento das estações instrumentais distribuídas no interior, as quais fariam as medições aos pontos de apoio distribuídos pelas diversas áreas, com a poligonal externa

Quanto à distribuição das estações instrumentais em cada área e setor de estudo, determinou-se que seriam necessárias, no mínimo, quatro estações para o levantamento dos



pontos de apoio. No caso específico do setor 4-a, seriam cinco estações e na área 1 se empregariam os mesmos vértices da poligonal como estações instrumentais.



**FIGURA 11 – Localização e identificação das poligonais internas.**

Demarcação e materialização

Para a demarcação da poligonal A, começou-se fazendo a calagem da estação total no ponto 108 da poligonal externa. Visando por uma das janelas do setor 4-a se definiu a localização do vértice 112. Posteriormente, foram feitas as medidas lineares e angulares correspondentes, para o caso da medida angular no ponto 112, verticalizou-se um prumo de cordão colocado no suporte para baliza para se obter uma melhor precisão na localização do ponto.

Partindo do vértice 112, determinou-se e materializou-se o vértice 114 (setor 4-b), e no alinhamento, os pontos 113, 122 e 125. Finalmente, tendo como base o vértice 114 foram feitas as medidas ao ponto 111, estabelecendo desta forma, a união à poligonal externa. Os lados 108-112, 112-114 e 114-111 foram medidos eletronicamente com a estação total. (Figura 12).



**FIGURA 12** – Materialização dos vértices e pontos no interior do edifício (prego de aço).

Para a demarcação da poligonal *B*, posicionou-se a estação total no ponto 113 e visando pelo corredor de acesso à ala C do edifício, fez-se a demarcação e materialização do vértice 116; e deste último, visualizou-se o ponto 107 da poligonal exterior por meio da janela do hall (Área 3 de estudo). Novamente, ao fazer as medidas angulares do ponto 107 para o vértice 116 visou-se o cordão do prumo colocado no suporte para baliza, e no alinhamento 113-116 materializaram-se os pontos 115 e 128. Os lados 113-116 e 116-107 foram medidos eletronicamente.

Partindo do ponto 115 demarcou-se a poligonal *C*, percorrendo a escada que liga o pavimento térreo com o primeiro andar (Área 2 de estudo), por meio dos vértices 117, 118, 119, 120 e 121; e finalmente deste último visualizou-se o ponto 107 da poligonal externa. Todos os seus lados foram medidos eletronicamente. (Figura 11 e 15).

Terminada a demarcação e materialização das poligonais internas, começou-se a determinar a localização das demais estações instrumentais, de tal forma que permitiram o levantamento geométrico total das características construtivas das três áreas internas. Ao



trabalhar no interior do edifício, na demarcação dos vértices e pontos por meio da estação total, decidiu-se colocar um triângulo de madeira como medida de segurança, já que por haver um piso cerâmico o equipamento poderia escorregar e cair (Figura 13). Esta situação pode ser mais limitante quando o trabalho for desenvolvido em uma edificação onde o próprio piso, por situações especiais, não pode ser agredido.



**FIGURA 13** – Medida de segurança no levantamento topográfico.

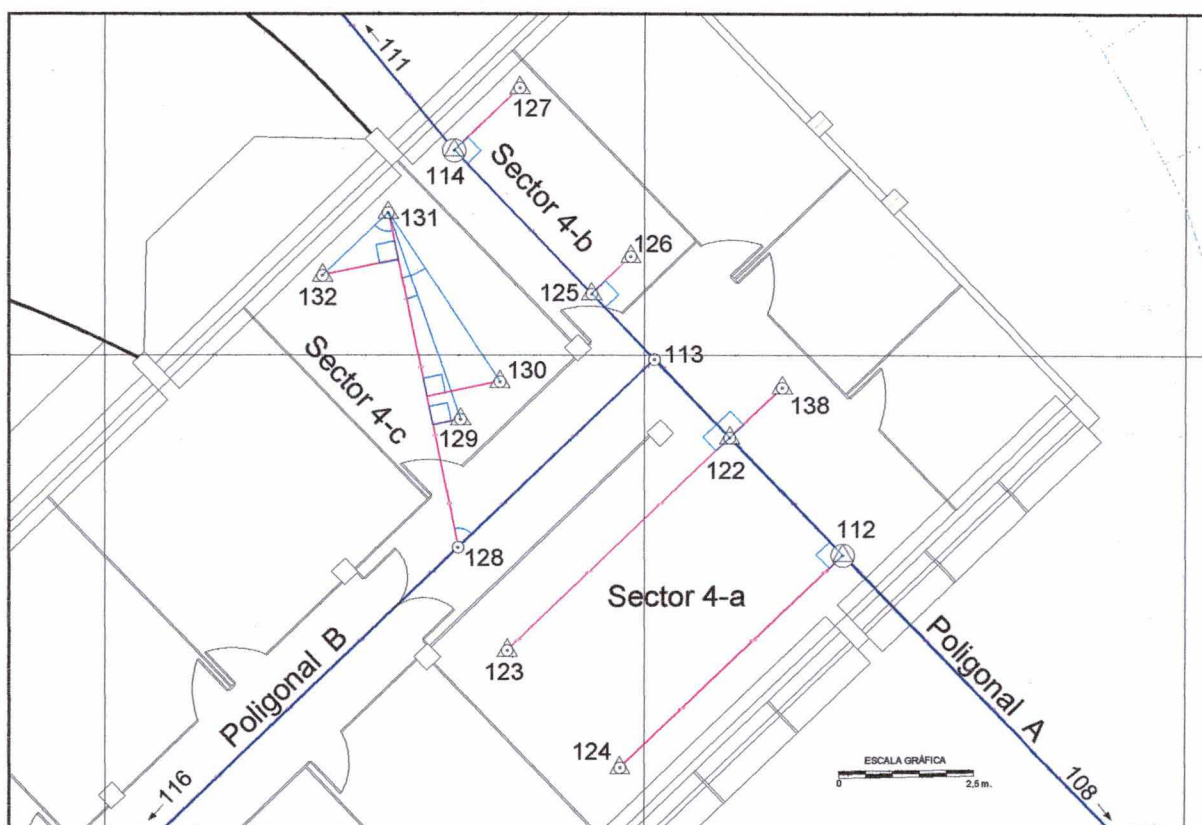
No setor 4-a, a estação total foi posicionada no vértice 112 sendo visado o vértice 114 se girou à esquerda em sentido horizontal  $90^\circ$ , para poder determinar nesta linha o ponto 124; devido à presença de mobília foi colocado um prumo de cordão no suporte para baliza e movido até que o cordão do prumo coincidisse com o fio vertical do retículo\* do ocular da estação. Feito isso, o ponto foi materializado por meio de um prego de aço.

---

\* Retículo: uma marca, como por exemplo uma cruz ou sistema de linhas, situada no plano da imagem de um instrumento de visada e usado simplesmente como uma marca de referencia em certos tipos de instrumentos monoculares ou como um de um par de formas de marcas flutuantes, como em certos tipos de instrumentos estereoscópicos. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).



Posicionando a estação no ponto 122, procedeu-se da mesma forma para a determinação dos pontos 123 e 138, no entanto, por não haver mobília que interferisse, pôde ser visado diretamente o chão para a materialização dos mesmos. Posteriormente, foram tomadas distâncias entre todos os vértices e pontos demarcados no setor 4-a, para o controle dos cálculos das coordenadas dos mesmos. (Figura 14).



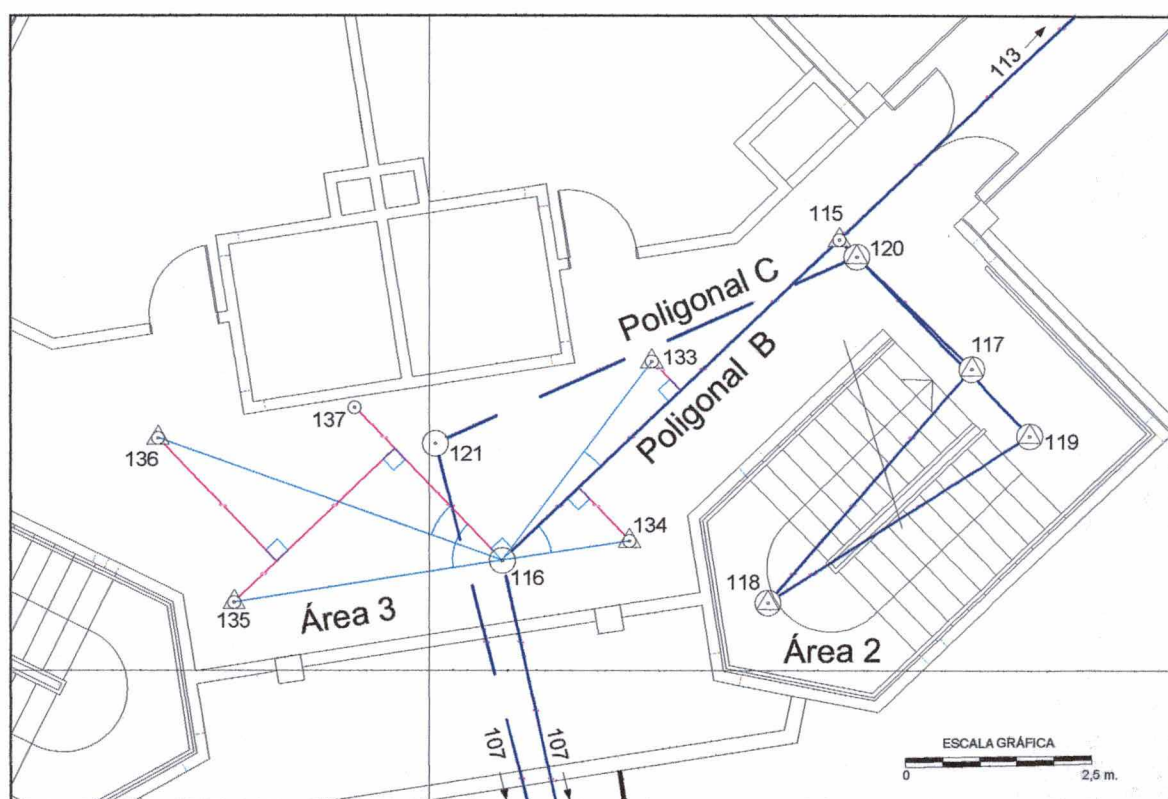
**FIGURA 14** – Identificação e localização dos vértices e pontos na Área 4 de estudo.

No setor 4-b, posicionou-se a estação no vértice 124 e visando o vértice 112 se girou  $90^\circ$  à esquerda para a demarcação do ponto 127, a partir do ponto 125 se demarcou o ponto 126 da mesma forma. A distribuição dos pontos esteve limitada pelo mobiliário presente na sala. Também se fizeram medidas com trena entre os distintos pontos.

Devido à distribuição do mobiliário no setor 4-c, não se pôde utilizar o método ortogonal, portanto com a estação total posicionada no ponto 128 foi visado o ponto 116 e demarcado o ponto 131 medindo-se o ângulo com duas séries de leituras conjugadas direta e inversa. Depois

de materializar os pontos 129, 130 e 132, posicionou-se a estação total no ponto 131 e visando o ponto 128 se mediu os ângulos dos pontos materializados e foram tomadas as distâncias entre eles.

Na Área 3, foram materializados os pontos 133, 134, 135, 136 e posicionada a estação total no vértice 116, visou-se o ponto 113, mediu-se os ângulos (duas séries de leituras conjugadas direta e inversa) aos pontos demarcados e determinou-se o ponto auxiliar 137 a  $90^\circ$  em relação à linha 116-113. Também foram tomadas as distâncias entre todos eles. (Figura 15).



**FIGURA 15** – Identificação e localização dos vértices e pontos na Área 2 e 3 de estudo.

Finalmente, fez-se o nivelamento geométrico dos vértices das poligonais e pontos das estações instrumentais internas do edifício, partindo do ponto 100, colocando o nível em forma eqüidistante aos vértices ou pontos e realizando um nivelamento de ida e volta. Neste caso, teve-se que empregar miras de madeira de encaixe com prumo de cantoneira, já que a mira dobrável era muito comprida para a altura compreendida entre o teto e o chão. (Figura 16).



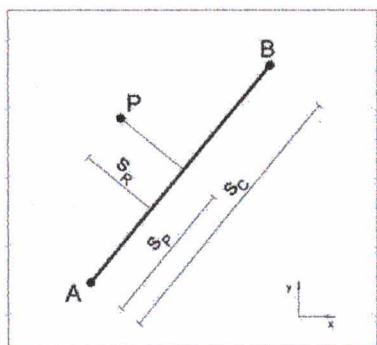


**FIGURA 16** – Nivelamento geométrico no interior do edifício.

### Cálculo da poligonal

Para o cálculo dos vértices das poligonais internas  $A$ ,  $B$ , e  $C$ , empregou-se o software TopoGRAF, e para o cálculo dos pontos 113, 115, 122, 125, 128 foram utilizadas as fórmulas para o método de alinhamento. (ANEXO A).

Para o cálculo dos pontos localizados no setor 4-c e na Área 3 (por exemplo: o ponto 133), primeiramente foram calculados o cateto oposto e adjacente do ângulo formado pelos pontos 113-116-133 (onde a hipotenusa havia sido medida com trena) e se controlou as distâncias calculadas com as mesmas medidas com trena. Tendo os dados correspondentes a todos os pontos 123, 124, 126, 127, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 137 e 138, pode-se começar a fazer os cálculos das coordenadas, por meio das fórmulas do método ortogonal:



Dados:

$X_A$ ,  $Y_A$ ,  $X_B$ ,  $Y_B$ ,  $s_C$  (trena),  $s_P$  (trena),  $s_R$  (trena)

Incógnitas:

$X_P$ ,  $Y_P$

$$X_P = X_A + (\Delta x / s_C) \cdot s_P - (\Delta y / s_C) \cdot s_R$$

$$Y_P = Y_A + (\Delta y / s_C) \cdot s_P + (\Delta x / s_C) \cdot s_R$$



Observação:

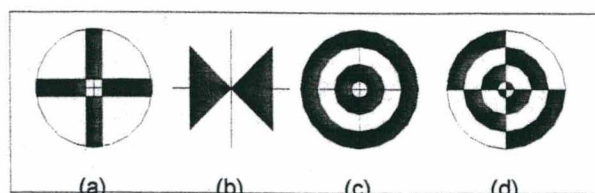
- a) quando o ponto “P” estiver à esquerda da linha “AB” o “ $s_R$ ” assume sinal negativo.
- b) quando o ponto “P” estiver à direita da linha “AB” o “ $s_R$ ” assume sinal positivo.
- no caso do exemplo, “ $s_R$ ” é negativo.

As coordenadas obtidas podem ser observadas no ANEXO A. O emprego do método ortogonal para levantamentos cadastrais foi desenvolvido na pesquisa de HASENACK (2000).

#### 4.2.4. Determinação e cálculo dos pontos de apoio externos

A necessidade de ter pontos de apoio (alvos) bem identificados e bem distribuídos no objeto foi destacado por GOMES (1999b); que *“ao fazer a restituição de fachadas através do software Photomodeler, mostrou ser eficiente quando se dispuseram de pontos comuns facilmente identificáveis em pelo menos 3 ou 4 fotografias; esta situação certas vezes é impossível, já que depende do tipo de objeto que se esteja levantando”*.

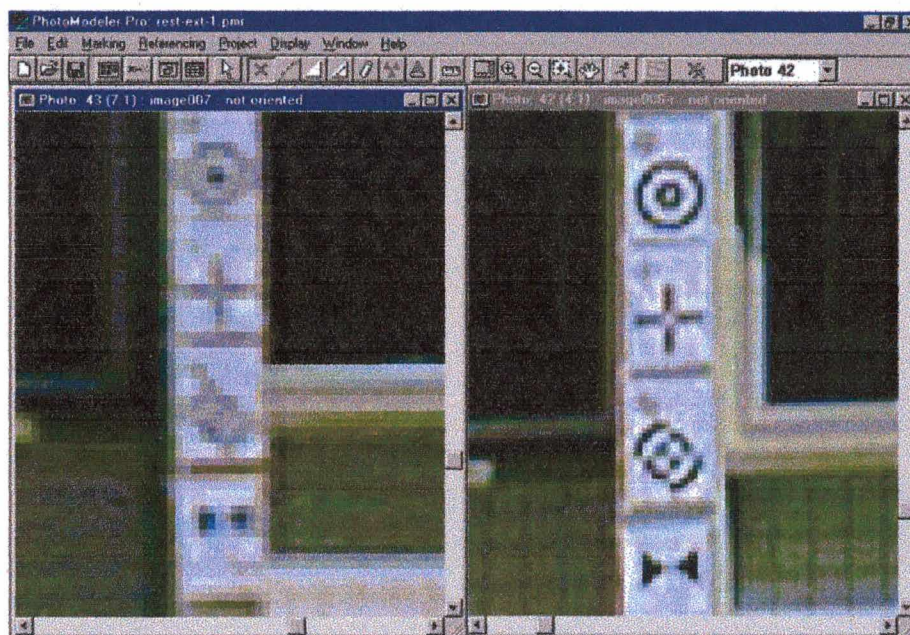
Inicialmente, teve-se que fazer um teste com diferentes desenhos e tamanho de alvos fotografados com a câmara digital a diferentes distâncias no exterior do edifício, para determinar qual deles apresenta uma melhor definição na imagem registrada para visualização no software de restituição. (Figura 17).



**FIGURA 17** – Desenhos dos alvos testados.

Definido os desenhos e tamanho (18 cm) dos alvos, se fez uma tomada a 28 m o que permitiu a cobertura total da fachada norte do edifício e outra com uma cobertura parcial da mesma fachada, a 14 m. Analisando as fotografias no Photomodeler, determinou-se que o desenho “a” permitia uma melhor definição do ponto de apoio e que a tomada realizada a 14 m

era a mais adequada para os objetivos da pesquisa. A impressão dos mesmos foi realizada em papéis de 240 gramas/m<sup>2</sup>. (Figura 18).



**FIGURA 18** – Visualização dos alvos no Photomodeler, tomados a 28 e 14 m.

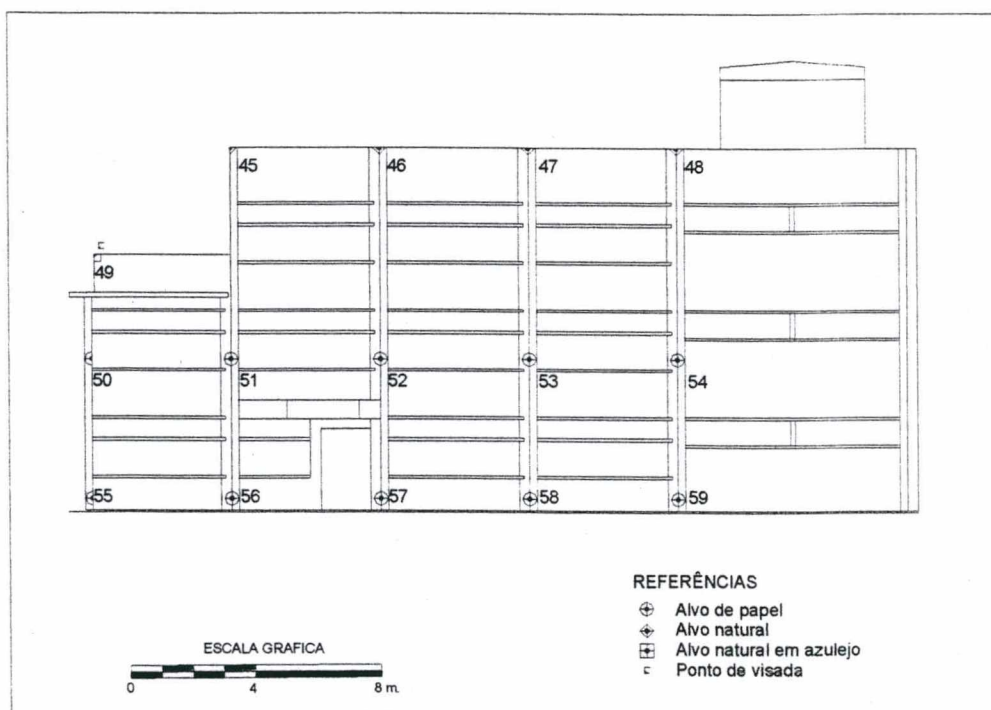
### Localização e identificação

Considerando que a distribuição dos pontos de apoio deveria ser homogênea em todas as fachadas a serem levantadas, e que os objetivos da pesquisa não eram fazer uma restituição detalhada do edifício, se estabeleceu que deveriam ser localizados pontos de apoio na parte inferior, média e superior da construção.

Os alvos da parte inferior e média foram localizados em setores acessíveis do edifício e fixados à fachada por meio de fita adesiva transparente de 5 cm de largura (34 alvos), e devido à inacessibilidade à parte superior da construção definiu-se como alvos pontos naturais (25 pontos). Ditos pontos naturais eram vértices de azulejos ou vértices de colunas.

Concluída a fixação dos alvos e determinação dos pontos naturais fez-se um croqui de localização e identificação dos mesmos. (Figura 19 e ANEXO A).

Para a determinação das coordenadas dos pontos de apoio optou-se por empregar o método de intersecção direta com duas visadas (JORDAN, 1974). Portanto, para o levantamento da fachada do centro empregaram-se como estações instrumentais os pontos 106 e 107, na fachada norte os vértices 101 e 102, na fachada oeste os pontos 109 e 110 e na fachada sul o ponto 111 e vértice 104.



**FIGURA 19** – Localização e identificação dos pontos de apoio externos, na fachada sul.

O procedimento consistiu em posicionar a estação total no primeiro ponto ou vértice, medir a altura do aparelho, tomar primeiramente os ângulos aos vértices próximos da poligonal e depois os ângulos a cada alvo ou ponto natural da fachada. Logo, posicionar a estação no segundo ponto ou vértice, e proceder da mesma forma.

### Cálculo das coordenadas

Com relação à precisão no levantamento geométrico dos pontos de apoio, segundo DALLAS (1990), quando são observados por intersecção de teodolitos desde as estações de medição, a diferença nos valores de altura dos pontos de apoio entre as cotas obtidas a partir da estação da esquerda e da direita não deverá exceder os 5 mm.



Para o cálculo das coordenadas empregou-se o software Geod, desenvolvido pelo Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF) da Universidade de Karlsruhe, na Alemanha. Um exemplo de saída do programa está no Quadro 8, onde se especifica que a estação 1 (1. STANDPKT) é a estação instrumental 111, a estação 2 (2. STANDPKT) é a estação instrumental 104, a identificação dos pontos de apoio observados (NEUPUNKT), as coordenadas X (R) e Y (H) dos mesmos, a coordenada Z1 relacionada à primeira estação instrumental, a coordenada Z2 refere-se a diferença entre a Z1 e a coordenada calculada a partir da segunda estação instrumental, o ângulo formado pelas duas visadas (SW) e possivelmente alguma observação (Bemerkung) relativa aos dados. Por exemplo: *HOEHE !* (altura) que é apresentada quando a diferença entre Z1 e Z2 é igual ou maior a 5 mm, este último valor é imposto como limite, antes de começar os cálculos (ANEXO A).

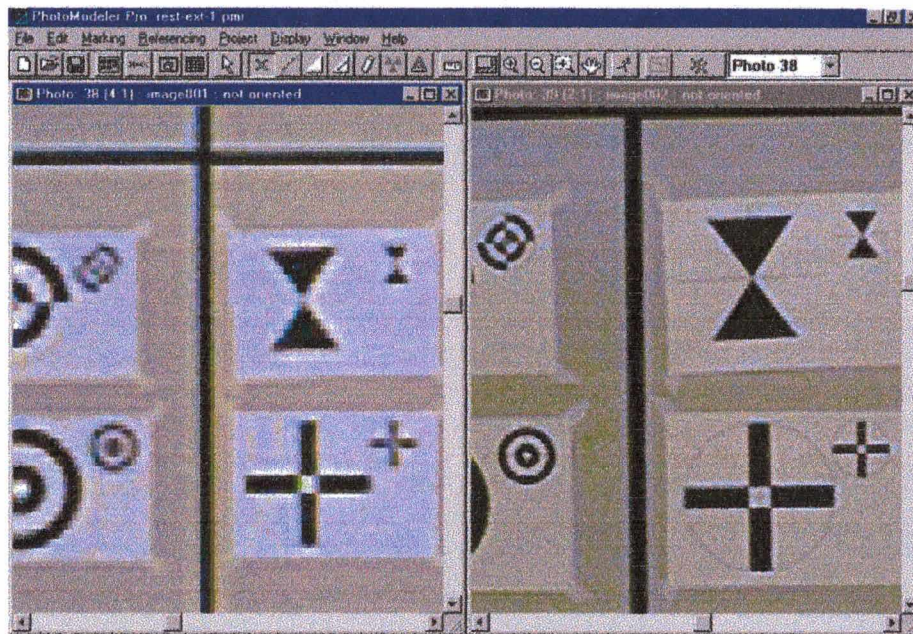
**QUADRO 8** – Saída dos dados obtidos no software Geod, nos pontos de apoio da fachada sul.

| 1. STANDPKT.: 111 |         | 2. STANDPKT.: 104 |        |        |     |           |
|-------------------|---------|-------------------|--------|--------|-----|-----------|
| NEUPUNKT          | R       | H                 | Z1     | Z2     | SW  | Bemerkung |
| 45                | 154.985 | 244.186           | 23.795 | 0.003  | 69. |           |
| 46                | 150.670 | 240.076           | 23.792 | 0.001  | 80. |           |
| 47                | 146.325 | 235.913           | 23.802 | 0.003  | 71. |           |
| 48                | 142.005 | 231.767           | 23.732 | 23.727 | 48. | HOEHE!    |
| 49                | 159.570 | 248.046           | 20.311 | 0.004  | 49. |           |
| 50                | 159.103 | 248.162           | 16.817 | 0.003  | 50. |           |
| 51                | 154.973 | 244.187           | 16.777 | 0.003  | 69. |           |
| 52                | 150.663 | 240.072           | 16.786 | 0.002  | 80. |           |
| 53                | 146.336 | 235.909           | 16.707 | 0.002  | 71. |           |
| 54                | 142.040 | 231.784           | 16.816 | 0.001  | 48. |           |
| 55                | 159.096 | 248.153           | 12.749 | 0.002  | 50. |           |
| 56                | 154.982 | 244.217           | 12.525 | 0.003  | 69. |           |
| 57                | 150.659 | 240.059           | 12.566 | 0.002  | 80. |           |
| 58                | 146.329 | 235.903           | 12.655 | 0.002  | 71. |           |
| 59                | 142.041 | 231.784           | 12.739 | 0.001  | 48. |           |

#### 4.2.5. Determinação e cálculo dos pontos de apoio internos

Como no caso do exterior, se fez inicialmente um teste com diferentes desenhos e tamanho de alvo com a câmara digital a uma distância máxima. Colocando os alvos na sala de maior comprimento (setor 4-a), foram fotografados os mesmos e analisando no Photomodeler se

determinou que o mesmo desenho empregado no exterior era o mais adequado, mas com tamanho de 7 cm. A impressão dos mesmos também foi realizada em papéis de 240 gramas/m<sup>2</sup> (Figura 20).



**FIGURA 20** – Visualização dos alvos no Photomodeler, tomados a 6,30 e 3,30 m.

### Localização e identificação

A localização dos alvos nas três áreas internas (2, 3 e 4) a levantar também deveria ter uma distribuição, sempre que possível, homogênea em todas as paredes das salas, de forma que esta localização permita o registro dos vértices superiores e inferiores das salas, características destacadas no edifício (por exemplo: colunas) e a maior superfície das paredes correspondidas entre o teto e o chão.

Portanto, se começou a fazer uma análise da distribuição dos alvos em cada uma das áreas com a câmara digital, tendo em conta que cada área de visada da câmara deveria conter quatro pontos de apoio. Neste caso, se empregariam unicamente pontos de apoio sinalizados com alvos e fixados com fita adesiva transparente de 1,7 cm de largura, e não pontos de apoio naturais.

Na Área 3 (hall), os alvos puderam ser colocados do teto até o chão (45 alvos) e na Área 2 ou escada foram colocados 32 alvos, não obstante, devido à característica construtiva da



mesma não foi possível fazer uma distribuição em toda a superfície das paredes. No caso da Área 4, a localização dos alvos e a superfície a levantar estiveram limitadas pela distribuição do mobiliário e equipamentos existentes nos diferentes setores. No setor 4-a foram colocados 64 alvos, no setor 4-b: 33 alvos e no setor 4-c: 32 alvos.

Concluída a fixação dos alvos foram desenhados os croquis de localização e identificação dos mesmos, nas diferentes Áreas. (ANEXO A).

Para a determinação das coordenadas dos pontos de apoio, também se empregou o método de intersecção avante com duas visadas. Portanto, para o levantamento de cada um dos lados das salas ou áreas foram utilizadas duas estações instrumentais. (Figura 21).



**FIGURA 21** - Levantamento dos pontos de apoio no setor 4-b.

O procedimento foi: posicionar a estação total no primeiro ponto ou vértice, medir a altura do aparelho, tomar os ângulos, as estações vizinhas e os ângulos a cada alvo e depois



posicionar a estação no segundo ponto ou vértice, e proceder da mesma forma. Nos casos onde a visualização dos pontos ou vértices das estações vizinhas na medição dos ângulos não pôde concretizar-se devido à presença de móveis, teve-se que empregar um suporte para baliza com um prumo de cordão. (Figura 22)



**FIGURA 22** – Cordão do prumo visado no setor 4-a.

### Cálculo das coordenadas

Para o cálculo das coordenadas X, Y e Z dos alvos foi empregado novamente o software Geod. Com respeito às observações dos dados, pode-se notar a expressão *!!! Kein Schnitt bei Pkt.: 6 !!!* (no ponto 6 não há intersecção), a qual especifica que não houve intersecção nas duas visadas ao ponto 6; ou também a expressão *SCHNITT !* (intersecção) onde o ângulo de intersecção das duas visadas é menor a  $20^\circ$  ou maior a  $179^\circ$ . É importante lembrar que o software Geod trabalha com ângulos centesimais (Quadro 9 e ANEXO A).

**QUADRO 9** – Saída dos dados no software Geod, nos pontos de apoio da Área 2 (escada).

|                                  |         |         |               |       |     |           |  |
|----------------------------------|---------|---------|---------------|-------|-----|-----------|--|
| 1. STANDPKT.:                    |         | 117     | 2 STANDPK T.: |       | 118 |           |  |
| NEUPUNKT                         | R       | H       | Z1            | Z2    | SW  | Bemerkung |  |
| !!! Kein Schnitt bei Pkt.: 6 !!! |         |         |               |       |     |           |  |
| 7                                | 143,523 | 222,078 | 16,637        | 0,001 | 115 |           |  |
| .....                            |         |         |               |       |     |           |  |

|               |         |         |               |       |     |           |  |
|---------------|---------|---------|---------------|-------|-----|-----------|--|
| 1. STANDPKT.: |         | 118     | 2 STANDPK T.: |       | 119 |           |  |
| NEUPUNKT      | R       | H       | Z1            | Z2    | SW  | Bemerkung |  |
| 2             | 149,601 | 223,236 | 15,039        | 0,001 | 175 |           |  |
| 3             | 148,338 | 221,995 | 14,967        | 0,002 | 97  |           |  |
| 4             | 146,788 | 220,493 | 16,476        | 0,003 | 84  |           |  |
| 5             | 145,856 | 219,624 | 16,527        | 0,003 | 114 |           |  |
| 6             | 143,839 | 220,096 | 16,627        | 0,004 | 186 | SCHNITT!  |  |
| .....         |         |         |               |       |     |           |  |

4.3. Levantamento fotográfico

Para o levantamento fotográfico empregou-se a câmara digital OLYMPUS Camedia C-820L (Figura 23); que por não conhecer os parâmetros internos da câmara, os quais são necessários à realização da restituição, teve-se que fazer a calibração da mesma. Para isso, utilizou-se o software Camera Calibrator 3.1, que integra o software Photomodeler.



Fonte: [http://www.anderson.camera.com.au/olympus\\_c820l.htm](http://www.anderson.camera.com.au/olympus_c820l.htm).  
**FIGURA 23** – Câmara digital Olympus Camedia C-820L.

A AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (1978), define que na calibração de uma câmara, os objetivos são: determinar a distância focal calibrada, a localização do ponto



principal em relação às marcas fiduciais, o ponto de simetria, a resolução das lentes ou grau de planeza do plano focal e a efetiva distorção das lentes no plano focal da câmara que é referido a particular distância focal calibrada.

Realizada a calibração foram iniciadas as tomadas fotográficas do interior e exterior do edifício. Para conhecer mais detalhe do processamento na calibração da câmara, vide MARTINS (1997), MARTINS et al. (1998) ou EOS SYSTEMS INC. (1997).

#### 4.3.1. Tomadas fotográficas externas

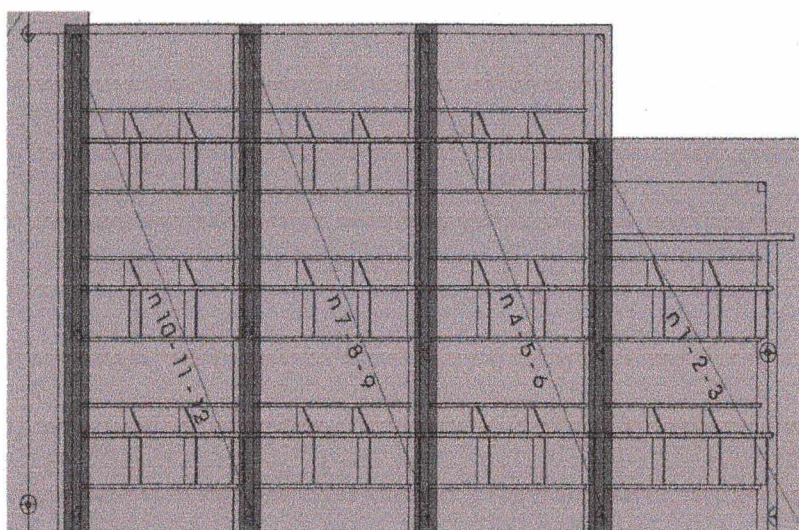
O manual do software Photomodeler aconselha obter como mínimo a imagem de um alvo em três fotografias para obter uma boa qualidade geométrica e esta qualidade aumenta quando se tem uma demarcação do mesmo ponto em uma maior quantidade de fotografias.

Tendo em conta a distribuição dos pontos de apoio fez-se um planeamento dos setores a fotografar, e em cada setor seriam tomadas três fotografias, uma perpendicular, uma oblíqua da esquerda e outra oblíqua da direita. Na fachada do centro se determinaram três setores, na fachada norte e sul quatro setores e na fachada oeste um setor.

A tomada das fotografias, sempre que possível, deveriam ser feitas em dia nublado, mas com boa percentagem de iluminação. Como já é conhecido, ao realizar as tomadas em um dia sem nuvem forma-se uma grande quantidade de sombras, que influem na perda de detalhes do edifício.

Achando-se em um dia com as condições apropriadas, começou-se a realizar as tomadas fotográficas, com o registro da resolução na câmara em alta qualidade (1.024 x 768 pixels) e empregando o software Olympus Digital Vision na transferência das fotografias ao computador, o qual originava arquivos com extensão JPG. Simultaneamente às tomadas fotográficas se desenhou um croqui de localização e identificação das diferentes tomadas, incluindo a superposição de cada tomada fotográfica em relação à mesma área e suas adjacentes. (Figura 24).





**FIGURA 24** – Localização e identificação das fotografias na fachada norte.

Devido à grande quantidade de fotografias tomadas (37 tomadas) e à similitude das diferentes fotografias devido à simetria das características do edifício, tratou-se de fazer uma organização e identificação individual de cada fotografia. No armazenamento foram estabelecidos quatro lugares de arquivamento (segundo a orientação cardinal: nordeste, norte, oeste e sul) representando a cada uma das fachadas e na identificação individual de cada fotografia utilizou-se o seguinte código, por exemplo: S10: S representa a fachada orientada ao sul e 10 o número de ordem de tomada. (ANEXO B).

#### 4.3.2. Tomadas fotográficas internas

É importante lembrar que na distribuição dos alvos em cada uma das áreas internas, levou-se em conta que em cada área de visada da câmara digital deveria conter quatro pontos de apoio; na tomada fotográfica, cada área de visada foi registrada três vezes como mínimo.

Antes de começar a realizar as tomadas fotográficas se observou as características construtivas das diferentes áreas internas (localização de janelas e portas), já que estas características influiriam na porcentagem de ingresso da iluminação natural, e isto determinaria o emprego ou não da iluminação artificial.

No caso do setor 4-c e 4-b, tem-se uma janela que dá ao exterior, na direção sul-oeste, e ao tratar de fotografar a mesma parede que contém as janelas (às 9 da manhã) o ingresso de luz natural era muito grande; o que obrigou a fechar as cortinas e ligar a iluminação artificial, para poder obter um registro visível dos alvos. Ao fotografar mais paredes nas salas foi empregada a iluminação natural e artificial. (Figura 25).



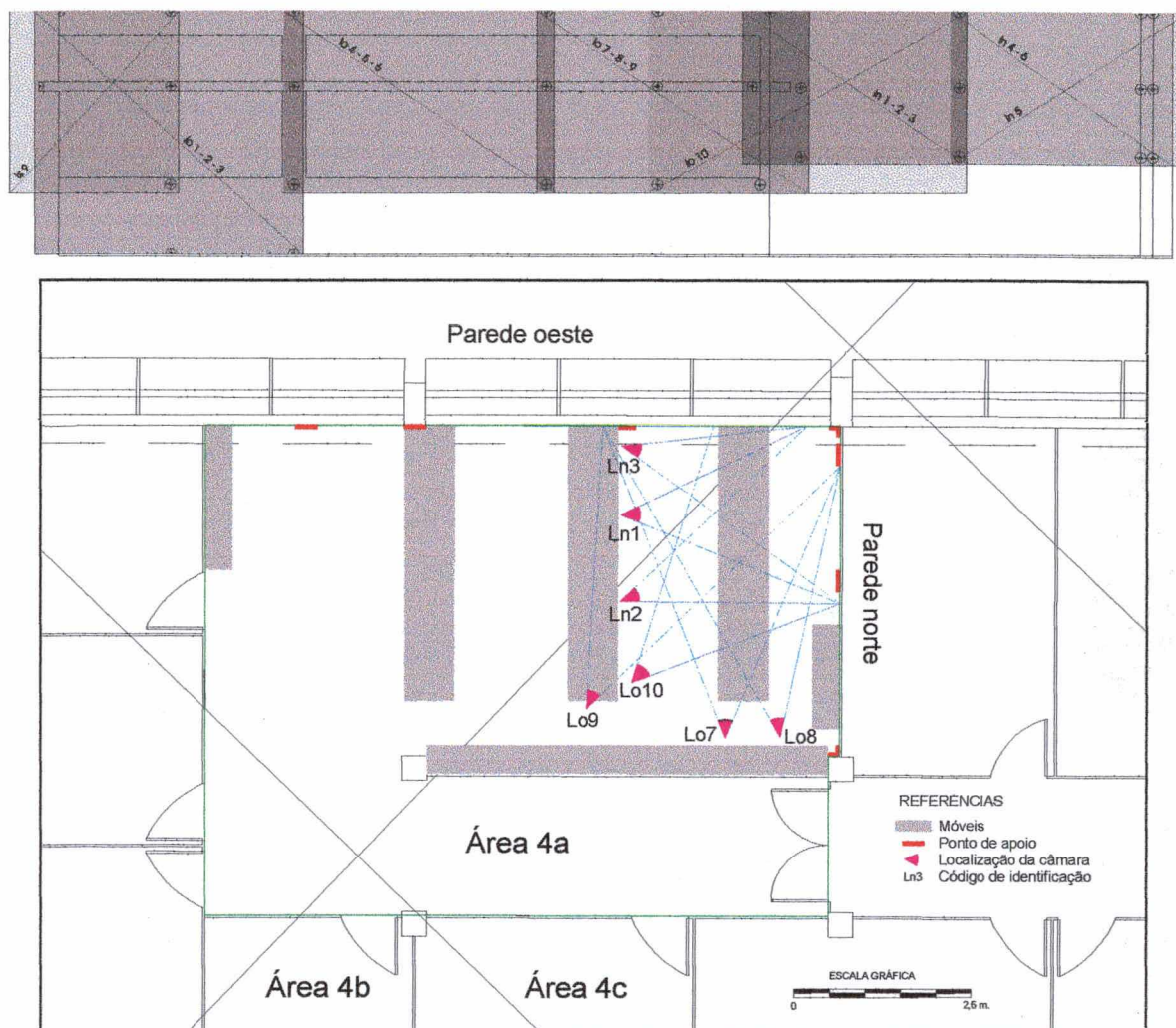
**FIGURA 25** – Fotografia com iluminação natural / iluminação artificial.

O setor 4-a tem janelas orientadas ao nordeste, portanto, adotou-se o mesmo método que no setor 4-c e 4-b; a Área 3 (hall), tem uma janela orientada ao norte, por conseguinte, o ingresso da iluminação natural era constante durante todo o dia e por não ter cortinas as tomadas foram feitas da parede que contém as janelas em um dia parcialmente nublado. A Área 2 (escada) por não conter nenhuma porta ou janela ao exterior teve que ser fotografada com iluminação artificial.

No setor ou área onde existia um encontro de duas paredes, também era tomada uma fotografia que continha pontos de apoio de ambas as paredes, o qual permitiria a construção de um modelo restituído mais rígido. Dependendo das características das áreas, foram tomadas fotografias com uma orientação horizontal ou vertical.

Na Figura 26, pode-se observar a localização e orientação (em planta) de um grupo de fotografias tomadas no sector 4-a, como também sua identificação, cobertura e superposição de cada tomada fotográfica em relação à mesma área e suas adjacentes.





**FIGURA 26** – Localização, orientação e cobertura de um grupo de fotografias tomadas.

Logo após realizada a cobertura fotográfica total (165 fotografias, distribuídas nas diferentes áreas da seguinte forma: Área 2 = 33 fotografias, Área 3 = 39 fotografias, setor 4-a = 35 fotografias, setor, 4-b = 28 fotografias e setor 4-c = 30 fotografias); desenhou-se um croqui de localização, identificação das diferentes tomadas e superposição de cada tomada fotográfica em relação à mesma área e suas adjacentes, e posteriormente se transfeririam as mesmas ao computador. (ANEXO B).

Como no caso do exterior, se estabeleceram lugares diferentes de arquivamento para cada uma das áreas e setores e se fez uma identificação individual de cada fotografia. Na identificação optou-se por empregar o seguinte código, por exemplo: HN10: H representa a Área 3 (hall), N parede orientada ao norte e 10 o número de ordem da tomada.



#### 4.4. Restituição fotogramétrica com Photomodeler

Para a realização da restituição empregou-se o software Photomodeler, no qual foram gerados seis projetos de restituição relacionados a cada uma das áreas e setores de estudo. Também foi determinado que se restituiriam unicamente os pontos de apoio (sinalizados com alvos ou pontos naturais) localizados nas diferentes áreas e pontos auxiliares, já que o objetivo principal da pesquisa era poder obter as coordenadas X, Y e Z dos pontos de apoio para avaliar a homogeneidade deste procedimento e não um modelo de arame em 3D de cada área de estudo.

O primeiro passo foi à criação do projeto (menu *File/New Project*), onde foram ingressados os seguintes dados: tamanho aproximado do projeto, unidade de trabalho, características da câmara empregada, resolução da câmara, e parâmetros internos da câmara. Os parâmetros internos da câmara foram obtidos do arquivo de calibração da mesma no software Camera Calibrator 3.1.

Então, foram selecionadas e importadas três fotografias (uma perpendicular e duas oblíquas) que continham os mesmos pontos de apoio (menu *File/Open Photographs*), logo começou-se a demarcar os pontos de apoio e pontos auxiliares em uma das fotografias (menu *Marking/Mark Point*) e se correlacionaram os pontos demarcados com as outras duas fotografias restantes (menu *Referencing/Reference Mode*).

Realizou-se o processamento dos pontos marcados (menu *Project/Process*), onde inicialmente apresenta uma caixa de informação *Audit Summary*. Esta caixa apresenta o potencial de precisão do projeto segundo: a qualidade global (*Overall Quality*), a qualidade das fotografias (*Photograph Quality*) e dos pontos (*Point Quality*). Esse potencial de precisão é estimado em valores de 1 (mínimo) até 5 (máximo), no caso que o valor seja 1 ou 2 a caixa de informação oferece algumas sugestões para melhorar a precisão. (Figura 27 e ANEXO C).

Essas sugestões geralmente estão orientadas para aumentar a densidade e distribuição dos pontos demarcados e verificar o relacionamento dos pontos nas outras duas fotografias. Apesar de que o projeto tenha um potencial na qualidade de 1 ou 2 pôde-se processar da mesma forma, porém, geralmente não se obtém algum resultado positivo ou satisfatório, como nos casos em que o potencial de precisão é de 3, 4 ou 5.



Concluído o processamento das primeiras três fotografias, se fez a adição de outras três fotografias que tinham alguns pontos de apoio ou auxiliares em comum com as fotografias já processadas. Feito o relacionamento dos pontos inicialmente marcados, foram demarcados e correlacionados novos pontos, para finalmente processar o projeto de novo.

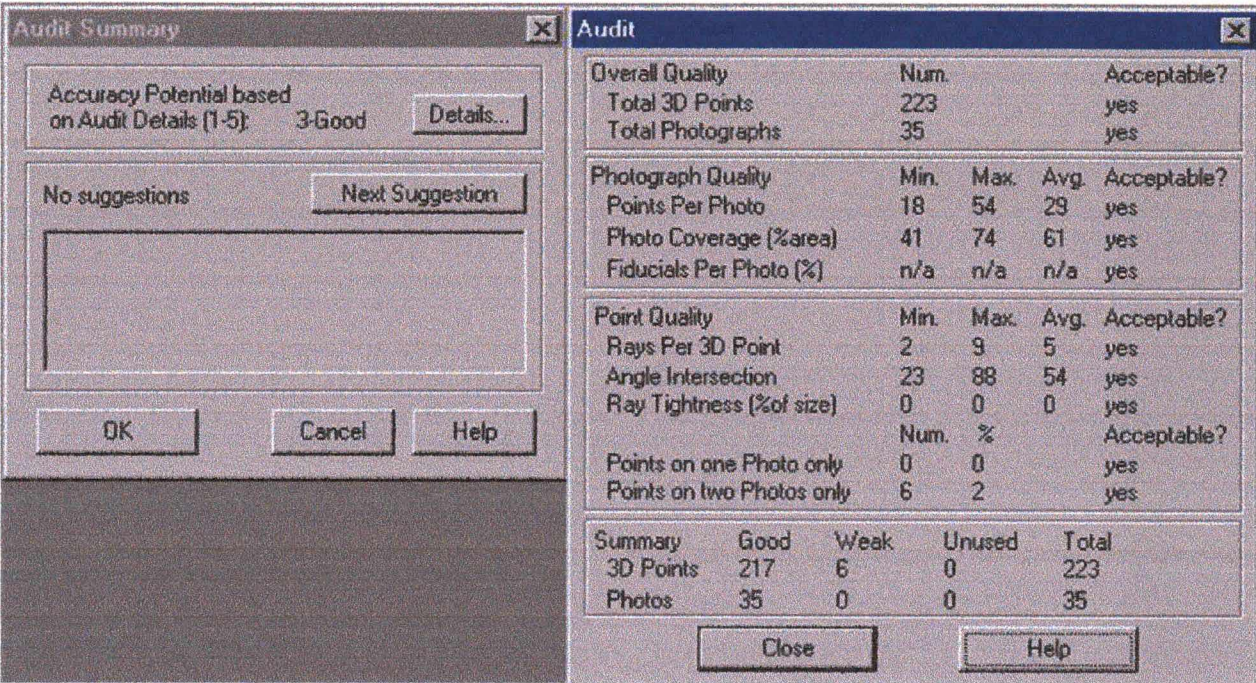


FIGURA 27 – Saída da caixa de informação *Audit* do projeto de restituição da Área 4-a.

Este procedimento foi aplicado de forma contínua até demarcar todos os pontos de apoio e correlacionar os mesmos em todas as fotografias do projeto. Na demarcação dos pontos não puderam ser rotacionadas as fotografias que tinham uma orientação vertical, já que essa rotação tem influência na precisão do projeto (isto é esclarecido pelo próprio software).

Concluído o processamento do projeto, na sua totalidade, analisou-se os dados das coordenadas dos pontos restituídos (no menu *Project/Open a Table viewer*). No Quadro 10 se poderá observar os códigos de identificação (ID) dos pontos restituídos, as coordenadas X, Y e Z dos pontos, em quais fotografias aparece o ponto restituído (Photos), a precisão (Tightness) e o ângulo de abertura (Angle) dos mesmos. (ANEXO C).

No manual do Photomodeler, é especificado que *Tightness* (tensão) representa a precisão com que o ponto foi marcado em todas as fotografias e a precisão com que as estações das



câmaras destas fotografias tenham sido orientadas, sendo que, quanto mais baixo é o valor, melhor. E os valores no *Angle*, fazem referência ao maior ângulo de abertura entre qualquer par dos raios do mesmo ponto, esses ângulos geralmente variam de 30° a 90°; não obstante, quando o valor é mais próximo a 90° permite uma melhor localização do ponto e como consequência uma melhor precisão na coordenada.

**QUADRO 10** – Saída da informação dos pontos restituídos no software Photomodeler.

Project Scale State: Scaled and rotated  
Project Units: m

| ID | X          | Y          | Z         | Photos                    | Tightness | Angle |
|----|------------|------------|-----------|---------------------------|-----------|-------|
| 1  | 153,853368 | 242,224167 | 16,63657  | 1,2,3,4,5,6,7,8           | 0,165274  | 58    |
| 2  | 155,338748 | 243,665312 | 16,684909 | 1,2,3,4,5,6,8,28,29,30    | 0,137926  | 76    |
| 3  | 155,341915 | 243,663959 | 15,713385 | 1,2,3                     | 0,03699   | 39    |
| 4  | 153,873862 | 242,234717 | 15,719406 | 1,2,3,5                   | 0,046554  | 38    |
| 5  | 152,507    | 240,957    | 18,799    | 4,5,6,7,9,10,11           | 0,119146  | 69    |
| 6  | 153,8791   | 242,265292 | 18,799878 | 4,5,6,7,8                 | 0,050871  | 38    |
| 7  | 155,33     | 243,661    | 18,801    | 4,5,6,8,25,26,27          | 0,211095  | 64    |
| 8  | 155,49863  | 243,493048 | 17,81047  | 4,5,6,8,25,26,27,28,29,30 | 0,063893  | 78    |
| 9  | 154,020696 | 242,0771   | 17,799754 | 4,5,6,7,8                 | 0,073258  | 41    |

No caso em que os valores *Tightness* de um ou vários pontos, sejam altos, será preciso analisar nas distintas fotografias onde eles foram restituídos para comprovar se a localização dos mesmos é correta ou não.

Para o ajuste da escala e orientação dos modelos, utiliza-se a ferramenta *Scale-Rotate* (menu *Project/Scale-Rotate*), que permite realizar esta tarefa empregando as coordenadas de dois pontos ou de três pontos. Para cada um dos projetos se estabeleceram três pontos, cujas coordenadas foram obtidas dos dados topográficos calculados pelo software Geod.

No projeto da restituição do exterior foram determinados: um ponto na fachada do centro, um ponto na fachada norte que é comum à fachada oeste e um ponto na fachada sul. Na Área 2 (escada) foram determinados: um ponto no segundo pavimento, um no patamar da escada e o terceiro no térreo. Nas Áreas 3 e 4 foram estabelecidos dois pontos nos vértices superiores de cada sala em relação a uma mesma parede e o último no setor inferior da parede oposta.



Posteriormente, o modelo restituído, foi observado em 3D (menu *Project/Open a 3D Viewer*). Na caixa de diálogo apresentada (*3D Viewer Options*), pode-se especificar os elementos a visualizar (pontos, linhas ou superfícies), tamanho dos mesmos, orientação do modelo, além da incorporação de uma fotografia como foto-textura e a localização das estações das câmaras fotográficas. Na Figura 28, pode observar-se a planta do modelo restituído em 3D da Área 2 (escada), onde os pontos em branco representam os pontos restituídos e os desenhos de cor azul representam a posição e orientação das câmaras fotográficas em cada uma das fotografias empregadas no modelo. (ANEXO C).



**FIGURA 28** – Visualização em planta do projeto restituído em 3D da Área 2 (escada).

No total, foram restituídos 1063 pontos, distribuídos da seguinte forma: Área 1 = 256 pontos, Área 2 = 188 pontos, Área 3 = 227 pontos, setor 4-a = 223 pontos, setor 4-b = 102 pontos e setor 4-c = 67 pontos.

Algumas aplicações do software Photomodeler na arquitetura, são apresentados nos seguintes trabalhos: DONEUS (2000), GOMES (1999b), LOCH et al (1999), MARTINS (1997), SIMON (2000), WESTPHAL (1999). Outras aplicações temáticas do mesmo software podem ser observadas no endereço: <http://www.photomodeler.com/>.

## 5. ANÁLISE DO PROCEDIMENTO

### 5.1. Levantamento topográfico

Pode-se obter resultados precisos em um levantamento ao: seguir os procedimentos especificados no campo, operar cuidadosamente os instrumentos e comprovar as medições (BRINKER e TAYLOR, 1961).

Primeiramente, planejou-se, demarcou-se e mediu-se a poligonal externa segundo o procedimento estabelecido pelas normas da ABNT, sendo calculada a mesma no software TopoGRAF. Ao analisar os dados (vide ANEXO A), pode-se observar que os valores dos erros angulares e lineares da mesma foram menores que a tolerância\* especificada para levantamentos de poligonais da classe II PRC.

Depois da demarcação e medição das poligonais internas *A*, *B* e *C*, foram feitos, também, os cálculos de suas coordenadas no mesmo software usado para a poligonal externa. Ao examinar os dados (ANEXO A) comprovou-se que os erros angulares eram maiores que a tolerância, portanto, pode-se supor que a maior possibilidade do erro angular cometida no levantamento foi na união das poligonais interna e externa, especificamente nos pontos 107, 108 e 111 (vide Figura 11, pág. 42); no qual, ao fazer o estacionamento do instrumento neste, dever-se-ia visualizar os pontos pertencentes à poligonal interna que estavam localizados no segundo pavimento.

Devido à falta de visibilidade direta do ponto, localizou-se um suporte de prisma com uma baliza, para representar sua localização. Então, percebeu-se que ao medir o ângulo na baliza poderia haver sido introduzido um erro. Por conseguinte, trocou-se a baliza por um prumo de cordão, e repetiram-se as medidas angulares nos três pontos.

Fazendo novamente os cálculos, estes não superaram a tolerância, portanto, julgou-se que as características das poligonais (lados curtos ou muito compridos) e algum pequeno erro no

---

\* Tolerância: a variação permitida desde um padrão ou desde condições específicas. (*American Society of Civil Engineers*, 1978).



estacionamento e nivelamento do instrumento influíram no processamento dos dados. BRINKER e TAYLOR (1961), estabelecem que *“as fontes dos erros ao traçar as poligonais são as seguintes: erros ao medir ângulos e distâncias; má seleção dos vértices; condições ruins de visibilidade, devido a: alternâncias do sol e sombra: quando somente se pôde visualizar o extremo superior da baliza, a visual passa perto do terreno, linhas demasiadas compridas ou demasiadas curtas e visadas contra o sol. E ao operar um teodolito são: a influência do vento, mudanças da temperatura, refração, afundamento do tripé, a colocação incorreta do instrumento no ponto, centralização incorreta das bolhas dos níveis, focagem incorreta, tripé instável, entre outras”*.

Logo, das medições efetuadas para a determinação das coordenadas das demais estações instrumentais (por meio do método de alinhamento e ortogonal) e cálculo das mesmas, se fez o nivelamento geométrico externo e interno dos vértices e pontos demarcados. Onde se tratou que as visadas a cada um dos pontos a medir fossem do mesmo comprimento.

Tendo todas as coordenadas X e Y dos vértices e pontos demarcados, e a cota correspondente a cada um de eles, foi gerada uma lista das coordenadas X, Y e Z dos mesmos. (ANEXO A).

Localizada a estação total em cada um dos diferentes pontos das estações instrumentais, foram feitas as medidas correspondentes aos pontos de apoio (sinalizados e naturais) nas diferentes áreas de estudo. Ao fazer os cálculos das coordenadas dos pontos de apoio com o emprego do software Geod e analisando seus dados (ANEXO A), determinou-se a presença de erros com diferentes magnitudes.

É necessário especificar que os dados solicitados no ingresso do software Geod para o processamento são: um arquivo com as coordenadas X, Y e Z das estações instrumentais, e um arquivo com os ângulos horizontais, ângulos verticais e da altura do instrumento para cada uma das estações.

Em um grupo de pontos de apoio calculados na Área 2, foi detectado um erro de 2 m em Z. Ao proceder a análise pode-se determinar que se cometeu um equívoco ao escrever a



coordenada Z de uma das estações instrumentais empregada no cálculo, no arquivo geral das coordenadas X, Y e Z de todos os pontos.

Ao examinar os dados processados na Área 1, observou-se a existência de um erro “*constante*” (de 4 a 6 mm) nos pontos de apoio levantados pelas estações instrumentais 101 e 102. Primeiramente, presumiu-se que foi cometido um erro na medida da altura do instrumento, portanto o conjunto de medidas foi repetido e ao fazer o novo processamento o erro continuava existindo. (Quadro 11).

**QUADRO 11** – Saída dos dados obtidos no processamento das estações 105-104.

| 1. STANDPKT.: 101 |         | 2. STANDPK T.: 102 |        |        |      |           |
|-------------------|---------|--------------------|--------|--------|------|-----------|
| NEUPUNKT          | R       | H                  | Z1     | Z2     | SW   | Bemerkung |
| 27                | 151.143 | 222.289            | 23.800 | 23.791 | 82.  | HOEHE!    |
| 28                | 155.453 | 226.450            | 23.774 | 23.769 | 97.  | HOEHE!    |
| 29                | 159.782 | 230.565            | 23.775 | 0.005  | 101. |           |
| 30                | 164.091 | 234.732            | 23.812 | 23.801 | 94.  | HOEHE!    |
| 31                | 168.101 | 239.152            | 20.391 | 0.004  | 75.  |           |
| 32                | 151.130 | 222.305            | 16.476 | 16.470 | 82.  | HOEHE!    |
| 33                | 155.451 | 226.447            | 16.821 | 16.815 | 97.  | HOEHE!    |
| 34                | 159.772 | 230.597            | 16.438 | 16.431 | 101. | HOEHE!    |
| 35                | 164.093 | 234.739            | 16.463 | 16.457 | 94.  | HOEHE!    |
| 36                | 168.221 | 238.711            | 16.371 | 16.365 | 77.  | HOEHE!    |
| 37                | 151.125 | 222.310            | 12.731 | 12.725 | 82.  | HOEHE!    |
| 38                | 155.425 | 226.449            | 12.747 | 12.741 | 97.  | HOEHE!    |
| 39                | 159.570 | 230.426            | 12.725 | 12.719 | 101. | HOEHE!    |
| 40                | 164.087 | 234.751            | 12.742 | 12.736 | 94.  | HOEHE!    |
| 41                | 168.396 | 238.898            | 12.786 | 12.780 | 76.  | HOEHE!    |

Avaliou-se a segunda possibilidade, a existência de um erro no nivelamento dos pontos que materializavam as estações instrumentais, já que entre eles existia uma diferença de quase 2 m de altura e a localização de um deles era em uma área inclinada do terreno podendo haver influenciado em uma incorreta verticalização da mira. (Vide Figura 11, pág. 42).

Por conseguinte, para a verificação, se determinou empregar o método de nivelamento com a leitura nos três fios estadimétricos ou de Reichembach, o que permitiu verificar que a leitura do fio do meio deveria coincidir com a média entre as duas leituras do fio superior e

inferior (vide JORDAN, 1974 e KISSAM, 1967). Ao comparar os dados novos, verificou-se um pequeno erro (2 mm) na coordenada Z de cada estação.

Outro erro acontecido na Área 1, foi que ao analisar os dados obtidos no processamento do software Geod nos valores das coordenadas Z1 e Z2 dos pontos levantados pelas estações instrumentais 101-102; alguns pontos ofereciam uma diferença entre os valores compreendida dentro do limite estabelecido no próprio software (de 0 a 5 mm) e outros apresentavam uma diferença de aproximadamente 0,50 m. Ao recordar como havia sido feito o levantamento dos dados, lembrou-se que a carga da bateria da estação total (a qual tem três barras que representam o nível de carga) começou a piscar a última barra; não obstante, como se tinha compreendido que se poderia seguir trabalhando sem inconvenientes, se continuou com o trabalho julgando que a estação total seguia registrando corretamente os dados. Portanto, ao repetir o levantamento dos pontos de apoio com a carga das baterias em bom nível e analisando os resultados do novo processamento, observou-se que as diferenças entre os valores Z1 e Z2 de todos os pontos levantados encontravam-se dentro do limite estabelecido.

Como medida de controle foi feita a comparação das coordenadas obtidas de alguns pontos de apoio da mesma área e que foram observados desde dois conjuntos de estações instrumentais. Ao examinar os resultados se observou que a maioria dos dados em X, Y e Z variavam em valores menores que 5 mm; não obstante, na Área 3, encontrou-se um grupo de pontos com uma diferença maior, por exemplo o ponto 7 (vide ANEXO A) apresentava uma diferença em  $X = 8$  mm, em  $Y = 12$  mm e  $Z = 2$  mm

Considerando que a diferença maior foi no sentido X e Y, se julgou a possibilidade de algum erro nas coordenadas das estações instrumentais. Por conseguinte, foram controladas as coordenadas das mesmas por meio do cálculo da distância entre as diferentes estações (empregando Pitágoras) e comparando esse valor com o valor medido a trena entre as mesmas estações. Como consequência, identificou-se uma diferença nas coordenadas da estação 133. (Vide Figura 15, pág. 46).

Pode-se notar que cometeu-se um erro de cálculo na aplicação do método ortogonal, portanto, repetido o cálculo e comparado os dados novamente, observou-se uma melhoria na diferença das coordenadas dos pontos mas alguns dos pontos ainda apresentavam uma diferença



maior que 5 mm, por exemplo, o ponto 7 apresentava uma diferença em  $X = -4$  mm,  $Y = -12$  mm e  $Z = 2$  mm. Por conseguinte, julgou-se que a determinação fraca da coordenada desse conjunto de pontos de apoio poderia ter sido influenciada pelas características da configuração na localização das estações instrumentais.

Outra experiência que se fez, com respeito à comparação das coordenadas do mesmo ponto de apoio observado desde dois conjuntos de estações instrumentais, foi que alguns dos pontos empregados para tal comparação tiveram como observação a expressão *SCHNITT* !.

Por exemplo: no setor 4-b o ponto 24 (vide Figura 14, pág. 45 e ANEXO A), localiza-se na união das paredes do exterior e a parede próxima às estações instrumentais 114 e 125, e foi observado pelas estações instrumentais 125-126 e 126-127. No primeiro conjunto de estações, a distância existente entre elas era pequena, o que resultou no ângulo de interseção das duas visadas ao mesmo ponto seja de  $14^\circ$  (com a observação *SCHNITT* !) e a diferença entre as duas coordenadas foi em  $X = 9$  mm,  $Y = -7$  mm e  $Z = -1$  mm. Ao refazer o cálculo da coordenada do ponto 24, com os dados observados pelas estações 125-127 (o que aumentava a distância entre as duas estações e como consequência o ângulo de interseção das visadas) e comparando o resultado com a coordenada calculada pelas estações 126-127, observou-se que a diferença entre as coordenadas havia melhorado fundamentalmente nas coordenadas X e Y ( $X = -1$  mm,  $Y = 0$  mm e  $Z = 0$  mm).

Esta última experiência determina que naqueles pontos que tiveram como observação a expressão *SCHNITT* !, a precisão de sua coordenada é influenciada pelo ângulo de interseção das visadas, o que deveria ser considerado na seleção dos pontos de apoio a empregar no escalamento do modelo de restituição.

As horas de trabalho despendidas para as diferentes tarefas no levantamento topográfico foram:

|                                                                       |        |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|
| - Demarcação e levantamento de poligonal externa                      | 7 hs.  |
| - Demarcação e levantamento das poligonais internas                   | 15 hs. |
| - Planejamento e colocação dos pontos de apoio no exterior e interior | 8 hs.  |
| - Levantamento dos pontos de apoio no exterior e interior             | 21 hs. |
| - Preparação e processamento dos dados no Geod                        | 9 hs.  |



|                                            |               |
|--------------------------------------------|---------------|
| - Nivelamento geométrico externo e interno | 5 hs.         |
| - Repetição de medições e cálculos         | <u>15 hs.</u> |
|                                            | Total 80 hs.  |

Analisando os valores, se demonstra que os trabalhos de demarcação e levantamento das poligonais internas e o levantamento dos pontos de apoio são os que demandaram uma maior quantidade de tempo; assim como também, a repetição de medidas e cálculos. Isso evidencia a importância de realizar o levantamento da informação com muita precaução e empregando diferentes métodos de controle, que em conjunto contribuíram na redução do tempo aplicado no levantamento.

## 5.2. Levantamento fotográfico

Primeiramente, foram tomadas algumas fotografias para visualizar e analisar no software de restituição os pontos de apoio quanto às características próprias da edificação e influência da iluminação natural e artificial para cada área de estudo. Nesta situação, ao estar fotografando com uma câmara digital foi muito mais fácil e rápido realizar estas análises, já que as imagens podem ser observadas no computador no momento seguinte à sua tomada.

Ao se realizar as diferentes tomadas fotográficas com a maior resolução desta câmara (1.024 x 768 pixels), onde o registro máximo é de 16 fotografias no cartão de memória removível SmartMedia, o levantamento foi executado de forma rápida. No entanto, o cartão começou a apresentar problemas, o que obrigou o emprego de um outro cartão disponível com menor capacidade (no máximo: 4 fotografias de alta resolução).

Esta situação não originou maiores problemas, já que o computador para onde eram transferidas as imagens, se encontrava próximo, na mesma edificação que continha as diferentes áreas de estudo. Portanto, é importante considerar no planejamento do levantamento fotográfico nas diferentes situações a trabalhar, a possibilidade de conter um elemento no equipamento que assegure um adequado registro das fotografias; por exemplo: um computador portátil (notebook) que receba a transferência dos arquivos de imagens, cartões de memória extra ou cartões que tenham uma maior capacidade.

O tempo empregado para a tomada e transferência total das fotografias realizadas em todas as áreas de estudo (202 fotografias, vide ANEXO B) foi de 12 horas. Esse valor exemplifica uma das vantagens das câmaras digitais, ao permitir uma rápida visualização e análise das características na fotografia tomada; não obstante, há que lembrar que devido ao nível de resolução da mesma, para o desenvolvimento de trabalhos que exijam um nível maior de detalhes obrigarão um aumento na quantidade de fotografias a tomar e na colocação de pontos de apoio, ao emprego de uma câmara digital de maior resolução ou de uma câmara que registre as imagens em filme.

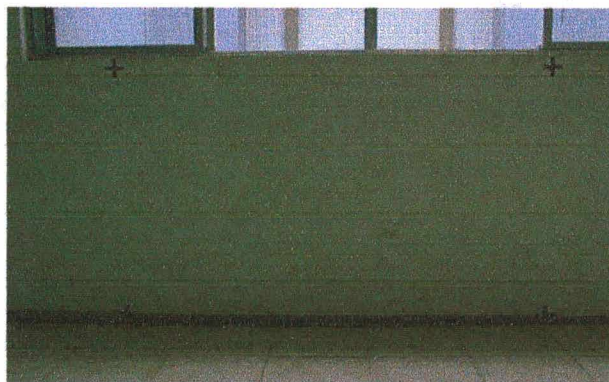
### 5.3. Restituição fotogramétrica

Começando a restituição no setor 4-c, demarcou-se exclusivamente os pontos de apoio em três fotografias. Ao tratar de processar o projeto (a caixa de informação *Audit Summary*), apresentava um baixo valor do potencial de precisão (valor igual a 1), o que exigiu o aumento da quantidade de pontos auxiliares.

Este aumento na quantidade de pontos auxiliares não representava dificuldades nas Áreas 1 e 4 (vide Figura 5, pág. 27), já que as mesmas tinham diferentes detalhes construtivos tomados como referência para aumentar a densidade dos pontos. Não obstante, no caso das Áreas 2 e 3, obrigou a demarcação de pontos auxiliares nos próprios pontos de apoio sinalizados ou nos poucos detalhes construtivos. (Figura 29).



área 4



área 3

**FIGURA 29** – Fotografias a restituir na Área 4 e na Área 3.



Esta situação é importante ao planejar a distribuição e localização dos pontos de apoio (alvos), já que o objetivo do estudo pode estar influenciado ou comprometido pela localização, distribuição e quantidade de alvos colocados no objeto a restituir.

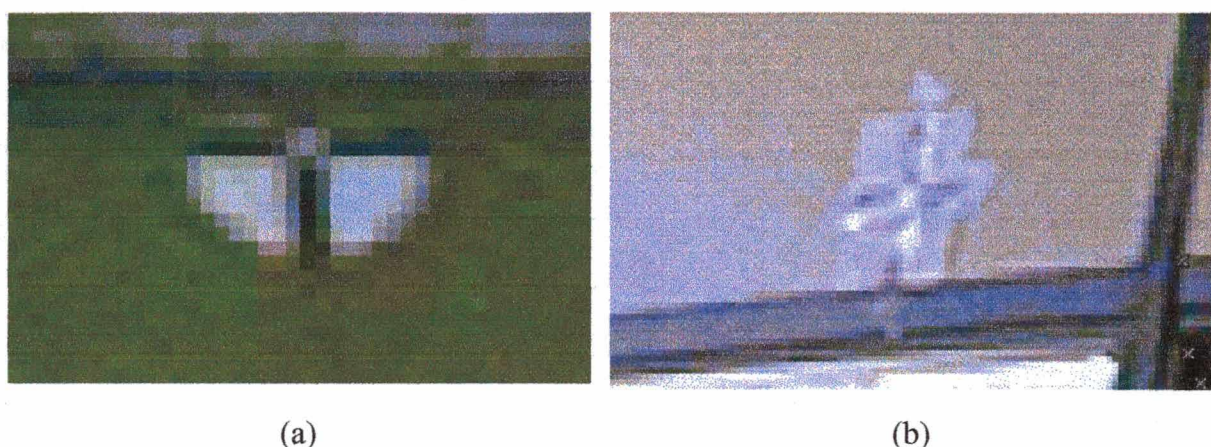
No desenvolvimento da restituição na Área 3, encontrou-se o problema que não existia nenhuma fotografia específica que fizesse a união entre a restituição da parede norte com a restituição da parede sul (vide Figura 15, pág. 46). Isso obrigou a aumentar a identificação e demarcação de pontos auxiliares em algumas fotografias que permitiriam a união das duas restituições.

Esta situação é confirmada por diferentes autores que estabelecem que é importante o planejamento das tomadas fotográficas na cobertura total do objeto a restituir e que sempre é melhor fotografar o objeto com uma maior quantidade de fotografias do que a considerada quantidade mínima.

Na Área 1, as fotografias foram tomadas a uma distância de 14 m, portanto, ao visualizar os pontos de apoio para sua demarcação no software de restituição, teve influência a resolução da câmara; já que ao fazer um aumento da imagem do ponto, aparecia os pixels das imagens, obrigando, como consequência, uma maior atenção na demarcação dos mesmos (Figura 30-a). Os pontos de apoio foram fixados às paredes com o emprego de fita adesiva, que em algumas situações originou um reflexo devido à influência dos raios solares sobre os mesmos no momento da tomada fotográfica, que, como consequência, influiu na demarcação do mesmo. Também, as paredes divisórias da Área 4, originaram alguns reflexos pela pintura semibrilhante que elas possuíam. (Figura 30-b).

Analisando os valores oferecidos no menu *Project/Open a Table viewer* e especificamente no valor *Tightness* de cada projeto restituído, foi que na Área 1, o ponto marcado em forma auxiliar (94) tinha um valor de 3,5824 determinando que este ponto apresentava uma baixa precisão. Por conseguinte, visualizou-se cada uma das fotografias onde havia sido demarcado e se comprovou que sua localização em uma fotografia não era correta. Corrigida sua localização e processado novamente, pôde-se observar que o valor em sua precisão concordava com os demais pontos do projeto.





**FIGURA 30** – Exemplos de problemas com a visualização dos pontos de apoio na demarcação.

Analisando as ferramentas disponíveis no software Photomodeler, pode-se observar que ele permite demarcar: pontos, linhas, superfícies e cilindros. O que limita a capacidade de aplicação do mesmo software, em outras situações onde sejam necessárias à restituição de elementos com outras características especiais, como: elementos curvados, detalhes de ornamentação, etc; não obstante é um software de fácil manejo e economicamente acessível.

O tempo empregado na restituição das diferentes áreas foi o seguinte:

- Área 1 (exterior – 37 fotografias) 6,35 hs.
- Área 2 (escada – 33 fotografias) 6,20 hs.
- Área 3 (hall – 39 fotografias) 4,50 hs.
- Área 4 (laboratório)
  - Setor 4-a (35 fotografias) 5,20 hs.
  - Setor 4-b (28 fotografias) 3,35 hs.
  - Setor 4-c (30 fotografias) 7,10 hs.

Analisando, o tempo no setor 4-c, esteve relacionado ao ser o primeiro projeto a restituir, o que levou a realizar várias experiências até conhecer a quantidade e distribuição aproximada dos pontos auxiliares de restituição que permitiram o correto processamento do mesmo, além de familiarizar-se com as ferramentas do software. Na Área 2, presumiu-se que a configuração da escada não permitiu tomadas fotográficas de pontos normais de visada ou que demorou na identificação e demarcação dos pontos a restituir. E na Área 1, ao ser feita a tomada a uma maior distância obrigava a aumentar e reduzir a imagem de forma contínua para fazer a demarcação dos pontos de apoio e pontos auxiliares distribuídos em todas as fotografias.

#### 5.4. Análise da precisão nas partes externas e internas da edificação

Um dos principais objetivos da pesquisa era estimar a precisão nas partes externas e internas, para analisar se o procedimento empregado no levantamento fotogramétrico apresentava resultados homogêneos ou não em toda a edificação.

Portanto, foi necessário determinar algum método que permitisse a estimação do valor de precisão. KISSAM (1967), estabelece que *“todo valor que fora registrado deve ser comprovado por alguma observação independente”*.

No entanto, o que seria uma *“observação independente”* em um trabalho topográfico? Imaginemos que, fazendo a medição entre dois pontos com o emprego de uma trena, se quer ter a certeza que a medição foi bem feita. Portanto, posso fazer uma nova medição com a mesma trena para comprovar a primeira medição; não obstante, não tendo certeza que a trena possa ter alguma deformação ou posso realizar a medição com outro instrumento, por exemplo, com uma estação total. A última medição feita pela estação total se consideraria uma medição independente, já que esta medição não estaria influenciada por possíveis erros cometidos com o primeiro instrumento.

Neste caso, foram realizadas as medidas nos pontos de apoio, por meio do levantamento topográfico, e os mesmos pontos foram também medidos na restituição; ou seja, obtidos de forma independente. Entretanto, como obter uma medida independente de um conjunto de dados?

Ao ter um conjunto de dados que representam a posição original de um objeto e outro conjunto de dados que determinam a posição final do mesmo objeto, podem ser calculados os parâmetros que permitam essa translação, rotação e escalonamento do conjunto de dados, sem alterar sua geometria. E conhecendo os parâmetros de transformação entre a posição original e final do objeto, e ao definir-se novos dados na posição original (ou final) do objeto, poderão ser calculados de forma independente os mesmos pontos na posição final (ou original).

Estes cálculos são possíveis pela estatística, a qual permite estimar o valor de um ponto que melhor se aproxima, baseando-se em um conjunto de medidas. O software AETRA,

desenvolvido pelo Instituto Geodésico da Universidade de Karlsruhe na Alemanha, faz estes cálculos; onde os parâmetros de ajuste para a transformação de similaridade são realizados com pontos idênticos estocásticos. (Vide AETRA info no ANEXO D).

Portanto, em nosso caso, ao ter um conjunto de dados obtidos topograficamente e os mesmos dados obtidos fotogrametricamente, posso, com o software AETRA, calcular os parâmetros da transformação entre os dois conjuntos de dados e ao determinar um novo ponto em algum dos dois conjuntos de dados, por exemplo no fotogramétrico, poderei calcular de forma independente sua localização topográfica.

Por conseguinte, foi gerado um arquivo para cada um dos projetos de restituição, contendo as coordenadas dos mesmos pontos levantados na topografia e na restituição (50 pontos no máximo) e um ponto da restituição selecionado aleatoriamente. Processando os dois conjuntos de 50 pontos, obteve-se os parâmetros entre os mesmos e estimou-se a coordenada topográfica do ponto selecionado aleatoriamente. (Vide saída do AETRA no ANEXO D).

Feito o processamento do primeiro ponto, em cada um dos projetos de restituição, foram observados os valores dos resíduos em X, Y e Z de cada um dos pontos processados; e nos casos onde os valores eram maiores, foram retirados da lista do arquivo para serem recalculados.

O procedimento foi repetido em 10 ou 12 pontos selecionados em cada um dos projetos. Tendo, as coordenadas obtidas no levantamento topográfico e as calculadas pelo AETRA, se fizeram as diferenças entre elas e se calculou o desvio padrão. (Quadro 12 e ANEXO D).

É importante lembrar, que o desvio padrão é uma medida do grau de dispersão dos valores em relação ao valor médio (a média). Para os cálculos foi empregada a seguinte fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\sum (x - x_i)^2 / (n - 1)}$$

$\sigma$  = desvio padrão

$x$  = valor médio

$x_i$  = observações

$n$  = número de observações



**QUADRO 12 – Desvio padrão calculado no sector 4-b.**

| Coordenadas topográficas |         |         |        | Coordenadas calculadas pelo AETRA |          |          |         | Diferenças (mm) |        |        |
|--------------------------|---------|---------|--------|-----------------------------------|----------|----------|---------|-----------------|--------|--------|
| Pto                      | X       | Y       | Z      | Pto                               | X        | Y        | Z       | X               | Y      | Z      |
| 3                        | 160,288 | 242,775 | 18,801 | 29                                | 160,2832 | 242,77   | 18,7964 | 4,8             | 5,0    | 4,6    |
| 5                        | 159,651 | 240,908 | 18,613 | 41                                | 159,6491 | 240,9039 | 18,6126 | 1,9             | 4,1    | 0,4    |
| 9                        | 157,896 | 241,047 | 18,791 | 54                                | 157,9044 | 241,0438 | 18,7946 | -8,4            | 3,2    | -3,6   |
| 13                       | 157,634 | 245,536 | 17,837 | 3                                 | 157,6383 | 245,5305 | 17,8324 | -4,3            | 5,5    | 4,6    |
| 14                       | 159,03  | 244,09  | 17,85  | 11                                | 159,0292 | 244,0833 | 17,8505 | 0,8             | 6,7    | -0,5   |
| 17                       | 159,646 | 240,905 | 17,849 | 43                                | 159,6423 | 240,8992 | 17,8475 | 3,7             | 5,8    | 1,5    |
| 23                       | 156,228 | 242,79  | 17,847 | 75                                | 156,2263 | 242,7856 | 17,8506 | 1,7             | 4,4    | -3,6   |
| 24                       | 155,539 | 243,509 | 17,83  | 4                                 | 155,525  | 243,5217 | 17,834  | 14,0            | -12,7  | -4,0   |
| 27                       | 157,065 | 241,918 | 16,736 | 63                                | 157,0683 | 241,9141 | 16,7414 | -3,3            | 3,9    | -5,4   |
| 31                       | 157,062 | 241,917 | 15,712 | 84                                | 157,0812 | 241,9282 | 15,7085 | -19,2           | -11,2  | 3,5    |
| Media                    |         |         |        |                                   |          |          |         | -0,83           | 1,47   | -0,25  |
| Desvio                   |         |         |        |                                   |          |          |         | 8,3759          | 6,7862 | 3,5733 |

Tendo determinados os valores dos desvios padrões para cada uma das áreas, se calculou o vetor do erro, para poder ter um valor nominal da precisão. (Quadro 13).

Se examinamos os valores do vetor do erro calculados, pode-se observar que os valores nas áreas internas estudadas são semelhantes, com pouca variação, o que permitiria considerar homogêneo o levantamento interno; no entanto, não aconteceu o mesmo no levantamento exterior.

**QUADRO 13 – Cálculo do vetor do erro.**

| Áreas | Desvios Padrões (mm) |        |       | Vetor do Erro (mm) |
|-------|----------------------|--------|-------|--------------------|
|       | X                    | Y      | Z     |                    |
| 1     | 104.18               | 134.08 | 40.24 | 174.50             |
| 2     | 8.84                 | 13.43  | 7.10  | 11.49              |
| 3     | 7.01                 | 10.61  | 3.10  | 13.08              |
| 4-a   | 3.72                 | 6.78   | 4.05  | 8.73               |
| 4-b   | 8.37                 | 6.78   | 3.57  | 11.34              |
| 4-c   | 8.51                 | 7.45   | 3.57  | 11.86              |

Se analisarmos os dados obtidos no primeiro processamento do AETRA na Área 1, que foram empregados para o cálculo do desvio padrão no Quadro 13, observam-se grandes valores nos resíduos dos pontos que chegam a 0,35 m, na fachada sul, e vão diminuindo de forma

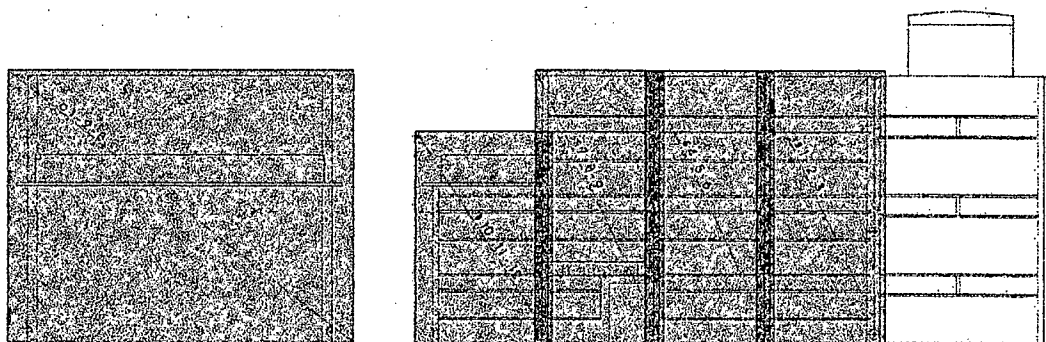
contínua (na parede norte) e chegam ao mínimo de 0,055 m na fachada do centro. Esses valores de resíduos maiores têm em comum a característica de se encontrarem na mesma vertical.

Portanto, retiraram-se os pontos que continham maiores valores residuais do arquivo e foram novamente processados; ao observar os resíduos de todos os pontos, eles haviam melhorado, mas mantendo a relação que na fachada do centro os resíduos eram menores e aumentavam de forma contínua (na parede norte) até chegar ao máximo na fachada sul. Retirando novos pontos do arquivo e processando outra vez, observou-se a mesma situação, onde os resíduos eram menores e aumentavam de forma contínua partindo da fachada do centro até a fachada sul.

Ao tratar de supor as possíveis causas dos resultados, primeiramente devemos considerar a origem dos dados analisados. Onde, um grupo foi obtido pelo levantamento topográfico dos pontos de apoio e outro pelo levantamento fotogramétrico dos mesmos pontos.

Na determinação das coordenadas topográficas dos pontos de apoio pode ter acontecido uma possibilidade de erro no procedimento e manejo dos instrumentos empregados para a determinação das coordenadas dos pontos de apoio na fachada sul. Também, a geometria das visadas aos pontos de apoio e o método de cálculo empregado pelo software Geod, pode haver influenciado na precisão dos cálculos das coordenadas.

Na precisão das coordenadas dos mesmos pontos obtidos fotogrametricamente, a configuração das fotografias (neste caso, não existiam fotografias que permitissem a demarcação em forma conjunta de pontos localizados nas diferentes fachadas – vide Figura 31), a quantidade de fotos, a precisão na localização dos pontos restituídos e o tamanho do objeto restituído; poderiam haver influenciado na rigidez do modelo restituído. Não obstante, o aumento de forma contínua dos erros residuais expressados anteriormente, presume a possibilidade de algum erro sistemático.



**FIGURA 31** – Cobertura e superposição fotográfica nas fachadas oeste e sul.

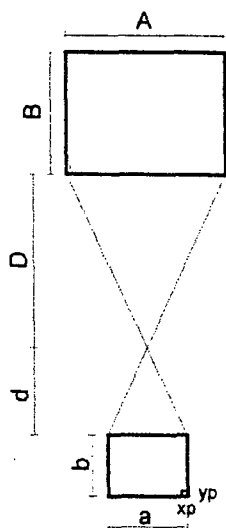
#### Relação entre o tamanho do pixel e o desvio padrão

Ao ter calculado o desvio padrão para cada um dos projetos, esse valor não permitiu fazer uma análise entre os diferentes projetos, já que cada um deles foi obtido com diferentes características (quantidade de fotografias empregadas na restituição, superposição entre elas, quantidade de pontos restituídos, distância da tomada fotográfica e a conseqüente diferença no tamanho do pixel). Portanto, julgou-se adequado verificar a relação entre o desvio padrão e a quantidade de pixels que ele percorre para cada projeto.

Para calcular a quantidade de pixels, primeiramente foi necessário calcular a dimensão da célula sensível ou tamanho do pixel na câmara. O manual da câmara fotográfica estabelece que as fotografias registradas em alta resolução tinham um total de  $1.024 \times 768$  pixels ( $a \times b$ ); e a constante da câmara ( $d$ ), segundo os dados proporcionados pelo software Camera Calibrator 3.1, era de 10,81 mm.

O próximo passo foi conhecer o tamanho real de uma fotografia; e para isso se fixou uma trena a uma parede do edifício, no sentido horizontal e vertical, se tomou uma fotografia de tal parede e visualizando a mesma se pôde determinar a dimensão exata da fotografia na parede ( $A \times B$ ), por meio da leitura na trena; finalmente, mediu-se a distância entre a câmara fotográfica e a parede ( $D$ ). E conhecendo sua distância focal ( $d$ ) e tamanho da imagem registrada ( $a \times b$ ) se pode calcular o tamanho do pixel.





Dados:

A = 1,654 mm                      a = 1.024 pixels  
B = 1,244 mm                      b = 768 pixels  
D = 1,715 mm                      d = 10,81 mm

Incógnitas:

xp = distância horizontal do pixel  
yp = distância vertical do pixel

xp = 0,010185 mm  
yp = 0,010213 mm

Conhecendo o tamanho do pixel e a distância média das tomadas fotográficas realizadas em cada uma das áreas se calculou o tamanho do pixel relativo a essa distância e se estabeleceu que quantidade de pixels representava o desvio padrão. (Vide Quadro 14).

Observando os valores da quantidade de pixels em cada área, nenhuma das mesmas tem valores iguais ou menores a 1 pixel em X, Y e Z, onde esta situação seria ideal, já que ao ser percorrido o desvio padrão por um pixel ou fração, poder-se-ia estabelecer que o levantamento teve uma precisão de sub-pixel.

Segundo os valores das quantidades de pixel apresentados no Quadro 14, observa-se que os valores obtidos na área 4-a foram os mais próximos ao valor de um pixel.

**QUADRO 14** – Representação em quantidade de pixels do desvio padrão.

| Áreas | Desvios Padrões (mm) |        |       | Distância média (m) | Quantidade de Pixels |       |      |
|-------|----------------------|--------|-------|---------------------|----------------------|-------|------|
|       | X                    | Y      | Z     |                     | X                    | Y     | Z    |
| 1     | 104.18               | 134.08 | 40.24 | 14.00               | 7.89                 | 10.15 | 3.04 |
| 2     | 8.84                 | 13.43  | 7.10  | 3.10                | 3.03                 | 4.59  | 2.43 |
| 3     | 7.01                 | 10.61  | 3.10  | 3.10                | 2.39                 | 3.62  | 1.06 |
| 4-a   | 3.72                 | 6.78   | 4.05  | 4.30                | 0.92                 | 1.67  | 0.99 |
| 4-b   | 8.37                 | 6.78   | 3.57  | 2.80                | 3.17                 | 2.56  | 1.35 |
| 4-c   | 8.51                 | 7.45   | 3.57  | 3.20                | 2.82                 | 2.47  | 1.18 |

Comparação direta das medições com trena, estação total e fotogrametria

Como medida de controle na identificação de possíveis erros cometidos nas medições realizadas aos diferentes pontos de apoio, por meio do método topográfico (por meio da estação total) e fotogramétrico, decidiu-se realizar uma série de medições entre os diferentes pontos de apoio localizados na mesma área de estudo, com uma trena, e calcular as diferenças entre elas.

Se observarmos os valores apresentados no Quadro 15, pode-se observar que na Área 1 existe uma diferença de 20 mm na medição realizada pela trena e a estação total na fachada sul; isto poderia dar indício de que foi cometido algum erro na medição com a estação total. E na Área 2, as diferenças levam a compreender a possível existência de algum erro cometido na restituição fotogramétrica (não adequada cobertura fotográfica e configuração).

**QUADRO 15 –** Diferenças nas medições com trena, estação total e fotogrametria.

| Área de Estudo | I. T.   | I. F.     | Distância    | Distância            | Distância            | Diferença                   | Diferença                   |
|----------------|---------|-----------|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                |         |           | Trena<br>(m) | Estação Total<br>(m) | Fotogrametria<br>(m) | Trena-Estação Total<br>(mm) | Trena-Fotogrametria<br>(mm) |
| Área 1         | 18 - 25 | 50 - 19   | 11,066       | 11,062               | 11,060               | 4                           | 6                           |
|                | 38 - 41 | 95 - 138  | 17,980       | 17,978               | 17,978               | 2                           | 2                           |
|                | 57 - 54 | 109 - 244 | 12,702       | 12,682               | 12,742               | 20                          | -40                         |
| Área 2         | 19 - 24 | 33 - 132  | 4,719        | 4,716                | 4,701                | 3                           | 18                          |
|                | 3 - 18  | 141 - 14  | 4,872        | 4,868                | 4,843                | 4                           | 29                          |
|                | 12 - 17 | 185 - 5   | 6,584        | 6,576                | 6,557                | 8                           | 27                          |
| Área 3         | 17 - 38 | 100 - 207 | 6,256        | 6,270                | 6,252                | -14                         | 4                           |
|                | 11 - 35 | 19 - 146  | 6,253        | 6,240                | 6,217                | 13                          | 36                          |
| Sector 4-a     | 19 - 63 | 155 - 74  | 7,164        | 7,155                | 7,166                | 9                           | -2                          |
|                | 24 - 57 | 202 - 111 | 9,022        | 9,026                | 9,030                | -4                          | -8                          |
| Sector 4-b     | 15 - 32 | 26 - 87   | 4,698        | 4,701                | 4,691                | -3                          | 7                           |
|                | 18 - 25 | 53 - 8    | 5,810        | 5,803                | 5,815                | 7                           | -5                          |
| Sector 4-c     | 20 - 30 | 9 - 20    | 5,216        | 5,218                | 5,219                | -2                          | -3                          |
|                | 17 - 22 | 16 - 33   | 4,818        | 4,820                | 4,821                | -2                          | -3                          |

Observação: I.T. = código identificação ponto topográfico, I. F. = código identificação ponto fotogramétrico.

Também, foram feitos alguns cálculos de distância entre diferentes pontos de apoio localizados nas diferentes áreas de estudo, para poder analisar se as mesmas representavam a espessura das paredes nas distintas áreas. (Quadro 16).

QUADRO 16 – Distâncias medidas para o cálculo da espessura das paredes

| Área de estudo | Distância (m) |        |        | Diferença (m) |        |        | Espessura Parede Trena (m) | Espessura Parede Projeto (m) |
|----------------|---------------|--------|--------|---------------|--------|--------|----------------------------|------------------------------|
|                | I. T.         | Topog. | Fotog. | I. T.         | Topog. | Fotog. |                            |                              |
| Área 1 – 2     | 24 – 26       | 0,252  | 0,223  |               |        |        |                            |                              |
| Área 1 – 4     | 35 - 51 (a)   | 13,131 | 13,100 | a - b         | 1,251  | 1,227  | 1,250                      | 0,183                        |
|                | 39 - 21 (b)   | 11,880 | 11,873 |               |        |        |                            |                              |
| Área 2 – 3     | 20 – 7        | 0,190  | 0,210  |               |        |        |                            |                              |
| Área 4a - 4b   | 58 - 63 (c)   | 6,856  | 6,866  | c - d         | 0,061  | 0,043  | 0,035                      | 0,169                        |
|                | 25 - 16 (d)   | 4,963  | 4,964  |               |        |        |                            |                              |
| Área 4a - 4c   | 58 - 63 (c)   | 6,856  | 6,866  | c - e         | 0,053  | 0,027  | 0,035                      |                              |
|                | 9 - 7 (e)     | 4,971  | 4,980  |               |        |        |                            |                              |
| Área 4b - 4c   | 22 - 12       | 0,035  | 0,020  |               |        |        | 0,035                      |                              |

Observação: I.T. = código identificação ponto topográfico.

Nas áreas 1-2, 2-3 e 4b-4c, as espessuras das paredes puderam ser calculadas pela diferença entre um ponto de apoio localizado em cada uma das áreas; não obstante, os valores nas áreas 1-2 e 2-3 devem ser comparados com os valores obtidos na planta do projeto construtivo do edifício, já que a distância direta da espessura da parede não se pode medir com trena. Nas áreas 1-4, 4a-4b e 4a-4c, a espessura foi calculada por meio da diferença entre as distâncias dos pontos de apoio localizados nas distintas áreas

Analisando as espessuras obtidas das medições topográficas e fotogramétricas em relação às obtidas pela medição direta com trena ou a estabelecida pelo projeto construtivo, pode-se observar que os dados obtidos fotogrametricamente geralmente são menores que dados topográficos. A espessura das paredes obtidas com a trena, entre as áreas 1-4 e 4b-4c coincidiu com a obtida na topografia, nas áreas 4a-4b e 4a-4c teve uma diferença de 2,6 cm e 1,8 cm respectivamente à topográfica, no entanto os valores fotogramétricos foram mais próximos aos obtidos pela medição com trena.

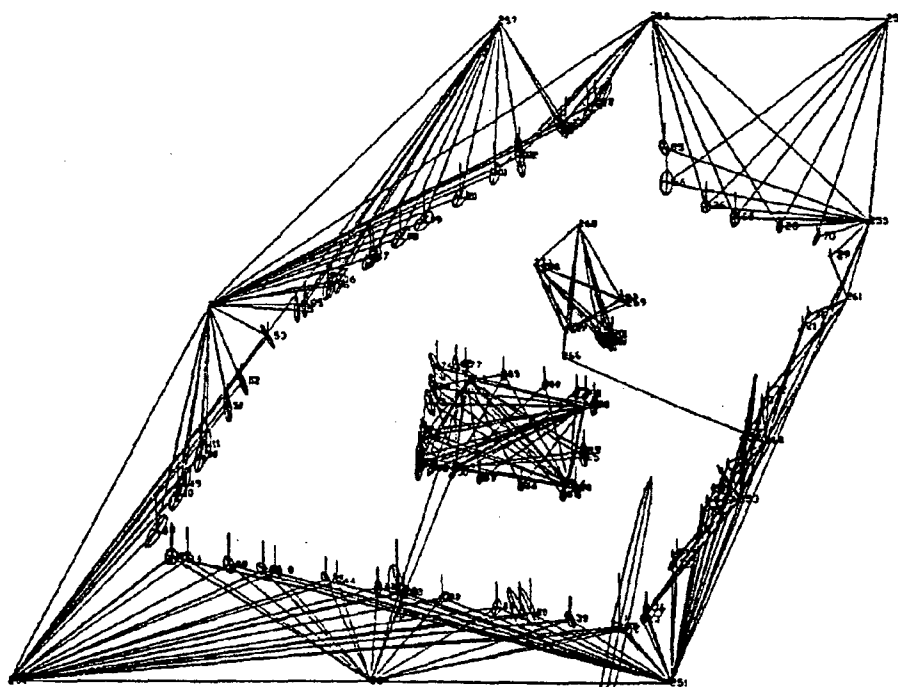
Propostas para melhorar o resultado

- As possíveis propostas para melhorar os resultados seriam:
- fazer um levantamento topográfico com um instrumento de maior precisão e aplicar o método de centragem forçada;
  - aumentar a conexão entre as poligonais externa e internas, por meio da realização de novas poligonais extras;



- fazer o levantamento dos pontos de apoio por trisseção; ou seja, visar o mesmo ponto por três estações instrumentais;
- realizar as tomadas fotográficas com o emprego de uma câmara de maior resolução;
- fazer um ajustamento global (3D) de todos os pontos levantados topograficamente.

Quanto ao emprego do método de trisseção ou do ajustamento em 3D dos pontos, isto obrigaria ao técnico a ter à disposição softwares específicos que realizassem estas tarefas. Uma visualização do ajustamento em 3D dos dados topográficos realizados em um levantamento externo e interior, observar-se na Figura 32.



Fonte: FANGI (1997)

**FIGURA 32** – Levantamento topográfico por intersecção 3D com elipse de erro.

Na experiência de SILVA (1995), ao fazer um levantamento fotogramétrico a curta distância de um tanque cilíndrico vertical de aproximadamente 13,00 m de diâmetro e 9,50 m de altura, estabelece que *“a influência dos erros dos pontos geodésicos de apoio foi maior do que se esperava; portanto, para que estes dados apresentem uma precisão homogênea deveriam ser obtidos com equipamentos calibrados de alta precisão e ajustados tridimensionalmente”*.

A comparação entre um levantamento fotogramétrico de um mesmo objeto empregando uma câmara digital (OLYMPUS Camedia C-820L) e uma câmara métrica de formato médio (Pentax PAMS 645), foi desenvolvido por COELHO et al. (2000). Onde as fotografias registradas em filme, em diapositivos de um tamanho nominal de 6,0 x 4,5 cm, foram digitalizadas por meio de um scanner a 28  $\mu\text{m}$ , o que originou uma imagem de 2.140 x 1.610 pixels.

Feita a restituição no software Photomodeler e a transformação de similaridade (com o software Aetra) em 19 pontos de apoio, para os dados obtidos pelas câmaras Olympus e Pentax; calculou-se o desvio padrão, e foi obtido como resultado 1 cm para a Olympus e 0,5 cm para a Pentax. Isto demonstra que ao melhorar a resolução do registro fotográfico, como consequência, melhora a precisão da restituição.

## 6. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

### 6.1. Recomendações

Analisando o desenvolvimento da pesquisa, pode-se estabelecer as seguintes recomendações:

#### 6.1.1. Levantamento topográfico

Procedimento e equipamento:

- Planejar as poligonais externas e internas de forma que permitam o levantamento adequado dos pontos de apoio localizados nas diferentes áreas a registrar; onde sua configuração geométrica e a união entre elas, possibilitem a determinação de suas coordenadas com uma maior precisão.
- Empregar equipamentos que permitam aplicar a centragem forçada, no levantamento das poligonais, o que possibilitaria aumentar a precisão de suas coordenadas.
- Quando não se tem boa visibilidade de um ponto, colocar um prumo ou outro elemento, que permita determinar com a maior precisão possível sua localização.
- Planejar a localização das estações instrumentais no interior do edifício, de forma que: os pontos de apoio permitam ser levantadas corretamente, com uma correta configuração geométrica para o levantamento dos pontos de apoio.
- Planejar a localização, distribuição e quantidade de pontos de apoio, considerando o objetivo do trabalho e desenhar croquis de localização e identificação dos mesmos.
- Fazer o nivelamento, empregando o “*método dos três fios*”, já que ele permite obter um maior controle nas medidas.
- Fazer medidas de controle, para identificar possíveis erros grosseiros, principalmente para as coordenadas das estações instrumentais e os pontos de apoio.
- Visualizar um mesmo alvo através de várias estações instrumentais, para que permita fazer melhor controle no processamento dos dados.
- Na possibilidade de emprego de uma estação total, utilizar esta, já que permite o armazenamento de uma grande quantidade de dados.



- Antes de começar a operar com a estação total, controlar o nível de carga nas baterias internas do instrumento, já que níveis baixos podem ocasionar um mau registro dos dados levantados em campo;
- Prever o uso de um ocular cotovelo para as medidas dos ângulos muito agudos ou obtusos, os quais estarão influenciados pela localização das estações instrumentais, o tamanho e distribuição das áreas, e da localização dos alvos.
- Tratar de gerar uma medida de segurança (triângulos, cordas, etc) ou ter um especial cuidado no estacionamento e manejo do instrumento no interior da edificação, se ele tem um piso escorregadio.
- Fazer todas as medidas com uma trena calibrada, ou se for necessário o emprego de alguma outra, verificar a possibilidade da existência de erros sistemáticos.

#### Processamento dos dados:

- Ter especial cuidado ao fazer os cálculos das coordenadas das estações instrumentais, se possível, que os cálculos sejam verificados por outra pessoa.
- Analisar, com atenção, os dados processados pelo software Geod, na procura de possíveis erros na coordenada Z.
- Analisar os dados processados pelo software Geod, em relação a um mesmo alvo, tratando de procurar possíveis erros nas coordenadas das estações instrumentais.
- Usar, sempre que possível, softwares que permitam realizar o ajustamento das observações topográficas.

#### 6.1.2. Levantamento fotográfico

##### Procedimento e equipamento:

- Planejar uma adequada cobertura fotográfica do objeto e realizar croquis de localização e identificação das tomadas.
- Analisar as condições adequadas da iluminação para a execução das tomadas fotográficas no exterior; para evitar as sombras, reflexo e sub-iluminação.
- Antes de começar a registrar o interior do edifício, fazer uma prova fotográfica da relação de luz exterior/interior.

- Prever o emprego de luz artificial, em áreas que não possuem uma adequada iluminação natural.
- Analisar a visualização dos alvos na área de visada da câmara fotográfica; de acordo com a tomada do alvo e a escala da fotografia.
- Prever alguma medida auxiliar ou de segurança, para eliminar as limitações da capacidade de armazenamento da câmara fotográfica.
- A câmara digital OLYMPUS Camedia C-820L é versátil e econômica; no entanto, para determinados trabalhos o registro de alta resolução que ela oferece (pixels) ainda é baixo.

#### 6.1.3. Restituição fotogramétrica

##### Procedimento e equipamento:

- Demarcar cuidadosamente os pontos a restituir e identificá-los corretamente ao serem referenciados a outras fotografias.
- Demarcar e distribuir uma quantidade adequada de pontos auxiliares que permitam o processamento do projeto com a melhor qualidade possível.
- Demarcar corretamente os pontos que sejam empregados para fazer o escalonamento do modelo restituído.
- Analisar cuidadosamente os dados apresentados na caixa de informação *Table viewer* e especialmente os valores relacionados à precisão dos pontos restituídos (valor *Tightness*);
- Fazer o processamento e análise dos dados oferecidos por uma versão mais atualizada do software de restituição.
- O software Photomodeler é versátil e acessível economicamente; não obstante, é limitado quanto às ferramentas que permitam a restituição de objetos curvos ou com características especiais.

#### 6.1.4. Propostas para melhorar os resultados

- Fazer o levantamento topográfico com um instrumento de maior precisão e aplicar o método da centragem forçada.

- Aumentar a conexão entre as poligonais externa e internas, por meio da realização de novas poligonais extras.
- Fazer o levantamento dos pontos de apoio por trisseção; ou seja, visar o mesmo ponto por três estações instrumentais.
- Empregar outros métodos como medidas de controle.
- Fazer o levantamento fotográfico com uma câmara convencional (com filme) ou digital de alta resolução.
- Fazer um ajustamento global (3D) de todos os pontos levantados topograficamente.

## 6.2. Conclusões

Nesta pesquisa analisou-se o método de levantamento fotogramétrico aplicado ao interior e exterior de edifícios, e estabelecendo procedimentos e cuidado que se deve ter no levantamento, com a finalidade de se obter uma boa homogeneidade em precisão entre a parte interna e externa de uma edificação.

Para isso, empregou-se procedimentos simples e equipamentos versáteis e de menor custo, o que permitirá uma maior acessibilidade aos profissionais das diferentes áreas temáticas que se encontram interessados na aplicação de procedimentos fotogramétricos semelhantes.

Concretamente, o método empregado no desenvolvimento da pesquisa, obteve resultados com menor homogeneidade entre a parte externa e interna. No entanto, entre as diferentes áreas internas obteve-se um levantamento homogêneo (vide Quadro 13, pág. 75), o que permitiria afirmar que o procedimento poderia ser empregado em situações onde se quer obter uma informação generalizada da edificação ou, também, em outras áreas temáticas como: atividades de mineração, construção de túneis, etc, onde a exigência de precisão seja menor.

As possíveis causas de não se haver obtido uma boa precisão no levantamento externo estão fundamentalmente relacionadas: 1) uma cobertura fotográfica não ideal, ao relacionamento das diferentes fachadas do edifício, o que originou um modelo restituído menos rígido; 2) e também, haver cometido um erro no levantamento dos pontos de apoio na fachada sul. A



possibilidade da existência desses erros influenciaram nos cálculos dos desvios padrões, obtendo como consequência resultados que ainda podem ser melhorados.

Esta experiência ratifica a importância de estabelecer, no desenvolvimento do procedimento, diferentes métodos de controle que permitam descobrir erros cometidos no mesmo, principalmente, no controle das coordenadas das estações instrumentais e nas coordenadas dos pontos de apoio.

**ANEXO A**

### Coordenadas dos vértices e pontos das poligonais e estações instrumentais

| Vértice<br>ou Ponto | Coordenada<br>X | Coordenada<br>Y | Coordenada<br>Z |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 100                 | 1.000.000       | 2.000.000       | 10.000          |
| 101                 | 1.584.558       | 2.100.576       | 11.454          |
| 102                 | 1.790.986       | 2.297.570       | 13.257          |
| 103                 | 1.601.147       | 2.685.034       | 13.483          |
| 104                 | 1.364.884       | 2.417.388       | 12.123          |
| 105                 | 1.000.000       | 2.458.307       | 11.843          |
| 106                 | 1.403.154       | 2.069.365       | 10.409          |
| 107                 | 1.440.486       | 2.075.788       | 10.406          |
| 108                 | 1.743.852       | 2.252.590       | 12.603          |
| 109                 | 1.725.845       | 2.430.523       | 13.220          |
| 110                 | 1.665.553       | 2.553.581       | 13.382          |
| 111                 | 1.477.162       | 2.544.580       | 13.332          |
| 112                 | 1.636.736       | 2.362.777       | 15.690          |
| 113                 | 1.601.866       | 2.399.175       | 15.690          |
| 114                 | 1.564.679       | 2.437.992       | 15.702          |
| 115                 | 1.455.014       | 2.258.269       | 15.702          |
| 116                 | 1.409.791       | 2.214.877       | 15.706          |
| 117                 | 1.472.823       | 2.240.780       | 15.702          |
| 118                 | 1.445.522       | 2.209.147       | 14.023          |
| 119                 | 1.480.681       | 2.231.731       | 12.329          |
| 120                 | 1.457.392       | 2.255.963       | 12.323          |
| 121                 | 1.400.804       | 2.230.692       | 12.327          |
| 122                 | 1.615.814       | 2.384.615       | 15.690          |
| 123                 | 1.574.548       | 2.345.078       | 15.688          |
| 124                 | 1.595.500       | 2.323.280       | 15.697          |
| 125                 | 1.590.219       | 2.411.333       | 15.693          |
| 126                 | 1.597.492       | 2.418.297       | 15.687          |
| 127                 | 1.576.833       | 2.449.634       | 15.698          |
| 128                 | 1.565.460       | 2.364.243       | 15.691          |
| 129                 | 1.565.923       | 2.388.048       | 15.690          |
| 130                 | 1.573.209       | 2.395.042       | 15.692          |
| 131                 | 1.552.504       | 2.426.407       | 15.702          |
| 132                 | 1.540.348       | 2.414.742       | 15.703          |
| 133                 | 1.429.847       | 2.241.826       | 15.703          |
| 134                 | 1.426.890       | 2.217.500       | 15.714          |
| 135                 | 1.373.689       | 2.209.229       | 15.709          |
| 136                 | 1.363.397       | 2.231.409       | 15.708          |
| 138                 | 1.625.514       | 2.393.904       | 15.686          |



Dados obtidos através do software TopoGRAF: Poligonal externa

ESC. TECNICA FED. DE SANTA CATARINA DIA.: 16-02-10 HORA.: 17:58:01 FOLHA No 001

CLIENTE.: 999 MARIO  
OBRA.: 999 POLIGONAL EXTERNA  
TRABALHO.: 99 POLIGONAL EXTERNA  
LOCAL.: CAMPUS UFSC

LISTAGEM DA POLIGONAL REFERENCIA.: 99 47101

| ESTACAO | ANG.HORI.  | AZIMUTE    | DISTANCIA | X        | Y        | COTA   | ERRO MEDIO | ESTACAO |
|---------|------------|------------|-----------|----------|----------|--------|------------|---------|
| 105     |            | 180.00.000 |           |          |          |        |            |         |
| 100     | 80.14.160  |            |           | 100.0000 | 200.0000 | 10.000 |            | 100     |
| 101     | 146.06.097 |            | 59.315    | 158.4558 | 210.0576 | 11.449 | 1:42366    | 101     |
| 102     | 107.33.175 |            | 28.534    | 179.0986 | 229.7570 | 13.251 | 1:24599    | 102     |
| 103     | 67.32.230  |            | 43.147    | 160.1147 | 268.5034 | 13.475 | 1:20165    | 103     |
| 104     | 234.57.455 |            | 35.701    | 136.4884 | 241.7388 | 12.115 | 1:23177    | 104     |
| 105     | 83.36.067  |            | 36.717    | 100.0000 | 245.8307 | 11.842 | 1:43972    | 105     |
| 100     | 0.00.000   |            | 45.831    | 100.0000 | 200.0000 | 10.000 | 1:18466    | 100     |
| 105     |            | 0.00.000   |           |          |          |        |            |         |

TOLERANCIAS

ERROS

CLASSE: II PRC

TIPO : 1

a.: 0.00.000 c.: 0.000  
b.: 0.01.000 d.: 0.300

Vertices.: 7

Nivel de Ref: 10.000

Perimetro.: 249.2455 m

Area.: 3127.7203 m2

Angular.: 0.00.015 0.02.387  
Linear.: 0.0086 m 0.1498 m  
Eixo X.: -0.0035 m  
Eixo Y.: -0.0079 m  
ErD maximo.: 1:18466 1:679  
eAZ.: 0.00.003 0.01.000  
eV.: 0.0019 m 0.0611 m  
Relativo.: 1:28973 1:1664  
Altimetrico.: 0.003 m 0.004 m

ESC. TECNICA FED. DE SANTA CATARINA topoGRAPH

Dados obtidos através do software TopoGRAF: Poligonal interna (A)

ESC. TECNICA FED. DE SANTA CATARINA DIA.: 02-03-10 HORA.: 12:43:11 FOLHA No 001

CLIENTE.: 999 MARIO TRABALHO.: 99 POLIGONAL INTERNA (A)  
OBRA.: 999 POLIGONAL INTERNA (A) LOCAL.: CAMPUS UFSC

LISTAGEM DA POLIGONAL REFERENCIA.: 98 47101

| ESTACAO | ANG.HORI.  | AZIMUTE    | DISTANCIA | X        | Y        | COTA | ESTACAO |
|---------|------------|------------|-----------|----------|----------|------|---------|
| 100     |            | 71.14.386  |           |          |          |      |         |
| 108     | 64.34.387  | 315.48.351 | 15.367    | 174.3852 | 225.2590 | -    | 108     |
| 112     | 180.25.480 |            |           | 163.6736 | 236.2777 | -    | 112     |
| 114     | 184.23.405 | 316.13.418 | 10.416    | 156.4679 | 243.7992 | -    | 114     |
| 111     | 80.50.102  | 320.36.409 | 13.791    | 147.7162 | 254.4580 | -    | 111     |
| 104     |            | 221.26.106 |           |          |          |      |         |

| ERROS        |            | TOLERANCIAS |                                 |
|--------------|------------|-------------|---------------------------------|
| Angular..... | 0.02.455   | 0.00.400    | *** ERRO FORA DA TOLERANCIA *** |
| Linear.....  | 0.0000 m   |             |                                 |
| Eixo X.....  | 0.0004 m   |             |                                 |
| Eixo Y.....  | -0.0002 m  |             |                                 |
| Azimuth..... | 117.25.110 |             |                                 |

Perimetro.: 39.5747 m

Relativo.: 1:999999 1:5000

Dados obtidos através do software TopoGRAF: Poligonal interna (B)

ESC. TECNICA FED. DE SANTA CATARINA DIA.: 02-03-10 HORA.: 12:44:01 FOLHA No 001

CLIENTE.: 999 MARIO TRABALHO.: 99 POLIGONAL INTERNA (B)  
OBRA.: 999 POLIGONAL INTERNA (B) LOCAL.: CAMPUS UFSC

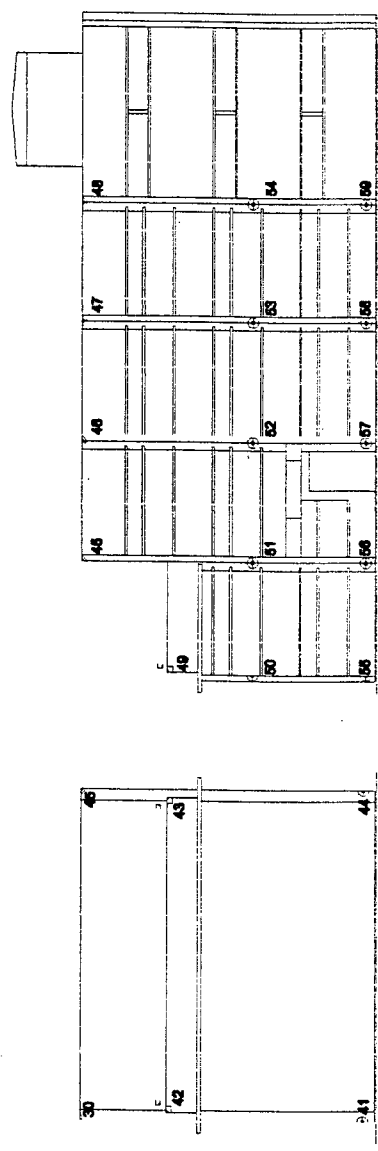
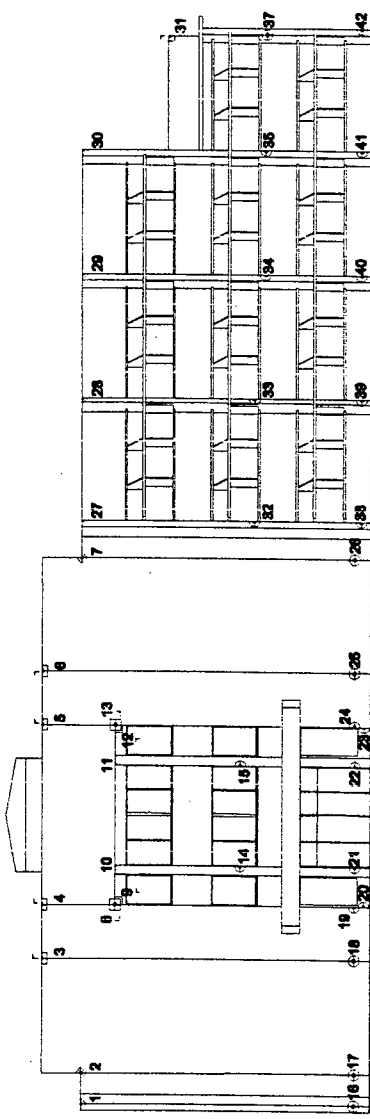
LISTAGEM DA POLIGONAL REFERENCIA.: 97 47101

| ESTACAO | ANG.HORI.  | AZIMUTE    | DISTANCIA | X        | Y        | COTA | ESTACAO |
|---------|------------|------------|-----------|----------|----------|------|---------|
| 112     |            | 316.13.417 |           |          |          |      |         |
| 113     | 89.55.276  | 226.11.016 | 26.619    | 160.1866 | 239.9175 | -    | 113     |
| 116     | 121.23.115 | 167.33.179 | 14.244    | 140.9791 | 221.4877 | -    | 116     |
| 107     | 272.40.072 | 260.14.151 |           | 144.0486 | 207.5788 | -    | 107     |
| 100     |            |            |           |          |          |      |         |

| ERROS        |            | TOLERANCIAS |                                 |
|--------------|------------|-------------|---------------------------------|
| Angular..... | 0.01.471   | 0.00.346    | *** ERRO FORA DA TOLERANCIA *** |
| Linear.....  | 0.0179 m   |             |                                 |
| Eixo X.....  | 0.0046 m   |             |                                 |
| Eixo Y.....  | -0.0173 m  |             |                                 |
| Azimute..... | 165.02.566 |             |                                 |

Perimetro.: 40.8629 m  
Relativo.: 1:2278 1:5000 \*\*\* ERRO FORA DA TOLERANCIA \*\*\*





ESCALA GRAFICA



REFERÊNCIAS

- ⊕ Ano de papel
- ⊕ Ano natural
- ⊕ Ano natural em azulejo
- ⊕ Porto de vésada

# LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS ALVOS NA ÁREA EXTERNA 1

Dados obtidos através do Software Geod: Área 1

Estação 106-107

1. STANDPKT.: 106 2. STANDPK T.: 107

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|-----|-----------|
| 1        | 129.382 | 218.803 | 23.772 | 0.003 | 11. | SCHNITT!  |
| 2        | 130.049 | 220.170 | 23.754 | 0.004 | 11. | SCHNITT!  |
| 3        | 134.989 | 217.749 | 25.255 | 0.003 | 17. | SCHNITT!  |
| 4        | 136.943 | 218.859 | 25.250 | 0.004 | 18. | SCHNITT!  |
| 5        | 143.728 | 219.907 | 25.241 | 0.002 | 18. | SCHNITT!  |
| 6        | 145.882 | 219.308 | 25.245 | 0.002 | 17. | SCHNITT!  |
| 7        | 149.891 | 223.081 | 23.772 | 0.004 | 11. | SCHNITT!  |
| 8        | 136.937 | 218.858 | 22.220 | 0.003 | 18. | SCHNITT!  |
| 9        | 136.781 | 219.916 | 22.208 | 0.004 | 17. | SCHNITT!  |
| 10       | 138.171 | 219.963 | 22.199 | 0.004 | 18. | SCHNITT!  |
| 11       | 142.155 | 220.600 | 22.207 | 0.001 | 18. | SCHNITT!  |
| 12       | 143.525 | 220.985 | 22.213 | 0.001 | 17. | SCHNITT!  |
| 13       | 143.708 | 219.900 | 22.205 | 0.002 | 18. | SCHNITT!  |
| 14       | 138.185 | 220.000 | 17.217 | 0.002 | 18. | SCHNITT!  |
| 15       | 142.151 | 220.601 | 17.326 | 0.002 | 18. | SCHNITT!  |
| 16       | 129.410 | 218.819 | 12.977 | 0.003 | 11. | SCHNITT!  |
| 17       | 130.051 | 220.196 | 12.847 | 0.003 | 11. | SCHNITT!  |
| 18       | 134.955 | 217.782 | 12.753 | 0.005 | 17. | SCHNITT!  |
| 19       | 136.963 | 218.894 | 12.761 | 0.005 | 18. | SCHNITT!  |
| 20       | 136.772 | 219.980 | 12.741 | 0.005 | 17. | SCHNITT!  |
| 21       | 138.181 | 220.017 | 12.801 | 0.001 | 18. | SCHNITT!  |
| 22       | 142.156 | 220.644 | 12.784 | 0.001 | 18. | SCHNITT!  |
| 23       | 143.505 | 221.023 | 12.698 | 0.001 | 17. | SCHNITT!  |
| 24       | 143.690 | 219.900 | 12.832 | 0.000 | 18. | SCHNITT!  |
| 25       | 145.903 | 219.370 | 12.804 | 0.000 | 17. | SCHNITT!  |
| 26       | 149.858 | 223.173 | 13.188 | 0.000 | 11. | SCHNITT!  |

Estação 101-102

1. STANDPKT.: 101 2. STANDPK T.: 102

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2     | SW   | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|--------|------|-----------|
| 27       | 151.143 | 222.289 | 23.796 | 0.005  | 82.  |           |
| 28       | 155.453 | 226.450 | 23.771 | 0.001  | 97.  |           |
| 29       | 159.782 | 230.565 | 23.775 | 0.001  | 101. |           |
| 30       | 164.091 | 234.732 | 23.810 | 23.803 | 94.  | HOEHE!    |

|    |         |         |        |       |      |
|----|---------|---------|--------|-------|------|
| 31 | 168.101 | 239.152 | 20.391 | 0.000 | 75.  |
| 32 | 151.130 | 222.305 | 16.473 | 0.002 | 82.  |
| 33 | 155.451 | 226.447 | 16.818 | 0.002 | 97.  |
| 34 | 159.772 | 230.597 | 16.435 | 0.003 | 101. |
| 35 | 164.093 | 234.739 | 16.460 | 0.002 | 94.  |
| 36 | 168.221 | 238.711 | 16.368 | 0.002 | 77.  |
| 37 | 151.125 | 222.310 | 12.728 | 0.001 | 82.  |
| 38 | 155.425 | 226.449 | 12.744 | 0.002 | 97.  |
| 39 | 159.570 | 230.426 | 12.722 | 0.002 | 101. |
| 40 | 164.087 | 234.751 | 12.739 | 0.002 | 94.  |
| 41 | 168.396 | 238.898 | 12.783 | 0.003 | 76.  |

Estação 109-110

1. STANDPKT.: 109 2. STANDPK T.: 110

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|-----|-----------|
| 30       | 164.088 | 234.728 | 23.812 | 0.005 | 43. |           |
| 41       | 168.397 | 238.901 | 12.785 | 0.001 | 57. |           |
| 42       | 168.104 | 239.162 | 20.303 | 0.002 | 61. |           |
| 43       | 159.601 | 248.054 | 20.319 | 0.000 | 75. |           |
| 44       | 159.324 | 248.363 | 12.667 | 0.001 | 73. |           |

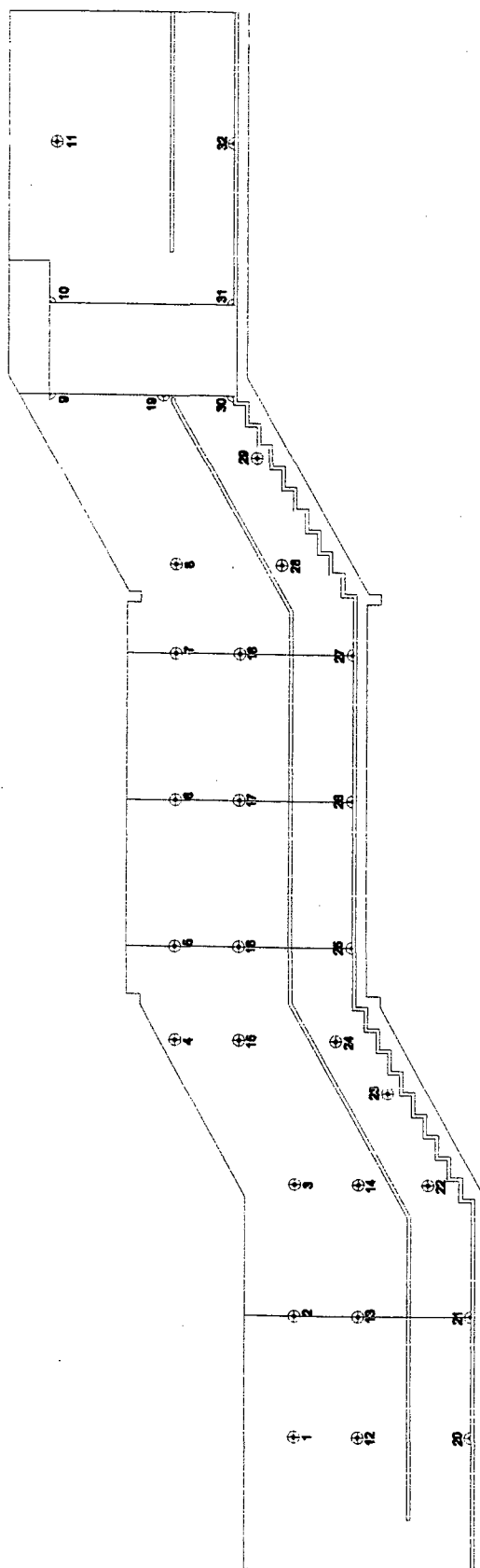
Estação 111-104

1. STANDPKT.: 111 2. STANDPK T.: 104

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2     | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|--------|-----|-----------|
| 45       | 154.985 | 244.186 | 23.795 | 0.003  | 69. |           |
| 46       | 150.670 | 240.076 | 23.792 | 0.001  | 80. |           |
| 47       | 146.325 | 235.913 | 23.802 | 0.003  | 71. |           |
| 48       | 142.005 | 231.767 | 23.732 | 23.727 | 48. | HOEHE!    |
| 49       | 159.570 | 248.046 | 20.311 | 0.004  | 49. |           |
| 50       | 159.103 | 248.162 | 16.817 | 0.003  | 50. |           |
| 51       | 154.973 | 244.187 | 16.777 | 0.003  | 69. |           |
| 52       | 150.663 | 240.072 | 16.786 | 0.002  | 80. |           |
| 53       | 146.336 | 235.909 | 16.707 | 0.002  | 71. |           |
| 54       | 142.040 | 231.784 | 16.816 | 0.001  | 48. |           |
| 55       | 159.096 | 248.153 | 12.749 | 0.002  | 50. |           |
| 56       | 154.982 | 244.217 | 12.525 | 0.003  | 69. |           |
| 57       | 150.659 | 240.059 | 12.566 | 0.002  | 80. |           |
| 58       | 146.329 | 235.903 | 12.655 | 0.002  | 71. |           |
| 59       | 142.041 | 231.784 | 12.739 | 0.001  | 48. |           |



# LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS ALVOS NA ÁREA INTERNA 2



REFERÊNCIAS  
⊕ Alvo de papel

ESCALA GRAFICA  
0 1 2 m.

Dados obtidos através do software Geod: Área 2

Estação 115-117

1. STANDPKT.: 115 2 STANDPK T.: 117

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|-----|-----------|
| 10       | 146,877 | 226,082 | 18,449 | 0,001 | 101 |           |
| 11       | 148,424 | 224,436 | 18,465 | 0     | 48  |           |
| 31       | 146,883 | 226,083 | 15,743 | 0,002 | 101 |           |
| 32       | 148,462 | 224,419 | 15,738 | 0,002 | 46  |           |

Estação 117-118

1. STANDPKT.: 117 2 STANDPK T.: 118

| NEUPUNKT                          | R       | H       | Z1     | Z2    | SW  | Bemerkung |
|-----------------------------------|---------|---------|--------|-------|-----|-----------|
| !!! Kein Schnitt bei Pkt.: 6 !!!  |         |         |        |       |     |           |
| 7                                 | 143,523 | 222,078 | 16,637 | 0,001 | 115 |           |
| 8                                 | 144,345 | 222,88  | 16,565 | 0,001 | 82  |           |
| 9                                 | 146,08  | 224,559 | 18,474 | 0,001 | 99  |           |
| 10                                | 146,88  | 226,084 | 18,449 | 0,001 | 160 |           |
| 11                                | 148,421 | 224,433 | 18,462 | 0,001 | 28  |           |
| !!! Kein Schnitt bei Pkt.: 17 !!! |         |         |        |       |     |           |
| 18                                | 143,524 | 222,084 | 15,686 | 0,001 | 115 |           |
| 19                                | 146,081 | 224,566 | 16,749 | 0     | 99  |           |
| !!! Kein Schnitt bei Pkt.: 26 !!! |         |         |        |       |     |           |
| 27                                | 143,531 | 222,102 | 14,072 | 0,001 | 114 |           |
| 28                                | 144,384 | 222,931 | 15,043 | 0,001 | 81  |           |
| 29                                | 145,476 | 223,984 | 15,453 | 0     | 78  |           |
| 30                                | 146,085 | 224,566 | 15,742 | 0     | 99  |           |

Estação 118-119

1. STANDPKT.: 118 2 STANDPK T.: 119

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|-----|-----------|
| 2        | 149,601 | 223,236 | 15,039 | 0,001 | 175 |           |
| 3        | 148,338 | 221,995 | 14,967 | 0,002 | 97  |           |

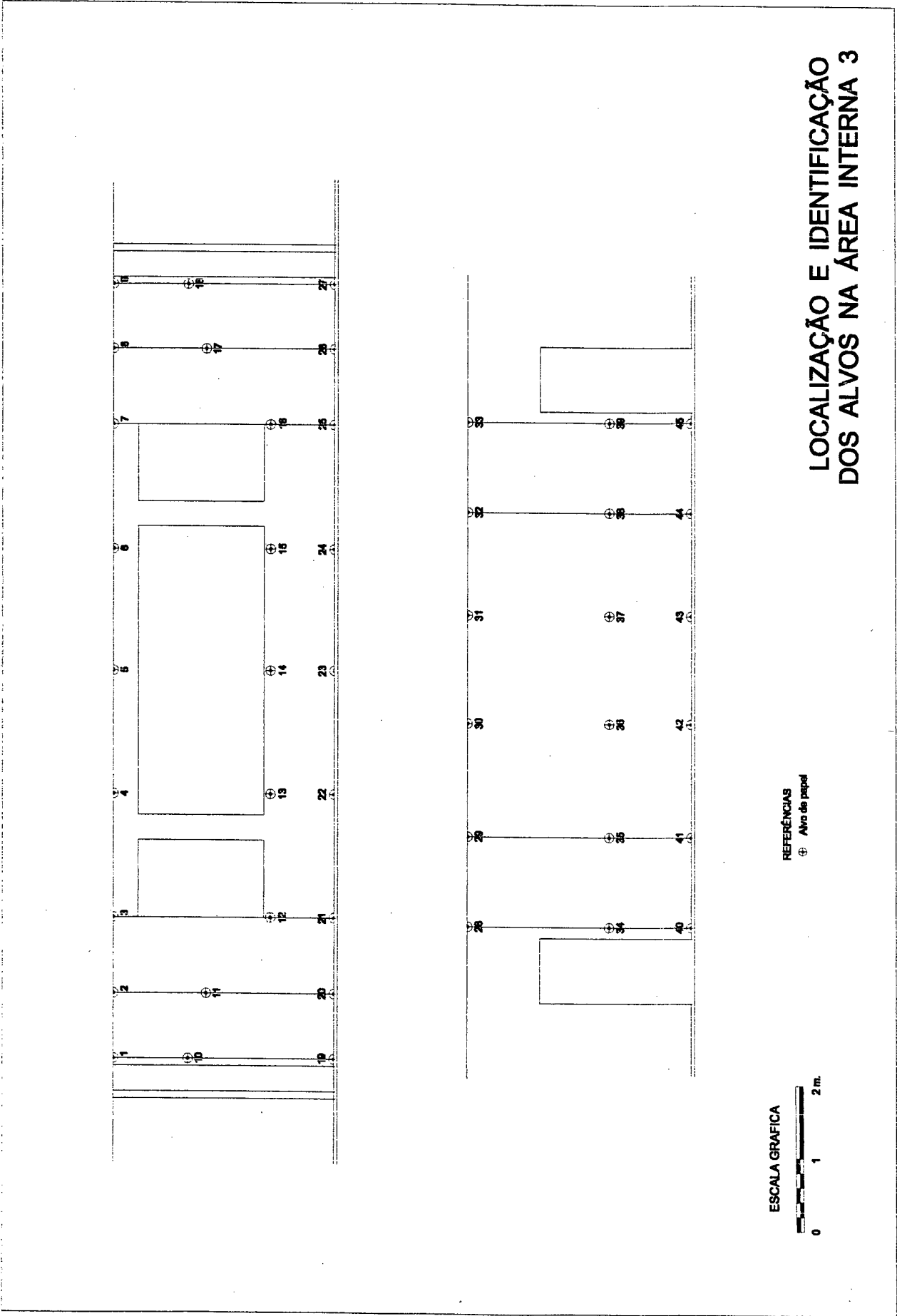
|    |         |         |        |       |     |          |
|----|---------|---------|--------|-------|-----|----------|
| 4  | 146,788 | 220,493 | 16,476 | 0,003 | 84  |          |
| 5  | 145,856 | 219,624 | 16,527 | 0,003 | 114 |          |
| 6  | 143,839 | 220,096 | 16,627 | 0,004 | 186 | SCHNITT! |
| 13 | 149,608 | 223,236 | 14,104 | 0,002 | 175 |          |
| 14 | 148,292 | 221,951 | 14,102 | 0,002 | 94  |          |
| 15 | 146,915 | 220,619 | 15,477 | 0,002 | 81  |          |
| 16 | 145,875 | 219,629 | 15,617 | 0,002 | 114 |          |
| 17 | 143,842 | 220,091 | 15,666 | 0,002 | 185 | SCHNITT! |
| 21 | 149,601 | 223,251 | 12,357 | 0,002 | 176 |          |
| 22 | 148,276 | 221,939 | 12,96  | 0,002 | 94  |          |
| 23 | 147,395 | 221,08  | 13,535 | 0,001 | 76  |          |
| 24 | 146,93  | 220,634 | 14,288 | 0,002 | 81  |          |
| 25 | 145,888 | 219,646 | 14,066 | 0,002 | 113 |          |
| 26 | 143,851 | 220,094 | 14,071 | 0,003 | 185 | SCHNITT! |

**Estação 119-120**

1. STANDPKT.: 119                      2 STANDPK T.: 120

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|-----|-----------|
| 1        | 148,442 | 224,464 | 14,996 | 0,004 | 93  |           |
| 2        | 149,602 | 223,236 | 15,039 | 0,003 | 162 |           |
| 3        | 148,338 | 221,993 | 14,968 | 0,005 | 25  |           |
| 12       | 148,47  | 224,442 | 13,963 | 0,004 | 94  |           |
| 13       | 149,609 | 223,236 | 14,103 | 0,004 | 163 |           |
| 14       | 148,292 | 221,949 | 14,102 | 0,004 | 27  |           |
| 20       | 148,465 | 224,447 | 12,353 | 0,004 | 94  |           |
| 21       | 149,601 | 223,251 | 12,356 | 0,005 | 162 |           |
| 22       | 148,276 | 221,937 | 12,958 | 0,003 | 28  |           |





**Dados obtidos através do software Geod: Área 3****Estação 133-134**

1. STANDPKT.: 133 2 STANDPK T.: 134

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|-----|-----------|
| 7        | 136,731 | 220,126 | 18,818 | 0     | 180 | SCHNITT!  |
| 8        | 136,57  | 221,105 | 18,823 | 0     | 178 |           |
| 9        | 135,763 | 221,513 | 18,818 | 0     | 180 |           |
| 16       | 136,713 | 220,117 | 16,695 | 0     | 180 | SCHNITT!  |
| 17       | 136,558 | 221,112 | 17,438 | 0     | 178 |           |
| 18       | 135,754 | 221,511 | 17,811 | 0     | 180 |           |
| 25       | 136,709 | 220,119 | 15,747 | 0     | 180 | SCHNITT!  |
| 26       | 136,551 | 221,12  | 15,736 | 0     | 178 |           |
| 27       | 135,755 | 221,508 | 15,738 | 0     | 180 |           |
| 33       | 141,714 | 225,531 | 18,841 | 0,001 | 168 |           |
| 39       | 141,712 | 225,535 | 16,765 | 0     | 168 |           |
| 45       | 141,71  | 225,536 | 15,728 | 0     | 168 |           |

**Estação 134-135**

1. STANDPKT.: 134 2 STANDPK T.: 135

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|-----|-----------|
| 29       | 137,329 | 223,599 | 18,827 | 0,003 | 122 |           |
| 30       | 138,929 | 223,842 | 18,825 | 0,002 | 101 |           |
| 31       | 140,455 | 224,07  | 18,826 | 0,002 | 102 |           |
| 32       | 141,923 | 224,302 | 18,83  | 0,001 | 122 |           |
| 35       | 137,324 | 223,599 | 16,788 | 0,002 | 122 |           |
| 36       | 138,95  | 223,847 | 16,828 | 0,001 | 101 |           |
| 37       | 140,459 | 224,074 | 16,847 | 0,001 | 102 |           |
| 38       | 141,922 | 224,298 | 16,809 | 0,001 | 122 |           |
| 41       | 137,327 | 223,599 | 15,738 | 0,001 | 122 |           |
| 42       | 138,96  | 223,845 | 15,733 | 0,001 | 101 |           |
| 43       | 140,449 | 224,067 | 15,734 | 0,001 | 102 |           |
| 44       | 141,92  | 224,298 | 15,737 | 0,001 | 122 |           |

**Estação 135-136**

1. STANDPKT.: 135 2 STANDPK T.: 136

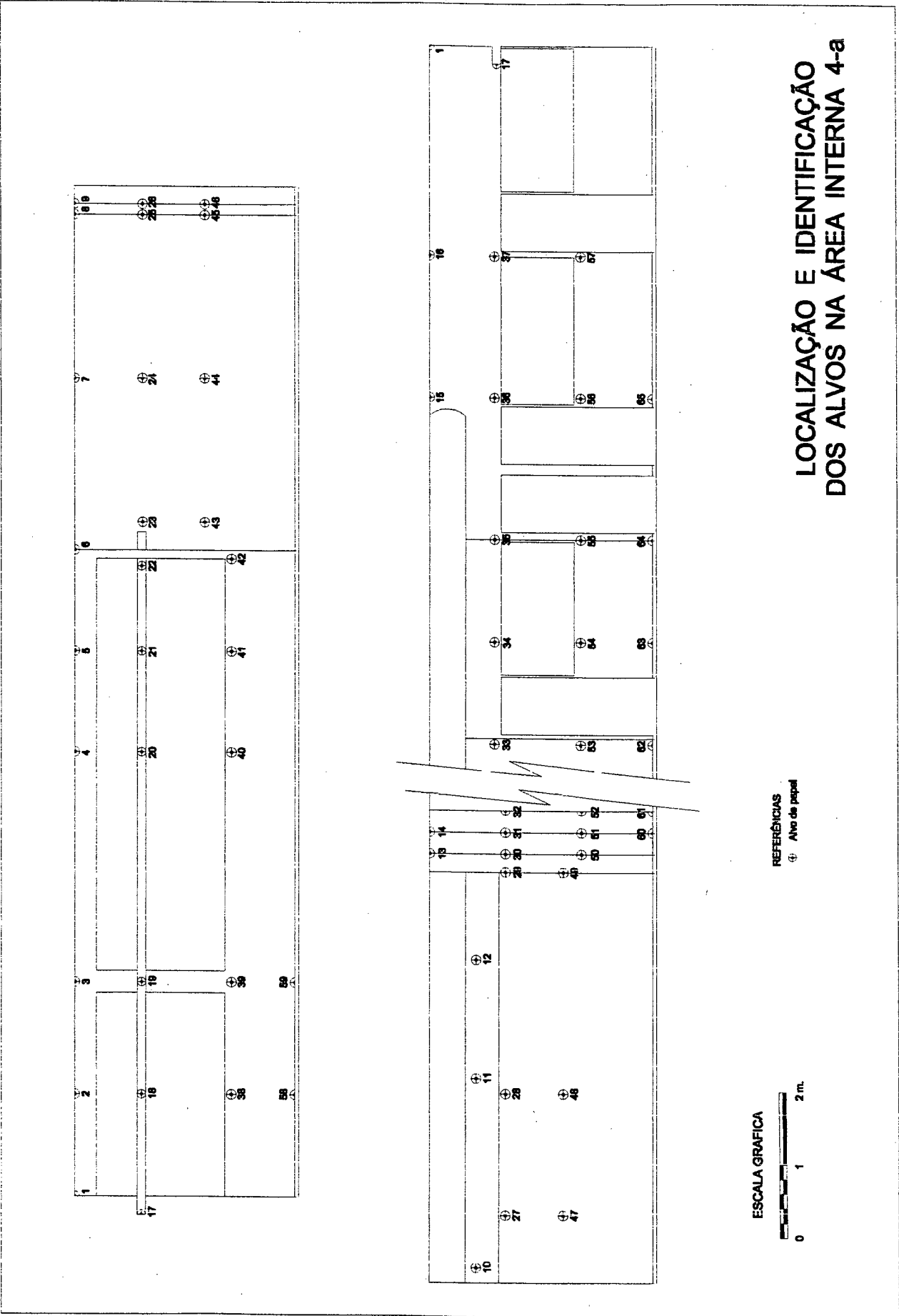
| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|-----|-----------|
| 1        | 143,99  | 222,769 | 18,829 | 0,001 | 180 |           |
| 2        | 143,347 | 222,147 | 18,827 | 0,001 | 178 |           |
| 3        | 143,494 | 221,207 | 18,832 | 0,001 | 180 | SCHNITT!  |
| 10       | 144,004 | 222,774 | 17,746 | 0,001 | 180 |           |
| 11       | 143,348 | 222,153 | 17,539 | 0,001 | 178 |           |
| 12       | 143,493 | 221,204 | 16,709 | 0,001 | 180 | SCHNITT!  |
| 19       | 144,002 | 222,774 | 15,742 | 0,001 | 180 |           |
| 20       | 143,35  | 222,159 | 15,745 | 0,001 | 178 |           |
| 21       | 143,489 | 221,207 | 15,759 | 0,001 | 180 | SCHNITT!  |
| 28       | 137,137 | 224,828 | 18,827 | 0     | 168 |           |
| 34       | 137,12  | 224,836 | 16,784 | 0,001 | 168 |           |
| 40       | 137,119 | 224,835 | 15,744 | 0,002 | 168 |           |

#### Estação 136-133

1. STANDPKT.: 136 2 STANDPK T.: 133

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2 | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|----|-----|-----------|
| 3        | 143,502 | 221,201 | 18,834 | 0  | 128 |           |
| 4        | 141,733 | 220,911 | 18,839 | 0  | 102 |           |
| 5        | 140,12  | 220,665 | 18,83  | 0  | 93  |           |
| 6        | 138,457 | 220,405 | 18,822 | 0  | 102 |           |
| 7        | 136,735 | 220,138 | 18,816 | 0  | 128 |           |
| 12       | 143,501 | 221,199 | 16,708 | 0  | 128 |           |
| 13       | 141,725 | 220,916 | 16,716 | 0  | 102 |           |
| 14       | 140,117 | 220,658 | 16,707 | 0  | 94  |           |
| 15       | 138,504 | 220,407 | 16,714 | 0  | 102 |           |
| 16       | 136,718 | 220,129 | 16,696 | 0  | 129 |           |
| 21       | 143,498 | 221,201 | 15,757 | 0  | 128 |           |
| 22       | 141,715 | 220,915 | 15,753 | 0  | 101 |           |
| 23       | 140,109 | 220,66  | 15,749 | 0  | 93  |           |
| 24       | 138,479 | 220,399 | 15,747 | 0  | 102 |           |
| 25       | 136,714 | 220,131 | 15,749 | 0  | 129 |           |





# **Dados obtidos através do software Geod: Área 4 – sector a**

## **Estação 112-122**

1. STANDPKT.: 112 2 STANDPK T.: 122

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 6        | 159,259 | 230,972 | 18,807 | 0,002 | 25 |           |
| 7        | 157,621 | 232,677 | 18,793 | 0,002 | 28 |           |
| 8        | 156,075 | 234,277 | 18,81  | 0,002 | 25 |           |
| 9        | 156,211 | 234,416 | 18,78  | 0,002 | 26 |           |
| 23       | 158,959 | 231,276 | 17,856 | 0,002 | 26 |           |
| 24       | 157,619 | 232,671 | 17,852 | 0,002 | 28 |           |
| 25       | 156,069 | 234,281 | 17,854 | 0,002 | 25 |           |
| 26       | 156,209 | 234,42  | 17,834 | 0,002 | 26 |           |
| 43       | 158,961 | 231,271 | 16,952 | 0,002 | 26 |           |
| 44       | 157,62  | 232,67  | 16,925 | 0,002 | 28 |           |
| 45       | 156,068 | 234,285 | 16,946 | 0,002 | 25 |           |
| 46       | 156,209 | 234,422 | 16,955 | 0,002 | 26 |           |

## **Estação 122-138**

1. STANDPKT.: 122 2 STANDPK T.: 138

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW  | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|-----|-----------|
| 32       | 160,217 | 238,896 | 17,874 | 0,001 | 33  |           |
| 33       | 158,943 | 240,141 | 17,844 | 0,001 | 23  |           |
| 34       | 160,046 | 241,229 | 17,846 | 0,001 | 27  |           |
| 35       | 160,95  | 242,092 | 17,846 | 0,001 | 23  |           |
| 38       | 164,707 | 236,201 | 16,647 | 0,001 | 178 |           |
| 52       | 160,218 | 238,898 | 16,707 | 0,001 | 33  |           |
| 53       | 158,943 | 240,135 | 16,709 | 0,001 | 23  |           |
| 54       | 160,047 | 241,231 | 16,705 | 0,001 | 27  |           |
| 55       | 160,948 | 242,094 | 16,702 | 0,001 | 23  |           |
| 58       | 164,703 | 236,197 | 15,728 | 0,001 | 178 |           |
| 59       | 164,138 | 235,653 | 15,73  | 0,001 | 179 |           |
| 60       | 160,525 | 238,57  | 15,734 | 0,002 | 31  |           |
| 61       | 160,221 | 238,899 | 15,733 | 0,001 | 33  |           |
| 62       | 158,949 | 240,135 | 15,729 | 0,001 | 23  |           |
| 63       | 160,045 | 241,229 | 15,708 | 0,001 | 27  |           |
| 64       | 160,946 | 242,086 | 15,693 | 0,001 | 23  |           |

Estação 122-123

1. STANDPKT.: 122 2 STANDPK T.: 123

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 1        | 165,696 | 237,154 | 18,791 | 0,001 | 39 |           |
| 2        | 164,644 | 236,144 | 18,793 | 0,001 | 55 |           |
| 3        | 163,571 | 235,116 | 18,792 | 0,001 | 72 |           |
| 4        | 161,439 | 233,069 | 18,789 | 0,001 | 80 |           |
| 5        | 160,352 | 232,029 | 18,797 | 0,001 | 67 |           |
| 6        | 159,256 | 230,971 | 18,809 | 0,001 | 49 |           |
| 17       | 165,541 | 237,326 | 17,828 | 0,001 | 39 |           |
| 18       | 164,511 | 236,335 | 17,816 | 0,001 | 56 |           |
| 19       | 163,415 | 235,28  | 17,818 | 0,001 | 75 |           |
| 20       | 161,282 | 233,236 | 17,814 | 0,001 | 83 |           |
| 21       | 160,198 | 232,195 | 17,814 | 0,001 | 69 |           |
| 22       | 159,209 | 231,246 | 17,813 | 0,001 | 52 |           |
| 39       | 163,556 | 235,09  | 16,643 | 0,001 | 72 |           |
| 40       | 161,436 | 233,055 | 16,645 | 0,001 | 79 |           |
| 41       | 160,392 | 232,051 | 16,643 | 0,001 | 67 |           |
| 42       | 159,323 | 231,03  | 16,67  | 0,001 | 50 |           |

Estação 123-124

1. STANDPKT.: 123 2 STANDPK T.: 124

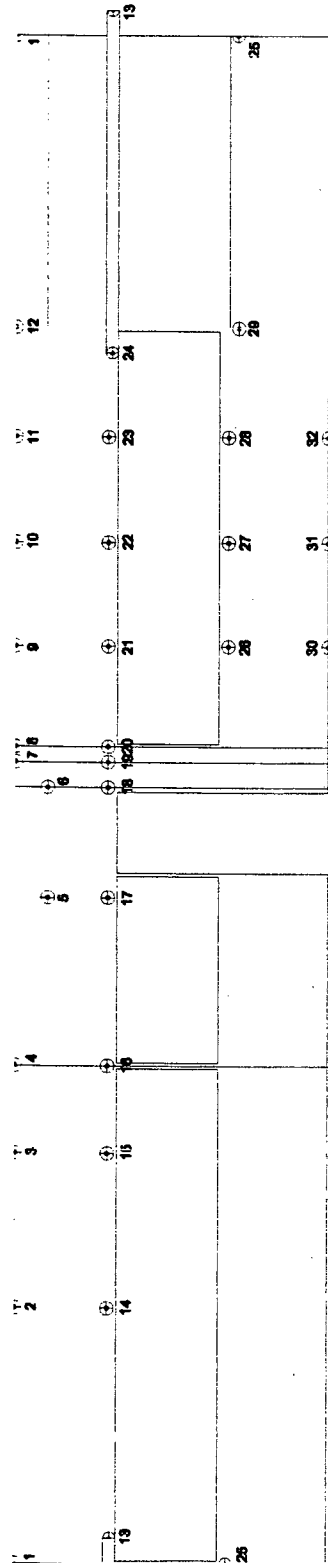
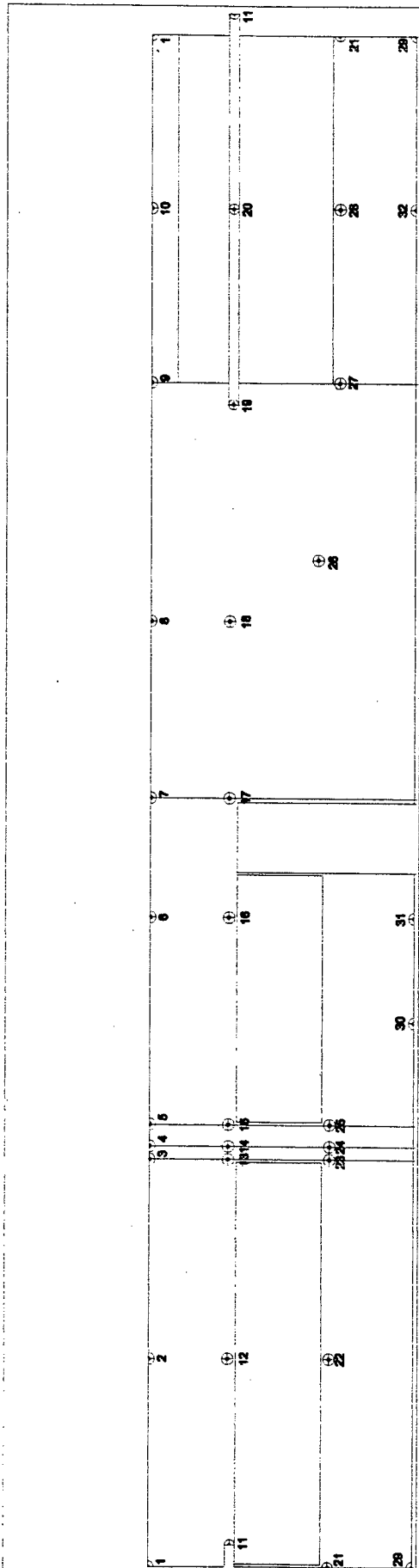
| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 29       | 159,95  | 238,538 | 17,76  | 0,001 | 31 |           |
| 49       | 159,949 | 238,537 | 16,93  | 0     | 31 |           |
| 15       | 162,228 | 240,769 | 18,803 | 0,001 | 22 |           |
| 16       | 163,646 | 239,299 | 18,792 | 0     | 24 |           |
| 1        | 165,701 | 237,157 | 18,793 | 0     | 23 |           |
| 17       | 165,546 | 237,329 | 17,829 | 0,001 | 23 |           |
| 36       | 162,233 | 240,766 | 17,847 | 0,001 | 22 |           |
| 37       | 163,646 | 239,294 | 17,838 | 0,001 | 24 |           |
| 56       | 162,231 | 240,769 | 16,699 | 0,001 | 22 |           |
| 57       | 163,645 | 239,292 | 16,701 | 0,001 | 24 |           |

Estação 124-112



1. STANDPKT.: 124 2 STANDPK T.: 112

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 10       | 154,9   | 236,283 | 18,152 | 0,003 | 45 |           |
| 11       | 156,503 | 237,825 | 18,155 | 0,004 | 54 |           |
| 12       | 158,034 | 239,299 | 18,158 | 0,004 | 55 |           |
| 13       | 160,208 | 238,265 | 18,787 | 0,004 | 74 |           |
| 14       | 160,525 | 238,567 | 18,793 | 0,004 | 70 |           |
| 27       | 156,485 | 235,193 | 17,764 | 0,004 | 57 |           |
| 28       | 157,721 | 236,388 | 17,758 | 0,004 | 72 |           |
| 30       | 160,209 | 238,265 | 17,897 | 0,004 | 74 |           |
| 31       | 160,525 | 238,568 | 17,89  | 0,004 | 70 |           |
| 47       | 156,479 | 235,189 | 16,913 | 0,004 | 57 |           |
| 48       | 157,721 | 236,387 | 17,016 | 0,004 | 72 |           |
| 50       | 160,21  | 238,264 | 16,747 | 0,004 | 74 |           |
| 51       | 160,524 | 238,57  | 16,718 | 0,004 | 70 |           |



ESCALA GRAFICA



REFERÊNCIAS  
⊕ Alvo de papel

# LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS ALVOS NA ÁREA INTERNA 4-b e 4-c

**Dados obtidos através do software Geod: Área 4 – sector b**

**Estação 114-125**

1. STANDPKT.: 114 2 STANDPK T.: 125

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 1        | 157,473 | 245,703 | 18,794 | 0,001 | 52 |           |
| 2        | 159,038 | 244,077 | 18,798 | 0,001 | 93 |           |
| 3        | 160,288 | 242,775 | 18,801 | 0,001 | 75 |           |
| 4        | 160,913 | 242,125 | 18,802 | 0,001 | 54 |           |
| 13       | 157,634 | 245,536 | 17,837 | 0,001 | 57 |           |
| 14       | 159,03  | 244,09  | 17,85  | 0,001 | 93 |           |
| 15       | 160,303 | 242,765 | 18,055 | 0,001 | 74 |           |
| 16       | 160,918 | 242,126 | 18,025 | 0,001 | 54 |           |
| 25       | 157,47  | 245,706 | 16,651 | 0,001 | 52 |           |

**Estação 125-126**

1. STANDPKT.: 125 2 STANDPK T.: 126

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 1        | 157,476 | 245,692 | 18,789 | 0,002 | 13 | SCHNITT!  |
| 12       | 155,376 | 243,681 | 18,793 | 0,001 | 13 | SCHNITT!  |
| 13       | 157,637 | 245,524 | 17,834 | 0,002 | 14 | SCHNITT!  |
| 24       | 155,539 | 243,509 | 17,83  | 0,001 | 14 | SCHNITT!  |
| 25       | 157,473 | 245,693 | 16,652 | 0,001 | 13 | SCHNITT!  |
| 29       | 155,377 | 243,685 | 16,698 | 0,001 | 13 | SCHNITT!  |

**Estação 126-127**

1. STANDPKT.: 126 2 STANDPK T.: 127

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 6        | 158,935 | 240,222 | 18,591 | 0     | 46 |           |
| 7        | 158,666 | 240,498 | 18,788 | 0     | 57 |           |
| 8        | 158,536 | 240,379 | 18,79  | 0     | 56 |           |
| 9        | 157,896 | 241,047 | 18,791 | 0,001 | 78 |           |
| 10       | 157,061 | 241,924 | 18,792 | 0,001 | 89 |           |



|    |         |         |        |       |    |
|----|---------|---------|--------|-------|----|
| 11 | 156,23  | 242,79  | 18,794 | 0,001 | 79 |
| 18 | 158,931 | 240,22  | 17,851 | 0     | 46 |
| 19 | 158,665 | 240,494 | 17,841 | 0     | 57 |
| 20 | 158,534 | 240,374 | 17,852 | 0     | 56 |
| 21 | 157,892 | 241,046 | 17,853 | 0,001 | 78 |
| 22 | 157,064 | 241,917 | 17,849 | 0,001 | 89 |
| 23 | 156,228 | 242,79  | 17,847 | 0,001 | 79 |
| 24 | 155,53  | 243,516 | 17,831 | 0,001 | 62 |
| 26 | 157,894 | 241,047 | 16,737 | 0     | 78 |
| 27 | 157,065 | 241,918 | 16,736 | 0,001 | 89 |
| 28 | 156,231 | 242,789 | 16,741 | 0,001 | 79 |
| 29 | 155,37  | 243,692 | 16,695 | 0,001 | 58 |
| 30 | 157,892 | 241,046 | 15,715 | 0     | 78 |
| 31 | 157,062 | 241,917 | 15,712 | 0,001 | 89 |
| 32 | 156,227 | 242,791 | 15,717 | 0,001 | 79 |

**Estação 127-114**

1. STANDPKT.: 127                      2 STANDPK T.: 114

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 4        | 160,912 | 242,127 | 18,8   | 0,003 | 23 |           |
| 5        | 159,651 | 240,908 | 18,613 | 0,003 | 24 |           |
| 6        | 158,938 | 240,224 | 18,592 | 0,003 | 22 |           |
| 16       | 160,916 | 242,128 | 18,023 | 0,003 | 23 |           |
| 17       | 159,646 | 240,905 | 17,849 | 0,003 | 24 |           |
| 18       | 158,933 | 240,223 | 17,852 | 0,003 | 22 |           |

**Dados obtidos através do software Geod: Área 4 – sector c****Estação 129-130**

1. STANDPKT.: 129                      2 STANDPK T.: 130

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 1        | 155,33  | 243,667 | 18,803 | 0     | 12 | SCHNITT!  |
| 9        | 152,502 | 240,959 | 18,8   | 0,001 | 12 | SCHNITT!  |
| 10       | 153,875 | 242,27  | 18,801 | 0     | 15 | SCHNITT!  |
| 11       | 155,496 | 243,498 | 17,817 | 0     | 13 | SCHNITT!  |
| 19       | 152,657 | 240,792 | 17,812 | 0     | 13 | SCHNITT!  |
| 20       | 154,013 | 242,084 | 17,806 | 0     | 15 | SCHNITT!  |
| 21       | 155,335 | 243,672 | 16,697 | 0,001 | 12 | SCHNITT!  |
| 27       | 152,498 | 240,951 | 16,642 | 0     | 12 | SCHNITT!  |
| 28       | 153,84  | 242,234 | 16,649 | 0     | 15 | SCHNITT!  |
| 29       | 155,332 | 243,671 | 15,73  | 0     | 12 | SCHNITT!  |
| 32       | 153,855 | 242,249 | 15,734 | 0     | 15 | SCHNITT!  |

**Estação 130-131**

1. STANDPKT.: 130                      2 STANDPK T.: 131

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 7        | 155,936 | 237,357 | 18,801 | 0,002 | 45 |           |
| 8        | 154,408 | 238,956 | 18,798 | 0,002 | 74 |           |
| 9        | 152,507 | 240,957 | 18,799 | 0,002 | 54 |           |
| 17       | 155,941 | 237,352 | 17,943 | 0,002 | 45 |           |
| 18       | 154,41  | 238,952 | 17,981 | 0,002 | 74 |           |
| 19       | 152,662 | 240,79  | 17,812 | 0,002 | 57 |           |
| 26       | 153,921 | 239,469 | 16,893 | 0,002 | 74 |           |
| 27       | 152,503 | 240,949 | 16,643 | 0,002 | 54 |           |

**Estação 131-132**

1. STANDPKT.: 131                      2 STANDPK T.: 132

| NEUPUNKT | R     | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|-------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 3        | 158,5 | 240,344 | 18,795 | 0,001 | 23 |           |

|    |         |         |        |       |    |          |
|----|---------|---------|--------|-------|----|----------|
| 4  | 158,343 | 240,19  | 18,792 | 0,001 | 24 |          |
| 5  | 158,61  | 239,909 | 18,792 | 0,001 | 22 |          |
| 6  | 156,908 | 238,276 | 18,757 | 0,001 | 23 |          |
| 7  | 155,936 | 237,354 | 18,803 | 0,001 | 19 | SCHNITT! |
| 13 | 158,502 | 240,345 | 17,851 | 0,002 | 23 |          |
| 14 | 158,342 | 240,19  | 17,84  | 0,002 | 24 |          |
| 15 | 158,611 | 239,911 | 17,856 | 0,002 | 22 |          |
| 16 | 156,907 | 238,277 | 17,85  | 0,001 | 23 |          |
| 17 | 155,94  | 237,353 | 17,943 | 0,001 | 19 | SCHNITT! |
| 23 | 158,503 | 240,346 | 17,088 | 0,001 | 23 |          |
| 24 | 158,344 | 240,191 | 17,083 | 0,002 | 24 |          |
| 25 | 158,612 | 239,91  | 17,058 | 0,001 | 22 |          |
| 30 | 157,658 | 238,994 | 15,709 | 0,001 | 25 |          |
| 31 | 156,905 | 238,272 | 15,705 | 0,001 | 23 |          |

**Estação 132-129**

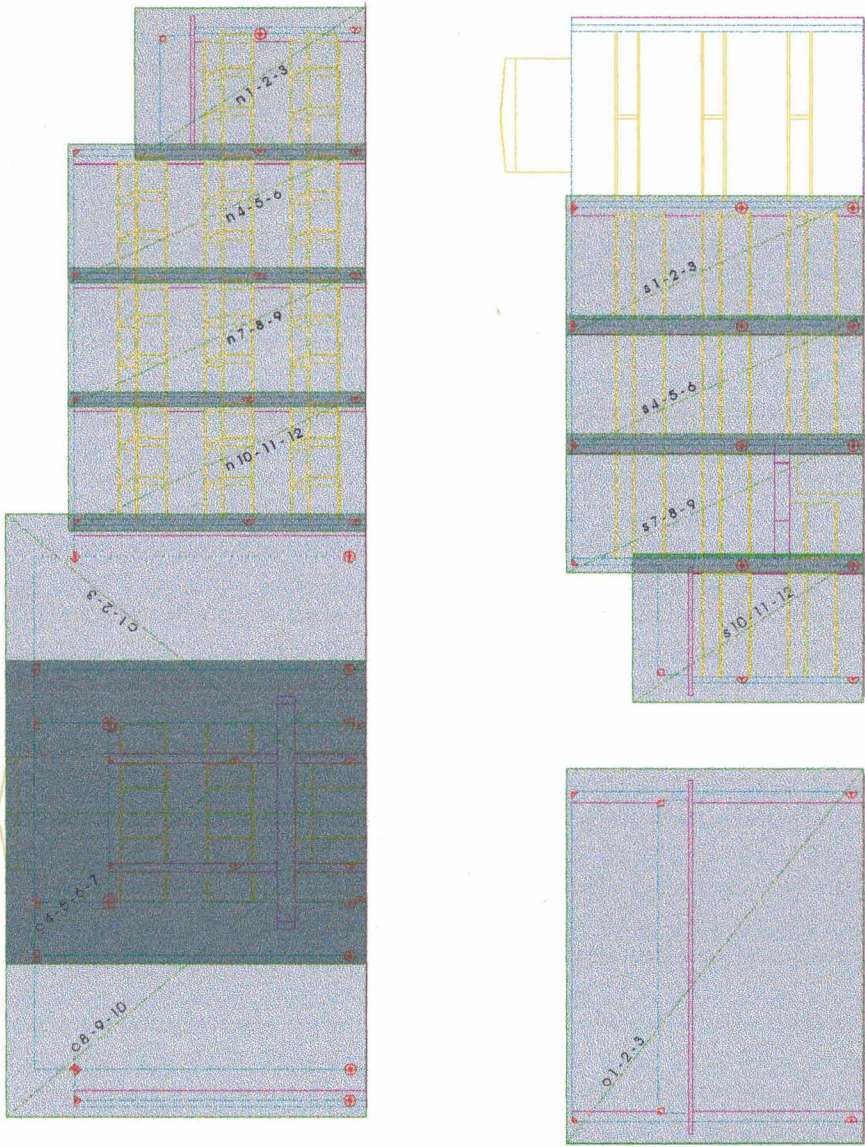
1. STANDPKT.: 132      2 STANDPK T.: 129

| NEUPUNKT | R       | H       | Z1     | Z2    | SW | Bemerkung |
|----------|---------|---------|--------|-------|----|-----------|
| 1        | 155,33  | 243,661 | 18,801 | 0,001 | 50 |           |
| 2        | 157,033 | 241,894 | 18,794 | 0     | 82 |           |
| 3        | 158,5   | 240,347 | 18,794 | 0     | 59 |           |
| 4        | 158,343 | 240,192 | 18,791 | 0     | 61 |           |
| 5        | 158,61  | 239,911 | 18,791 | 0     | 53 |           |
| 11       | 155,497 | 243,492 | 17,816 | 0     | 55 |           |
| 12       | 157,036 | 241,895 | 17,851 | 0     | 82 |           |
| 13       | 158,503 | 240,347 | 17,851 | 0     | 59 |           |
| 14       | 158,344 | 240,192 | 17,839 | 0     | 61 |           |
| 15       | 158,613 | 239,912 | 17,855 | 0     | 53 |           |
| 21       | 155,335 | 243,667 | 16,698 | 0     | 50 |           |
| 22       | 157,041 | 241,887 | 16,735 | 0     | 82 |           |
| 23       | 158,503 | 240,348 | 17,087 | 0,001 | 59 |           |
| 24       | 158,345 | 240,193 | 17,082 | 0     | 61 |           |
| 25       | 158,613 | 239,912 | 17,057 | 0,001 | 53 |           |
| 29       | 155,332 | 243,666 | 15,732 | 0,001 | 50 |           |

**ANEXO B**



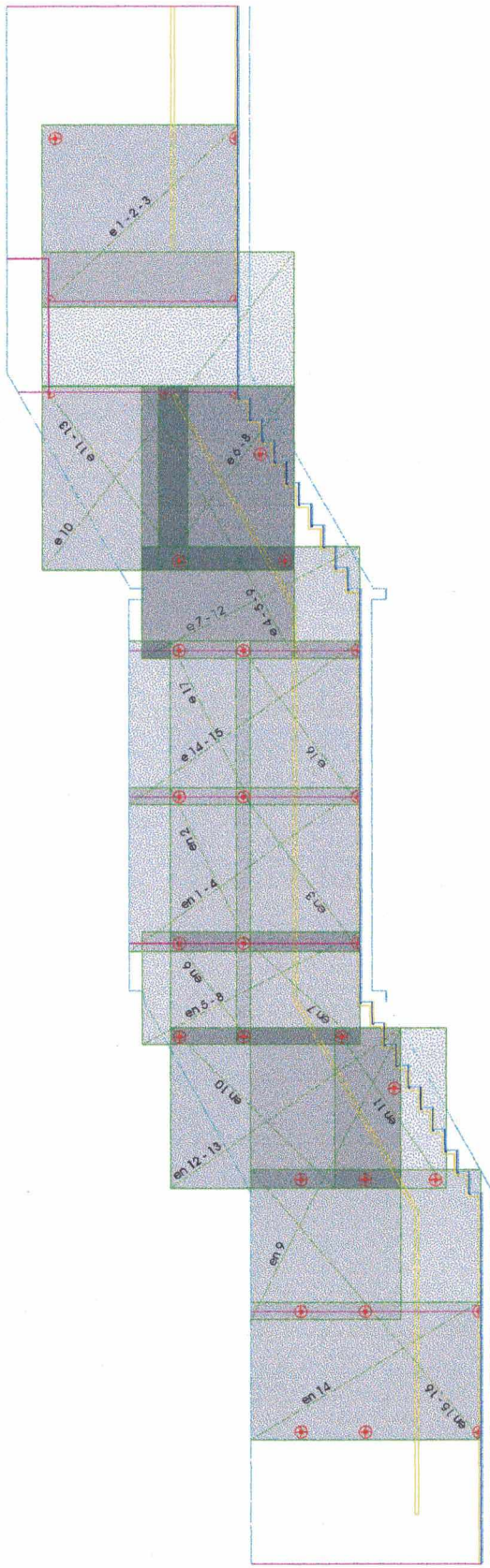
LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS  
FOTOGRAFIAS NA ÁREA EXTERNA 1



- REFERÊNCIAS
- Alvo de papel
  - Alvo natural
  - Alvo natural em azulejo
  - Área de cobertura da fotografia



LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS  
FOTOGRAFIAS NA ÁREA INTERNA 2



ESCALA GRÁFICA

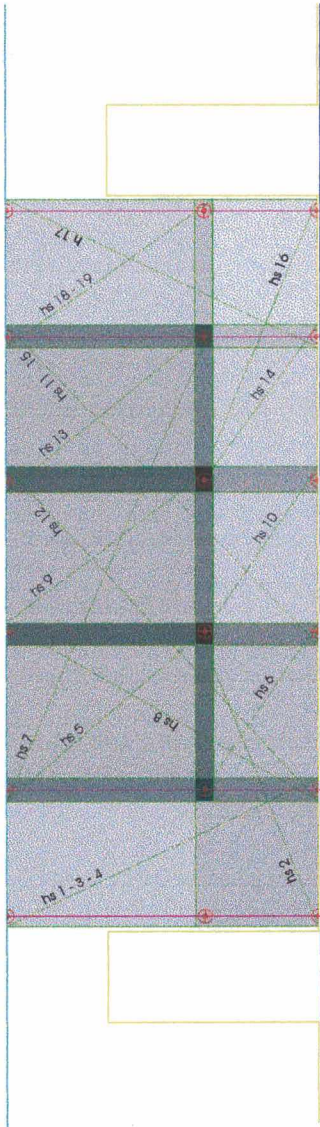
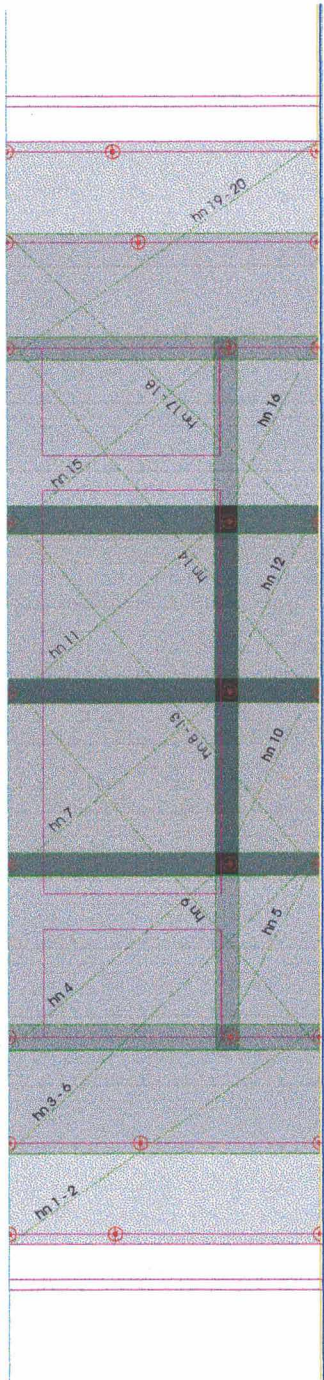


REFERÊNCIAS

- Alvo de papel
- Área de cobertura da fotografia



LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS  
FOTOGRAFIAS NA ÁREA INTERNA 3

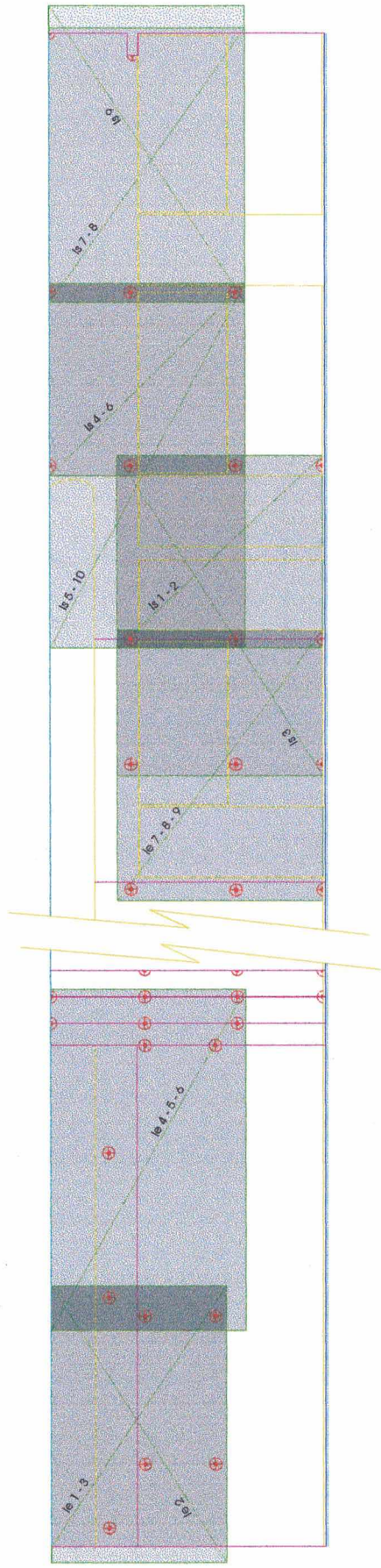
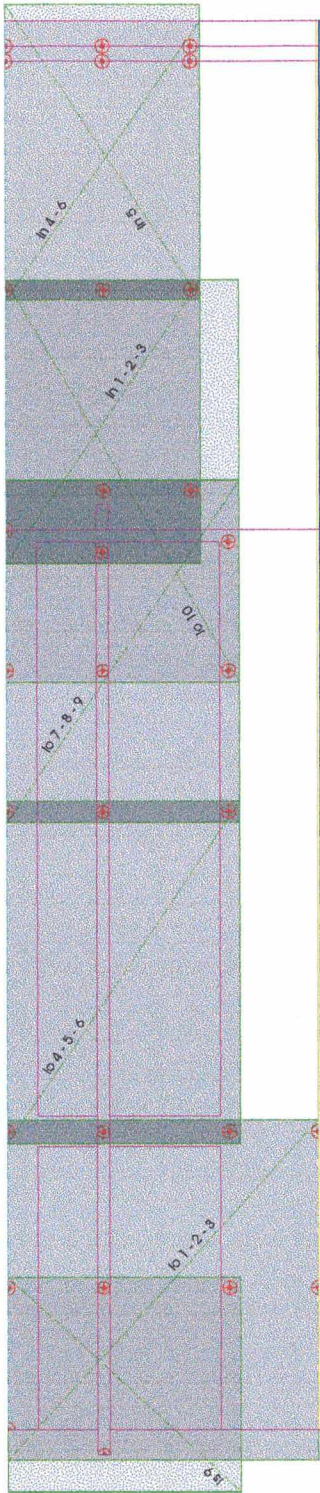


REFERÊNCIAS

- Alvo de papel
- Área de cobertura da fotografia

ESCALA GRAFICA





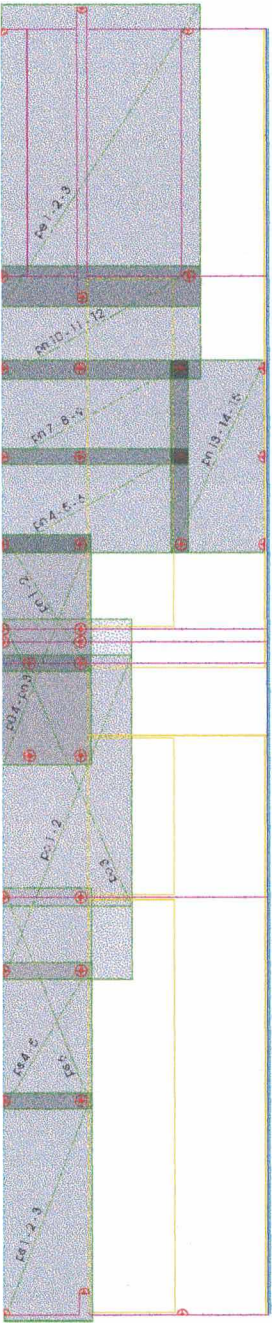
ESCALA GRAFICA



REFERÊNCIAS  
⊕ Alvo de papel  
■ Área de cobertura da fotografia

# LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS FOTOGRAFIAS NA ÁREA INTERNA 4 a





REFERÊNCIAS  
● Alvo de papel  
■ Área de cobertura da fotografia

LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS  
FOTOGRAFIAS NA ÁREA INTERNA 4 b - c

**ANEXO C**



Caixa de informação *audit* da Área 1, no Photomodeler

Audit Summary

Accuracy Potential based on Audit Details (1-5): 3-Good Details...

No suggestions Next Suggestion

OK Cancel Help

Audit

|                           |      |             |             |             |
|---------------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| Overall Quality           | Num. | Acceptable? |             |             |
| Total 3D Points           | 256  | yes         |             |             |
| Total Photographs         | 37   | yes         |             |             |
| Photograph Quality        | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Points Per Photo          | 22   | 51          | 31          | yes         |
| Photo Coverage (%area)    | 42   | 80          | 60          | yes         |
| Fiducials Per Photo (%)   | n/a  | n/a         | n/a         | yes         |
| Point Quality             | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Rays Per 3D Point         | 2    | 7           | 5           | yes         |
| Angle Intersection        | 32   | 89          | 69          | yes         |
| Ray Tightness (%of size)  | 0    | 0           | 0           | yes         |
|                           | Num. | %           | Acceptable? |             |
| Points on one Photo only  | 0    | 0           | yes         |             |
| Points on two Photos only | 2    | 0           | yes         |             |
| Summary                   | Good | Weak        | Unused      | Total       |
| 3D Points                 | 254  | 2           | 0           | 256         |
| Photos                    | 37   | 0           | 0           | 37          |

Close Help

Caixa de informação *audit* da Área 2, no Photomodeler

Audit Summary

Accuracy Potential based on Audit Details (1-5): 3-Good Details...

No suggestions Next Suggestion

OK Cancel Help

Audit

|                           |      |             |             |             |
|---------------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| Overall Quality           | Num. | Acceptable? |             |             |
| Total 3D Points           | 188  | yes         |             |             |
| Total Photographs         | 33   | yes         |             |             |
| Photograph Quality        | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Points Per Photo          | 12   | 51          | 29          | yes         |
| Photo Coverage (%area)    | 44   | 85          | 62          | yes         |
| Fiducials Per Photo (%)   | n/a  | n/a         | n/a         | yes         |
| Point Quality             | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Rays Per 3D Point         | 2    | 10          | 5           | yes         |
| Angle Intersection        | 32   | 89          | 78          | yes         |
| Ray Tightness (%of size)  | 0    | 0           | 0           | yes         |
|                           | Num. | %           | Acceptable? |             |
| Points on one Photo only  | 0    | 0           | yes         |             |
| Points on two Photos only | 2    | 1           | yes         |             |
| Summary                   | Good | Weak        | Unused      | Total       |
| 3D Points                 | 186  | 2           | 0           | 188         |
| Photos                    | 33   | 0           | 0           | 33          |

Close Help



Caixa de informação *audít* da Área 3, no Photomodeler

Audit Summary

Accuracy Potential based on Audit Details (1-5): 3-Good Details...

No suggestions Next Suggestion

Process... Cancel Help

Audit

|                           |      |             |             |             |
|---------------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| Overall Quality           | Num. | Acceptable? |             |             |
| Total 3D Points           | 227  | yes         |             |             |
| Total Photographs         | 39   | yes         |             |             |
| Photograph Quality        | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Points Per Photo          | 16   | 56          | 30          | yes         |
| Photo Coverage (%area)    | 34   | 83          | 52          | yes         |
| Fiducials Per Photo (%)   | n/a  | n/a         | n/a         | yes         |
| Point Quality             | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Rays Per 3D Point         | 2    | 10          | 5           | yes         |
| Angle Intersection        | 28   | 89          | 66          | yes         |
| Ray Tightness (%of size)  | 0    | 0           | 0           | yes         |
|                           | Num. | %           | Acceptable? |             |
| Points on one Photo only  | 0    | 0           | yes         |             |
| Points on two Photos only | 7    | 3           | yes         |             |
| Summary                   | Good | Weak        | Unused      | Total       |
| 3D Points                 | 220  | 7           | 0           | 227         |
| Photos                    | 39   | 0           | 0           | 39          |

Close Help

Caixa de informação *audít* da Área 4 – sector a, no Photomodeler

Audit Summary

Accuracy Potential based on Audit Details (1-5): 3-Good Details...

No suggestions Next Suggestion

OK Cancel Help

Audit

|                           |      |             |             |             |
|---------------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| Overall Quality           | Num. | Acceptable? |             |             |
| Total 3D Points           | 223  | yes         |             |             |
| Total Photographs         | 35   | yes         |             |             |
| Photograph Quality        | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Points Per Photo          | 18   | 54          | 29          | yes         |
| Photo Coverage (%area)    | 41   | 74          | 61          | yes         |
| Fiducials Per Photo (%)   | n/a  | n/a         | n/a         | yes         |
| Point Quality             | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Rays Per 3D Point         | 2    | 9           | 5           | yes         |
| Angle Intersection        | 23   | 88          | 54          | yes         |
| Ray Tightness (%of size)  | 0    | 0           | 0           | yes         |
|                           | Num. | %           | Acceptable? |             |
| Points on one Photo only  | 0    | 0           | yes         |             |
| Points on two Photos only | 6    | 2           | yes         |             |
| Summary                   | Good | Weak        | Unused      | Total       |
| 3D Points                 | 217  | 6           | 0           | 223         |
| Photos                    | 35   | 0           | 0           | 35          |

Close Help



Caixa de informação *audít* da Área 4 – sector b, Po photomodeler

Audit Summary

Accuracy Potential based on Audit Details (1-5): 3-Good Details...

No suggestions Next Suggestion

Process... Cancel Help

Audit

|                           |      |             |             |             |
|---------------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| Overall Quality           | Num. | Acceptable? |             |             |
| Total 3D Points           | 102  | yes         |             |             |
| Total Photographs         | 28   | yes         |             |             |
| Photograph Quality        | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Points Per Photo          | 13   | 32          | 19          | maybe       |
| Photo Coverage (%area)    | 38   | 70          | 53          | yes         |
| Fiducials Per Photo (%)   | n/a  | n/a         | n/a         | yes         |
| Point Quality             | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Rays Per 3D Point         | 3    | 9           | 5           | yes         |
| Angle Intersection        | 25   | 89          | 67          | yes         |
| Ray Tightness (%of size)  | 0    | 0           | 0           | yes         |
|                           | Num. | %           | Acceptable? |             |
| Points on one Photo only  | 0    | 0           | yes         |             |
| Points on two Photos only | 0    | 0           | yes         |             |
| Summary                   | Good | Weak        | Unused      | Total       |
| 3D Points                 | 102  | 0           | 0           | 102         |
| Photos                    | 28   | 0           | 0           | 28          |

Close Help

Caixa de informação *audít* da Área 4 – sector c, no Photomodeler

Audit Summary

Accuracy Potential based on Audit Details (1-5): 3-Good Details...

No suggestions Next Suggestion

OK Cancel Help

Audit

|                           |      |             |             |             |
|---------------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| Overall Quality           | Num. | Acceptable? |             |             |
| Total 3D Points           | 67   | yes         |             |             |
| Total Photographs         | 30   | yes         |             |             |
| Photograph Quality        | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Points Per Photo          | 8    | 24          | 14          | maybe       |
| Photo Coverage (%area)    | 38   | 78          | 56          | yes         |
| Fiducials Per Photo (%)   | n/a  | n/a         | n/a         | yes         |
| Point Quality             | Min. | Max.        | Avg.        | Acceptable? |
| Rays Per 3D Point         | 3    | 11          | 6           | yes         |
| Angle Intersection        | 26   | 85          | 59          | yes         |
| Ray Tightness (%of size)  | 0    | 0           | 0           | yes         |
|                           | Num. | %           | Acceptable? |             |
| Points on one Photo only  | 0    | 0           | yes         |             |
| Points on two Photos only | 0    | 0           | yes         |             |
| Summary                   | Good | Weak        | Unused      | Total       |
| 3D Points                 | 67   | 0           | 0           | 67          |
| Photos                    | 28   | 2           | 0           | 30          |

Close Help



**Coordenadas dos pontos restituídos no Photomodeler, da Área 1**

| Project State:<br>Units: m |             | Scaled and<br>rotated |            |                |           |       |
|----------------------------|-------------|-----------------------|------------|----------------|-----------|-------|
| ID                         | X           | Y                     | Z          | Photos         | Tightness | Angle |
| 1                          | 151.126.037 | 222.279.575           | 23.749.462 | 1,2,3,11,12,13 | 0.102342  | 87    |
| 2                          | 150.940.775 | 222.103.113           | 23.743.866 | 1,2,3,11,12,13 | 0.080834  | 87    |
| 3                          | 151.130.000 | 222.305.000           | 16.473.000 | 1,2,3,11,12,13 | 0.066474  | 79    |
| 4                          | 151.136.357 | 222.312.429           | 12.749.570 | 1,2,3,11,12,13 | 0.123784  | 82    |
| 5                          | 149.877.863 | 223.222.354           | 13.200.168 | 1,2,3          | 0.039541  | 55    |
| 6                          | 149.798.200 | 223.176.728           | 13.182.667 | 1,2,3          | 0.025855  | 55    |
| 7                          | 149.861.187 | 223.229.173           | 13.108.261 | 1,2,3          | 0.026252  | 55    |
| 8                          | 149.871.567 | 223.228.554           | 13.294.064 | 1,2,3          | 0.073708  | 55    |
| 9                          | 149.905.665 | 223.098.870           | 23.754.629 | 1,2,3,13       | 0.163719  | 45    |
| 10                         | 149.965.227 | 223.169.884           | 25.220.030 | 1,2,3,11,12,13 | 0.110600  | 80    |
| 11                         | 145.840.621 | 219.382.954           | 25.204.022 | 1,2,3,4,6      | 0.177238  | 72    |
| 12                         | 143.696.345 | 220.003.606           | 25.209.494 | 1,2,3,4,5,6,7  | 0.213177  | 70    |
| 13                         | 143.676.162 | 219.982.606           | 22.183.565 | 1,2,3,4,5,6,7  | 0.230274  | 78    |
| 14                         | 144.752.865 | 219.745.504           | 15.609.614 | 1,2,3,5,7      | 0.083291  | 65    |
| 15                         | 144.649.342 | 219.195.946           | 15.596.300 | 1,2,3,5,6,7    | 0.213337  | 84    |
| 16                         | 144.639.901 | 219.176.289           | 14.997.254 | 1,2,3,5,6,7    | 0.168082  | 84    |
| 17                         | 144.763.030 | 219.749.973           | 14.997.128 | 1,2,3,5,6,7    | 0.147606  | 86    |
| 18                         | 143.661.764 | 220.008.104           | 12.840.211 | 1,2,3,4,5,6,7  | 0.098167  | 87    |
| 19                         | 145.870.732 | 219.461.890           | 12.811.276 | 1,2,3,5        | 0.045972  | 67    |
| 20                         | 145.863.628 | 219.459.007           | 12.901.808 | 1,2,3,5        | 0.096531  | 67    |
| 21                         | 145.875.245 | 219.475.376           | 12.713.167 | 1,2,3,5        | 0.064420  | 67    |
| 22                         | 145.785.092 | 219.462.992           | 12.799.669 | 1,2,3,5        | 0.026966  | 66    |
| 23                         | 145.935.245 | 219.528.763           | 12.824.422 | 1,2,3,5        | 0.036136  | 67    |
| 24                         | 143.674.047 | 220.000.013           | 12.930.155 | 4,5,6,7        | 0.115489  | 71    |
| 25                         | 143.671.338 | 219.994.997           | 12.749.633 | 4,5,6,7        | 0.126804  | 71    |
| 26                         | 143.755.962 | 219.993.416           | 12.844.283 | 4,5,6,7        | 0.138026  | 71    |
| 27                         | 143.617.428 | 220.033.369           | 12.845.410 | 4,6,7          | 0.131009  | 35    |
| 28                         | 143.477.825 | 221.114.996           | 12.705.960 | 4,6,7          | 0.086715  | 33    |
| 29                         | 143.462.950 | 221.080.106           | 12.800.858 | 4,6,7          | 0.032414  | 33    |
| 30                         | 143.389.602 | 221.107.932           | 12.692.060 | 4,6,7          | 0.068889  | 33    |
| 31                         | 143.464.892 | 221.113.628           | 12.620.354 | 4,6,7          | 0.092589  | 33    |
| 32                         | 142.129.300 | 220.744.924           | 12.785.258 | 4,5,6,7        | 0.056621  | 68    |
| 33                         | 142.149.662 | 220.757.496           | 12.881.357 | 4,5,6,7        | 0.103390  | 68    |
| 34                         | 142.224.195 | 220.765.569           | 12.771.920 | 4,5,6,7        | 0.058215  | 68    |
| 35                         | 142.140.969 | 220.747.209           | 12.688.824 | 4,5,6,7        | 0.045992  | 68    |
| 36                         | 138.147.463 | 220.141.874           | 12.802.403 | 4,5,6,7        | 0.077958  | 67    |
| 37                         | 138.133.804 | 220.136.803           | 12.901.234 | 4,5,6,7        | 0.104529  | 66    |
| 38                         | 138.138.483 | 220.140.167           | 12.706.162 | 4,5,6,7        | 0.098236  | 67    |
| 39                         | 138.053.642 | 220.119.565           | 12.786.097 | 4,5,6,7        | 0.043204  | 66    |

|    |             |             |            |                |          |    |
|----|-------------|-------------|------------|----------------|----------|----|
| 40 | 136.743.079 | 220.094.306 | 12.749.681 | 4,5,7          | 0.024918 | 36 |
| 41 | 136.752.029 | 220.105.819 | 12.841.737 | 4,5,7          | 0.075300 | 36 |
| 42 | 136.759.046 | 220.107.039 | 12.653.209 | 4,5,7          | 0.025701 | 36 |
| 43 | 136.836.767 | 220.113.130 | 12.733.468 | 4,5,7          | 0.058555 | 36 |
| 44 | 136.725.025 | 220.038.073 | 12.764.408 | 4,5,7          | 0.070998 | 36 |
| 45 | 136.926.777 | 219.015.883 | 12.771.152 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.123723 | 78 |
| 46 | 136.914.506 | 219.121.190 | 12.753.559 | 4,5,7          | 0.066371 | 38 |
| 47 | 136.916.720 | 219.013.700 | 12.681.017 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.136940 | 78 |
| 48 | 136.916.927 | 219.011.536 | 12.860.103 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.079849 | 78 |
| 49 | 136.841.269 | 218.982.316 | 12.761.241 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.122401 | 78 |
| 50 | 134.918.282 | 217.920.545 | 12.761.260 | 5,6,7,8,9,10   | 0.087622 | 75 |
| 51 | 135.000.407 | 217.963.122 | 12.749.668 | 5,6,7,8,9,10   | 0.082071 | 75 |
| 52 | 134.931.490 | 217.927.452 | 12.671.475 | 5,6,7,8,9,10   | 0.108955 | 75 |
| 53 | 134.932.211 | 217.921.657 | 12.851.058 | 5,6,7,8,9,10   | 0.101074 | 75 |
| 54 | 136.186.926 | 217.943.110 | 15.030.850 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.111214 | 76 |
| 55 | 136.213.657 | 217.925.222 | 15.627.614 | 4,5,7,8,9,10   | 0.200963 | 76 |
| 56 | 135.927.496 | 218.436.281 | 15.014.454 | 4,5,6,8,9,10   | 0.204016 | 78 |
| 57 | 135.913.318 | 218.460.957 | 15.641.897 | 6,7,8,9,10     | 0.024460 | 71 |
| 58 | 142.120.377 | 220.703.660 | 17.313.587 | 4,5,6,7        | 0.096239 | 65 |
| 59 | 142.139.776 | 220.704.298 | 17.405.057 | 4,5,6,7        | 0.093392 | 64 |
| 60 | 142.133.196 | 220.704.367 | 17.217.932 | 4,5,6,7        | 0.065573 | 65 |
| 61 | 142.223.553 | 220.724.418 | 17.297.469 | 4,5,6,7        | 0.102054 | 65 |
| 62 | 138.142.540 | 220.116.395 | 17.204.021 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.090139 | 87 |
| 63 | 138.129.071 | 220.116.768 | 17.108.058 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.126315 | 87 |
| 64 | 138.132.207 | 220.115.416 | 17.292.577 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.134284 | 88 |
| 65 | 138.048.192 | 220.107.333 | 17.190.232 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.100948 | 87 |
| 66 | 136.888.991 | 218.979.580 | 22.190.050 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.133567 | 84 |
| 67 | 134.930.563 | 217.883.354 | 25.178.143 | 4,5,6,8,9,10   | 0.101561 | 77 |
| 68 | 136.896.220 | 218.976.229 | 25.187.067 | 4,5,6,7,8,9,10 | 0.260017 | 76 |
| 70 | 134.843.479 | 217.958.198 | 12.749.448 | 6,8,9,10       | 0.070820 | 66 |
| 71 | 130.009.907 | 220.334.914 | 25.203.983 | 8,9,10         | 0.069810 | 41 |
| 72 | 130.003.084 | 220.304.403 | 23.699.370 | 8,9,10         | 0.203012 | 44 |
| 73 | 129.317.143 | 218.977.580 | 23.729.886 | 8,9,10         | 0.064060 | 45 |
| 74 | 129.126.947 | 219.078.020 | 23.744.931 | 8,9,10         | 0.211146 | 45 |
| 75 | 130.007.428 | 220.374.023 | 12.857.091 | 8,9,10         | 0.071914 | 55 |
| 76 | 130.022.419 | 220.369.565 | 12.763.313 | 8,9,10         | 0.158749 | 55 |
| 77 | 130.022.254 | 220.363.133 | 12.949.452 | 8,9,10         | 0.015545 | 55 |
| 78 | 130.093.141 | 220.351.816 | 12.844.224 | 8,9,10         | 0.030927 | 55 |
| 79 | 129.365.040 | 219.002.000 | 12.988.769 | 8,9,10         | 0.010732 | 58 |
| 80 | 129.357.438 | 219.010.932 | 12.902.177 | 8,9,10         | 0.019257 | 58 |
| 81 | 129.350.076 | 219.016.210 | 13.076.324 | 8,9,10         | 0.015533 | 58 |
| 82 | 129.277.714 | 219.030.740 | 12.999.730 | 8,9,10         | 0.032859 | 58 |
| 84 | 129.055.579 | 219.114.108 | 17.833.539 | 8,9,10         | 0.043292 | 53 |
| 85 | 151.058.748 | 222.238.170 | 16.459.536 | 2,11,12,13     | 0.046125 | 69 |
| 86 | 151.125.542 | 222.295.589 | 16.376.816 | 2,11,12,13     | 0.069909 | 69 |
| 87 | 151.129.675 | 222.291.560 | 16.562.294 | 2,11,12,13     | 0.093353 | 69 |
| 88 | 151.129.293 | 222.309.855 | 12.837.994 | 2,11,12,13     | 0.072093 | 71 |



|     |             |             |            |                      |          |    |
|-----|-------------|-------------|------------|----------------------|----------|----|
| 89  | 151.075.787 | 222.248.381 | 12.737.279 | 2,11,12,13           | 0.048310 | 71 |
| 90  | 151.122.985 | 222.313.926 | 12.654.415 | 2,11,12,13           | 0.016434 | 71 |
| 91  | 155.459.502 | 226.426.556 | 23.738.432 | 11,12,13,14,15,16    | 0.034140 | 71 |
| 92  | 155.263.834 | 226.257.754 | 23.745.067 | 11,12,13,14,15,16    | 0.057481 | 71 |
| 93  | 155.484.046 | 226.416.249 | 16.817.847 | 11,12,14,15,16       | 0.035898 | 66 |
| 94  | 155.553.206 | 225.985.746 | 17.761.740 | 11,12,13,14,15,16    | 0.086787 | 87 |
| 95  | 155.459.741 | 226.419.873 | 12.767.290 | 11,12,13,14,15,16    | 0.072504 | 89 |
| 96  | 155.446.753 | 226.416.925 | 12.673.714 | 11,12,13,14,15,16    | 0.075440 | 89 |
| 97  | 155.449.479 | 226.415.037 | 12.856.014 | 11,12,13,14,15,16    | 0.033810 | 89 |
| 98  | 155.388.289 | 226.359.447 | 12.756.965 | 11,12,13,14,15,16    | 0.028370 | 89 |
| 99  | 152.419.762 | 223.790.776 | 15.054.633 | 11,12,13             | 0.071917 | 71 |
| 100 | 152.808.129 | 223.391.807 | 14.428.710 | 11,12,13             | 0.111149 | 74 |
| 101 | 153.045.619 | 224.718.870 | 12.281.907 | 11,12,13             | 0.054714 | 71 |
| 102 | 155.480.100 | 226.403.221 | 16.912.431 | 11,14,15,16          | 0.123780 | 66 |
| 103 | 155.477.930 | 226.407.172 | 16.720.893 | 11,14,15,16          | 0.092853 | 66 |
| 104 | 155.420.505 | 226.341.085 | 16.802.230 | 11,14,15             | 0.018233 | 54 |
| 105 | 159.685.685 | 230.653.308 | 23.750.421 | 14,15,16,17,18,19    | 0.061583 | 73 |
| 106 | 159.521.347 | 230.509.751 | 23.755.884 | 14,15,16,17,18,19    | 0.082035 | 73 |
| 107 | 159.696.710 | 230.667.914 | 16.439.142 | 14,15,16,17,18,19    | 0.037645 | 86 |
| 108 | 159.698.123 | 230.658.186 | 16.531.409 | 14,15,16,17,18,19    | 0.056804 | 86 |
| 109 | 159.681.280 | 230.661.897 | 16.343.628 | 14,15,16,17,18,19    | 0.133520 | 86 |
| 110 | 159.628.476 | 230.597.448 | 16.429.839 | 14,15,16,17,18,19    | 0.056896 | 86 |
| 111 | 159.496.020 | 230.496.688 | 12.744.676 | 14,15,16,17,18,19    | 0.057913 | 87 |
| 112 | 159.510.979 | 230.504.613 | 12.839.716 | 14,15,16,17,18,19    | 0.102604 | 87 |
| 113 | 159.501.498 | 230.512.917 | 12.651.927 | 14,15,16,17,18,19    | 0.095558 | 86 |
| 114 | 159.565.960 | 230.568.377 | 12.734.009 | 14,15,16,17,18,19    | 0.059319 | 87 |
| 115 | 156.689.517 | 227.925.303 | 15.058.513 | 14,15,16             | 0.047725 | 68 |
| 116 | 157.085.867 | 227.545.159 | 14.445.284 | 14,15,16             | 0.026569 | 71 |
| 117 | 157.213.652 | 228.818.423 | 12.307.849 | 14,15,16             | 0.047958 | 67 |
| 118 | 156.649.259 | 227.836.205 | 21.890.336 | 14,15,16             | 0.036803 | 58 |
| 119 | 158.021.527 | 229.239.824 | 21.904.047 | 14,15,16             | 0.059812 | 58 |
| 120 | 163.975.208 | 234.844.248 | 23.793.705 | 17,18,19,21,23,24,25 | 0.092608 | 88 |
| 121 | 163.824.815 | 234.694.453 | 23.790.273 | 17,18,19,21          | 0.058616 | 78 |
| 122 | 163.944.928 | 234.539.078 | 18.947.794 | 17,18,19,20,21,22    | 0.098476 | 88 |
| 123 | 163.946.026 | 234.535.468 | 19.069.147 | 17,18,19,20,21,22    | 0.098720 | 88 |
| 124 | 164.004.849 | 234.838.973 | 16.464.191 | 17,18,19,20,21,22    | 0.062763 | 85 |
| 125 | 163.993.191 | 234.833.937 | 16.371.661 | 17,18,19,20,21,22    | 0.104740 | 85 |
| 126 | 163.997.231 | 234.829.358 | 16.554.054 | 17,18,19,20,21,22    | 0.078732 | 85 |
| 127 | 163.935.312 | 234.777.638 | 16.452.807 | 17,18,19,20,21,22    | 0.081621 | 85 |
| 128 | 163.992.512 | 234.851.368 | 12.757.276 | 17,18,19,20,21,22    | 0.044773 | 84 |
| 129 | 163.977.230 | 234.848.179 | 12.663.233 | 17,18,19,20,21,22    | 0.032973 | 84 |
| 130 | 163.985.800 | 234.844.927 | 12.846.695 | 17,18,19,20,21,22    | 0.064012 | 84 |
| 131 | 163.923.277 | 234.790.392 | 12.746.576 | 17,18,19,20,21,22    | 0.080402 | 84 |
| 133 | 160.930.327 | 232.115.257 | 21.902.049 | 17,18,19             | 0.042944 | 60 |
| 134 | 162.296.544 | 233.437.254 | 21.891.314 | 17,18,19             | 0.051058 | 59 |
| 135 | 160.905.035 | 232.099.842 | 15.059.759 | 17,18,19             | 0.058033 | 68 |
| 136 | 161.273.678 | 231.713.047 | 14.437.726 | 17,18,19             | 0.079245 | 70 |

|     |             |             |            |                      |          |    |
|-----|-------------|-------------|------------|----------------------|----------|----|
| 137 | 160.650.128 | 232.211.836 | 12.306.976 | 17,18,19             | 0.014480 | 66 |
| 138 | 168.397.000 | 238.901.000 | 12.785.000 | 20,21,22,23,24,25    | 0.080220 | 87 |
| 139 | 168.383.474 | 238.893.921 | 12.694.269 | 20,21,22,25          | 0.072952 | 87 |
| 140 | 168.390.647 | 238.891.054 | 12.873.073 | 20,21,22,25          | 0.094864 | 87 |
| 141 | 168.322.683 | 238.836.988 | 12.776.121 | 20,21,22,25          | 0.051937 | 87 |
| 142 | 168.230.785 | 238.718.345 | 16.357.697 | 20,21,22             | 0.014272 | 79 |
| 143 | 168.246.754 | 238.728.286 | 16.454.099 | 20,21,22             | 0.065931 | 79 |
| 144 | 168.301.786 | 238.778.627 | 16.348.295 | 20,21,22             | 0.039619 | 79 |
| 145 | 168.232.752 | 238.731.888 | 16.268.101 | 20,21,22             | 0.052459 | 79 |
| 146 | 168.684.492 | 238.863.017 | 19.051.617 | 20,21,22,23,24,25    | 0.104545 | 88 |
| 147 | 168.677.425 | 238.862.106 | 18.958.218 | 20,21,22,23,24,25    | 0.114806 | 88 |
| 148 | 168.122.554 | 239.171.780 | 20.367.460 | 20,21,22,23,24,25    | 0.124225 | 82 |
| 149 | 165.252.189 | 236.255.205 | 18.459.331 | 20,21,22             | 0.012376 | 74 |
| 150 | 166.621.189 | 237.516.718 | 18.458.024 | 20,21,22             | 0.036902 | 76 |
| 151 | 165.250.076 | 236.232.542 | 15.046.184 | 20,21,22             | 0.054994 | 80 |
| 152 | 165.614.537 | 235.875.345 | 14.437.162 | 20,21,22             | 0.058299 | 83 |
| 153 | 167.244.389 | 238.445.724 | 12.278.806 | 20,21,22             | 0.012536 | 78 |
| 154 | 163.634.579 | 235.292.547 | 23.773.638 | 21,23,24,25          | 0.136711 | 68 |
| 155 | 168.126.582 | 239.188.470 | 20.287.223 | 23,24,25             | 0.117101 | 59 |
| 156 | 168.457.693 | 238.430.974 | 17.844.286 | 20,21,22,23,24,25    | 0.160730 | 89 |
| 157 | 168.392.221 | 238.913.726 | 12.865.964 | 21,23,24,25          | 0.193278 | 84 |
| 158 | 168.390.750 | 238.910.920 | 12.698.327 | 21,23,24,25          | 0.104105 | 84 |
| 159 | 168.329.593 | 238.974.091 | 12.793.499 | 21,23,24,25          | 0.108143 | 84 |
| 160 | 168.329.150 | 238.974.660 | 12.768.265 | 21,23,24,25          | 0.058074 | 84 |
| 161 | 168.406.318 | 238.501.686 | 13.309.712 | 20,21,22,23,24,25    | 0.121626 | 86 |
| 162 | 155.192.854 | 244.517.869 | 23.804.603 | 23,24,25,29,30,31    | 0.132908 | 83 |
| 163 | 155.587.418 | 244.112.724 | 23.762.746 | 23,24,25,31          | 0.091089 | 83 |
| 164 | 159.908.637 | 248.263.160 | 20.391.082 | 23,24,25,26,27,28    | 0.104295 | 84 |
| 165 | 159.924.439 | 248.251.932 | 20.307.531 | 23,24,25,28          | 0.107928 | 80 |
| 166 | 159.646.453 | 248.834.606 | 19.059.109 | 23,24,25,26,27,28    | 0.097664 | 88 |
| 167 | 159.647.084 | 248.829.075 | 18.939.567 | 23,24,25,26,27,28    | 0.066849 | 88 |
| 168 | 159.663.413 | 248.563.790 | 12.666.838 | 23,24,25,26,27,28    | 0.056780 | 86 |
| 169 | 159.673.613 | 248.552.194 | 12.752.723 | 23,24,25,28          | 0.177698 | 77 |
| 170 | 159.673.899 | 248.554.176 | 12.579.074 | 23,24,25,28          | 0.079774 | 77 |
| 171 | 159.730.486 | 248.500.349 | 12.678.795 | 23,24,25,28          | 0.122466 | 77 |
| 172 | 159.905.451 | 248.255.390 | 20.304.012 | 26,27,28             | 0.048564 | 66 |
| 173 | 159.453.837 | 248.392.433 | 16.808.646 | 24,26,27,28          | 0.055507 | 86 |
| 174 | 159.463.319 | 248.399.103 | 16.903.974 | 26,27                | 0.032474 | 32 |
| 175 | 159.465.975 | 248.396.555 | 16.717.124 | 26,27,28             | 0.069337 | 77 |
| 176 | 159.504.610 | 248.460.076 | 16.797.817 | 26,27                | 0.003496 | 32 |
| 177 | 159.654.904 | 248.549.208 | 12.757.298 | 26,27,28             | 0.078588 | 78 |
| 178 | 159.658.195 | 248.547.536 | 12.575.609 | 26,27,28             | 0.051415 | 77 |
| 179 | 159.456.041 | 248.364.148 | 12.740.622 | 26,27,28             | 0.031881 | 78 |
| 180 | 159.466.172 | 248.371.263 | 12.834.209 | 26,27,28             | 0.018519 | 78 |
| 181 | 159.522.566 | 248.428.558 | 12.735.059 | 26,27,28             | 0.064470 | 78 |
| 182 | 159.467.130 | 248.367.696 | 12.648.102 | 26,27,28             | 0.056097 | 78 |
| 183 | 155.216.038 | 244.538.119 | 12.525.241 | 24,26,27,28,29,30,31 | 0.079275 | 85 |

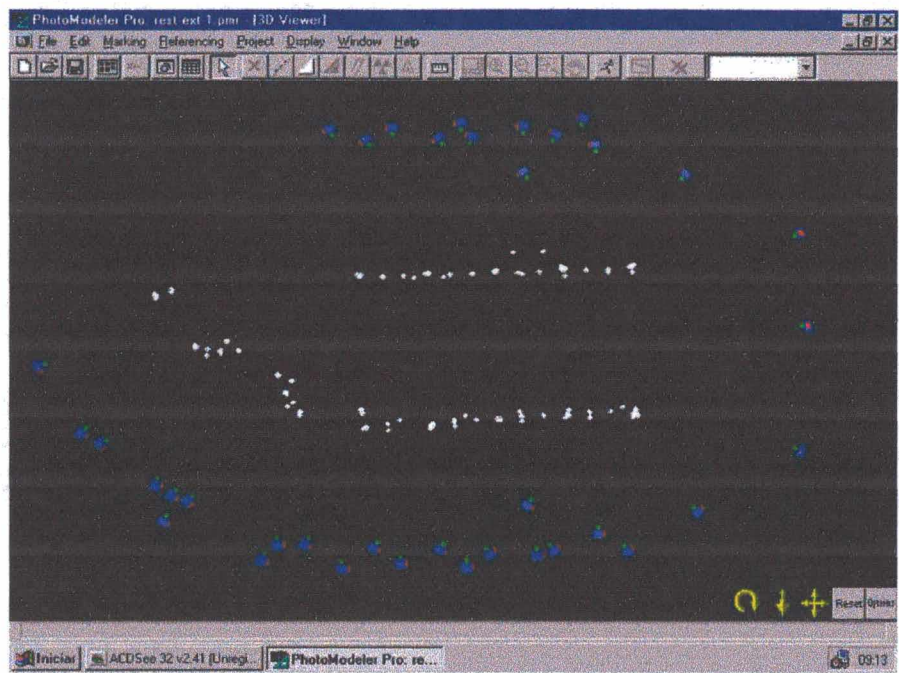


|     |             |             |            |                      |          |    |
|-----|-------------|-------------|------------|----------------------|----------|----|
| 184 | 155.280.806 | 244.487.540 | 12.536.069 | 24,26,28,31          | 0.051302 | 73 |
| 185 | 155.209.193 | 244.523.236 | 12.613.905 | 26,27,28,29,30,31    | 0.071644 | 85 |
| 186 | 155.211.714 | 244.524.385 | 12.433.064 | 26,27,28,29,30,31    | 0.122332 | 85 |
| 187 | 155.147.037 | 244.471.445 | 12.536.127 | 26,28,29,30,31       | 0.050300 | 85 |
| 188 | 155.192.694 | 244.531.216 | 16.775.932 | 24,26,27,28,29,30,31 | 0.057723 | 85 |
| 189 | 155.259.888 | 244.459.227 | 16.793.814 | 24,26,28             | 0.075769 | 66 |
| 190 | 155.178.528 | 244.525.011 | 16.869.538 | 26,27,28,29,30,31    | 0.129869 | 85 |
| 191 | 155.184.898 | 244.519.363 | 16.682.570 | 26,27,28,29,30,31    | 0.054039 | 85 |
| 192 | 155.119.164 | 244.470.090 | 16.760.950 | 26,27,28,29,30,31    | 0.084252 | 85 |
| 193 | 154.883.040 | 244.519.328 | 18.961.831 | 26,27,28,29,30,31    | 0.100945 | 88 |
| 194 | 154.882.409 | 244.519.727 | 19.083.195 | 26,27,28,29,30,31    | 0.086819 | 89 |
| 195 | 158.194.884 | 246.998.897 | 18.458.531 | 26,27,28             | 0.032039 | 74 |
| 196 | 156.749.555 | 245.685.998 | 18.472.567 | 26,27,28             | 0.063016 | 73 |
| 197 | 156.778.953 | 245.688.218 | 15.052.449 | 26,27,28             | 0.051317 | 78 |
| 198 | 158.187.182 | 246.983.059 | 15.046.262 | 26,27,28             | 0.029158 | 80 |
| 199 | 158.360.744 | 246.779.061 | 12.230.297 | 26,27,28             | 0.029868 | 76 |
| 200 | 155.000.162 | 244.369.524 | 23.793.702 | 29,30,31             | 0.124093 | 42 |
| 201 | 155.015.029 | 244.371.034 | 15.051.490 | 26,27,28,29,30,31    | 0.099357 | 84 |
| 202 | 155.002.936 | 244.359.917 | 15.652.611 | 26,27,28,29,30,31    | 0.120754 | 84 |
| 203 | 150.579.674 | 240.313.080 | 23.789.225 | 29,30,31,32,33,34    | 0.030539 | 63 |
| 204 | 150.756.069 | 240.474.858 | 23.792.593 | 29,30,31,32,33,34    | 0.076704 | 62 |
| 205 | 150.773.198 | 240.478.599 | 16.780.538 | 29,30,31,32,33,34    | 0.132751 | 73 |
| 206 | 150.764.063 | 240.471.998 | 16.871.949 | 29,30,31,32,33,34    | 0.072289 | 73 |
| 207 | 150.710.451 | 240.412.393 | 16.773.069 | 29,30,31,32,33,34    | 0.038262 | 73 |
| 208 | 150.771.016 | 240.467.384 | 16.686.471 | 29,30,31,32,33,34    | 0.035182 | 73 |
| 209 | 150.794.389 | 240.444.531 | 12.558.492 | 29,30,31,32,33,34    | 0.074859 | 73 |
| 210 | 150.784.652 | 240.436.630 | 12.648.192 | 29,30,31,32,33,34    | 0.076851 | 73 |
| 211 | 150.790.410 | 240.433.168 | 12.468.647 | 29,30,31,32,33,34    | 0.109991 | 73 |
| 212 | 152.773.800 | 241.662.629 | 12.271.243 | 29,30,31,33,34       | 0.140565 | 69 |
| 214 | 150.858.363 | 242.670.113 | 15.640.562 | 29,30,31,34          | 0.080346 | 60 |
| 215 | 150.881.917 | 242.668.722 | 15.044.520 | 29,30,31,34          | 0.042941 | 60 |
| 216 | 150.787.854 | 240.456.918 | 15.658.754 | 29,30,31,32,33,34    | 0.139783 | 74 |
| 217 | 150.775.289 | 240.469.409 | 15.034.833 | 29,30,31,32,33,34    | 0.050947 | 74 |
| 218 | 152.809.212 | 244.470.452 | 15.635.393 | 29,30,31             | 0.023129 | 59 |
| 219 | 152.842.336 | 244.463.719 | 15.038.697 | 29,30,31             | 0.056723 | 59 |
| 220 | 153.659.467 | 242.900.260 | 21.903.038 | 29,30,31             | 0.101906 | 46 |
| 221 | 152.283.570 | 241.641.116 | 21.895.699 | 29,30,31             | 0.053147 | 47 |
| 222 | 152.299.044 | 241.612.336 | 18.469.095 | 29,30,31             | 0.033816 | 51 |
| 223 | 153.652.203 | 242.879.362 | 18.467.853 | 29,30,31             | 0.007213 | 50 |
| 224 | 149.250.250 | 238.834.103 | 21.916.415 | 29,30,31,32,33,34    | 0.130664 | 66 |
| 225 | 146.110.543 | 236.229.635 | 23.795.412 | 32,33,34,35,36,37    | 0.063768 | 64 |
| 226 | 146.287.658 | 236.383.444 | 23.797.075 | 32,33,34,35,36,37    | 0.058331 | 64 |
| 227 | 146.329.759 | 236.400.983 | 16.687.366 | 32,33,34,35,36,37    | 0.030803 | 75 |
| 228 | 146.316.711 | 236.385.522 | 16.784.994 | 32,33,34,35,36,37    | 0.034122 | 75 |
| 229 | 146.332.352 | 236.378.100 | 16.596.059 | 32,33,34,35,36,37    | 0.057395 | 75 |
| 230 | 146.263.809 | 236.330.077 | 16.676.327 | 32,33,34,35,36,37    | 0.033456 | 75 |
| 231 | 146.354.493 | 236.365.608 | 12.635.365 | 32,33,34,35,36,37    | 0.054058 | 76 |

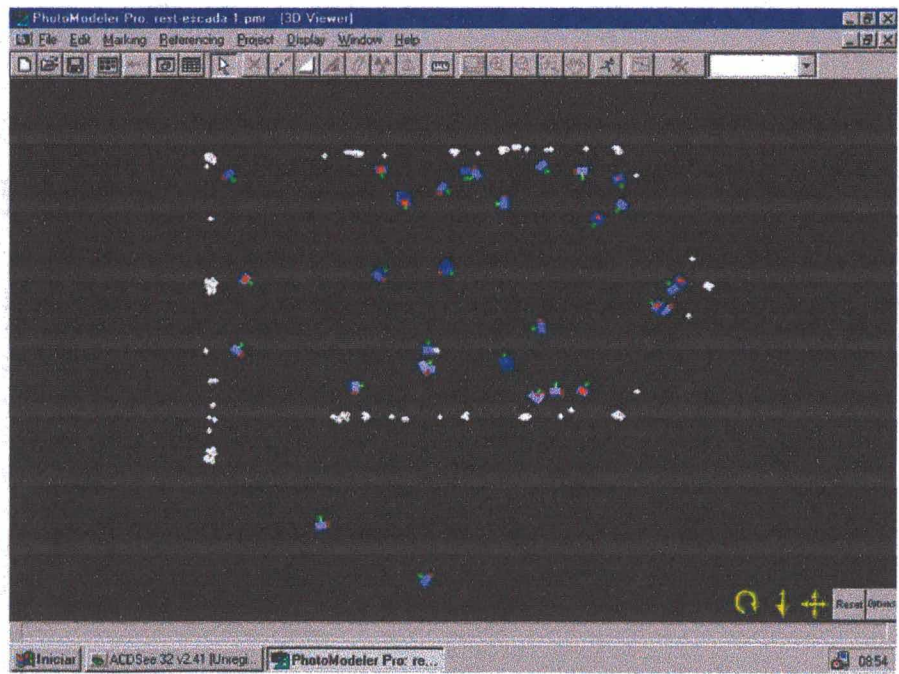


|     |             |             |            |                   |          |    |
|-----|-------------|-------------|------------|-------------------|----------|----|
| 232 | 146.340.365 | 236.353.348 | 12.727.080 | 32,33,34,35,36,37 | 0.073075 | 76 |
| 233 | 146.346.632 | 236.353.280 | 12.539.782 | 32,33,34,35,36,37 | 0.064594 | 76 |
| 234 | 146.283.812 | 236.301.689 | 12.624.190 | 32,33,34,35,36,37 | 0.071677 | 76 |
| 235 | 147.874.729 | 237.591.379 | 21.903.650 | 32,33,34,35,36,37 | 0.122357 | 67 |
| 236 | 147.908.113 | 237.587.228 | 18.461.279 | 32,33,34,35,36,37 | 0.058377 | 73 |
| 237 | 149.342.043 | 238.898.123 | 18.466.226 | 32,33,34          | 0.014350 | 65 |
| 238 | 149.362.915 | 238.887.639 | 15.040.433 | 32,33,34          | 0.034212 | 69 |
| 240 | 147.907.953 | 237.562.312 | 15.041.850 | 32,33,34,35,36,37 | 0.052548 | 76 |
| 241 | 147.647.575 | 236.965.432 | 12.204.413 | 32,33,34          | 0.068038 | 66 |
| 242 | 141.700.905 | 232.187.443 | 23.751.662 | 35,36,37          | 0.153253 | 41 |
| 243 | 141.843.371 | 232.312.022 | 23.733.643 | 35,36,37          | 0.042782 | 41 |
| 244 | 141.905.120 | 232.350.035 | 16.783.760 | 35,36,37          | 0.013621 | 49 |
| 245 | 141.892.410 | 232.338.416 | 16.880.105 | 35,36,37          | 0.027231 | 49 |
| 246 | 141.909.958 | 232.329.646 | 16.691.541 | 35,36,37          | 0.072812 | 49 |
| 247 | 141.836.415 | 232.281.941 | 16.772.502 | 35,36,37          | 0.004586 | 49 |
| 248 | 141.938.569 | 232.339.520 | 12.705.901 | 35,36,37          | 0.029213 | 50 |
| 249 | 141.923.990 | 232.327.028 | 12.797.282 | 35,36,37          | 0.019002 | 50 |
| 250 | 141.931.831 | 232.333.913 | 12.614.054 | 35,36,37          | 0.037029 | 50 |
| 251 | 141.864.534 | 232.273.707 | 12.695.045 | 35,36,37          | 0.033100 | 50 |
| 252 | 144.787.721 | 234.754.715 | 21.898.327 | 32,33,34,35,36,37 | 0.082943 | 65 |
| 253 | 143.462.975 | 233.533.115 | 21.900.907 | 35,36,37          | 0.046293 | 44 |
| 254 | 143.476.198 | 233.527.860 | 18.450.749 | 35,36,37          | 0.086769 | 49 |
| 255 | 144.814.444 | 234.756.963 | 18.452.283 | 33,34,35,36,37    | 0.017885 | 70 |
| 256 | 144.829.302 | 234.734.374 | 15.030.472 | 33,34,35,36,37    | 0.097773 | 73 |
| 257 | 143.509.098 | 233.527.202 | 15.030.766 | 35,36,37          | 0.069662 | 52 |
| 258 | 145.742.278 | 235.203.879 | 12.204.342 | 35,36,37          | 0.046588 | 51 |
| 259 | 141.589.947 | 232.226.708 | 20.991.988 | 35,36,37          | 0.163073 | 45 |
| 260 | 141.591.580 | 232.230.968 | 17.600.927 | 35,36,37          | 0.099386 | 48 |
| 261 | 141.626.115 | 232.198.189 | 14.163.561 | 35,36,37          | 0.130201 | 50 |

Vista em planta do modelo em 3D restituído da Área 1



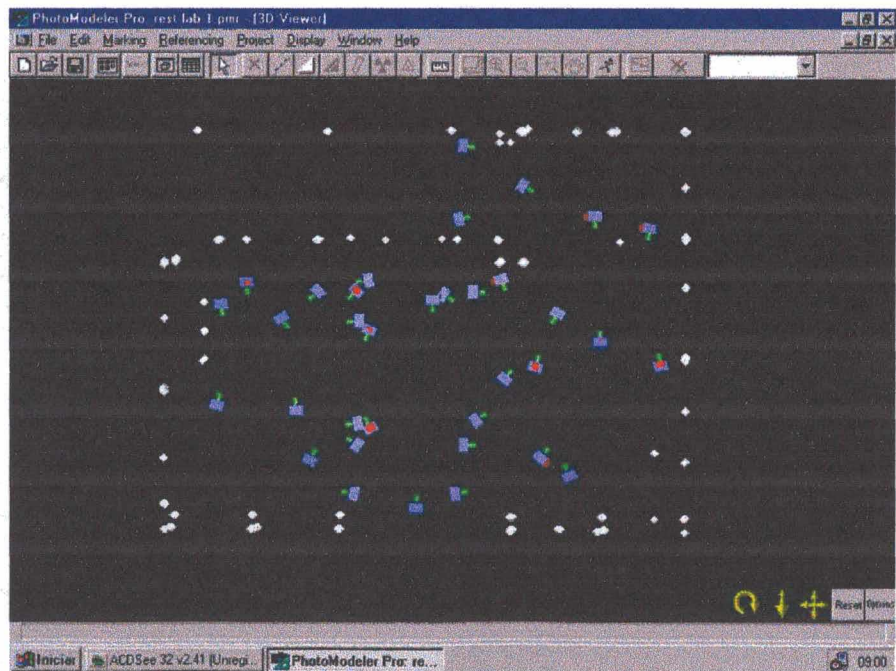
Vista em planta do modelo em 3D restituído da Área 2



**Vista em planta do modelo em 3D restituído da Área 3**

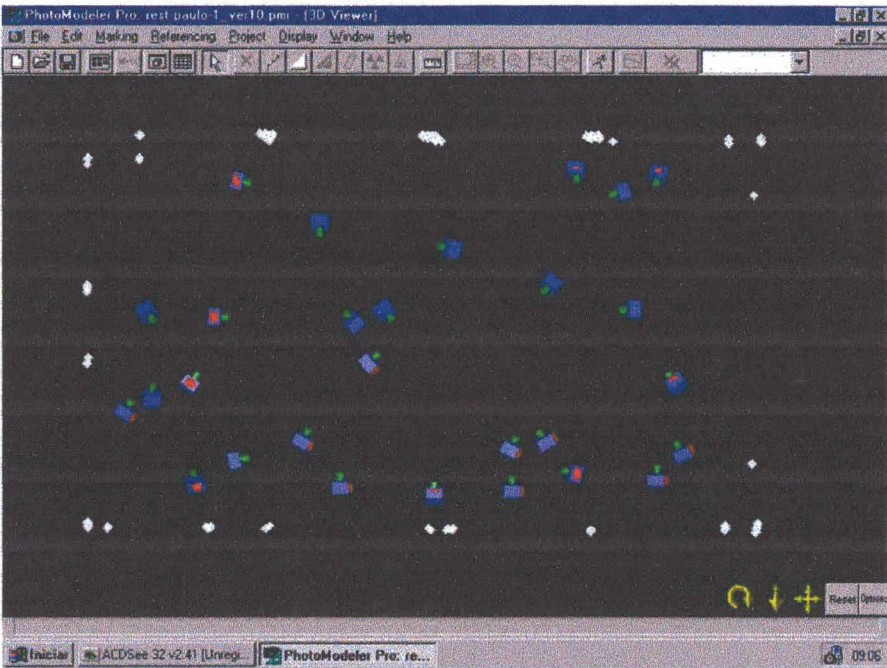


**Vista em planta do modelo em 3D restituído da Área 4 – sector a**

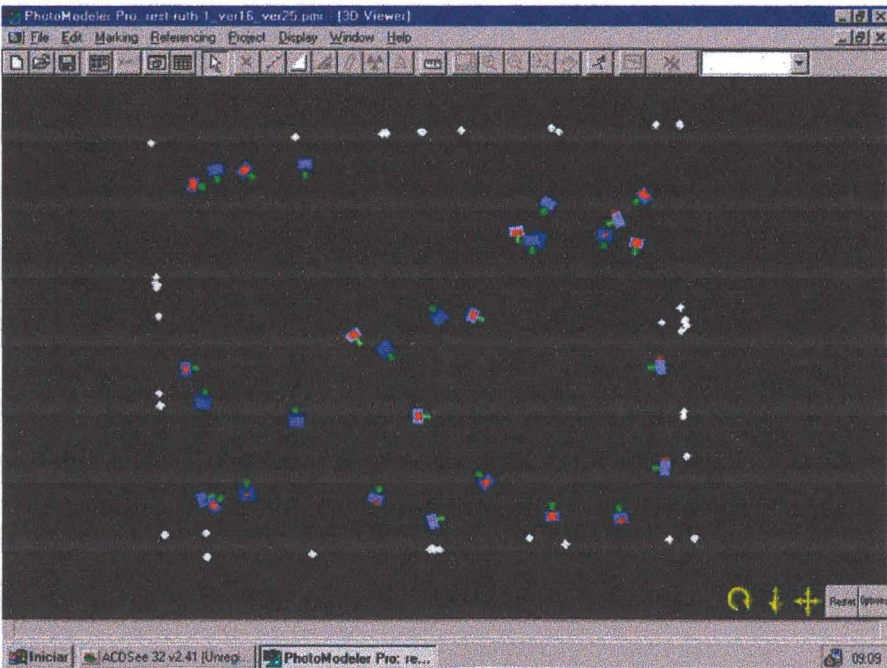




Vista em planta do modelo em 3D restituído da Área 4 – sector b



Vista em planta do modelo em 3D restituído da Área 4 – sector c



**ANEXO D**

# AETRA info do software AETRA

```

*****
*      AAAAAAA  EEEEE  TTTTTTTT  RRRRRR  AAAAAAA  *
*      AA  AA  EE      TTT  RR  RR  AA  AA  *
*      AAAAAAA  EEEEE  TTT  RRRRRR  AAAAAAA  *
*      AA  AA  EE      TTT  RR  RR  AA  AA  *
*      AA  AA  EEEEE  TTT  RR  RR  AA  AA  *
*
*      III  NNN  NN  FFFFF  OOOOOO  *
*      III  NNNN  NN  FF      OO  OO  *
*      III  NN  NN  NN  FFFFF  OO  OO  *
*      III  NN  NNNN  FF      OO  OO  *
*      III  NN  NNN  FF      OOOOOO  *
*****
*      PROGRAMA PARA A TRANSFORMAÇÃO DE SIMILARIDADE  *
*      COM PONTOS IDÊNTICOS ESTOCÁSTICOS  *
*****
*      INSTITUTO GEODÉSICO DA UNIVERSIDADE DE KARLSRUHE  *
*      ersteller      : P.BLEICH/M.ILLNER  *
*      VERSÃO        : JANEIRO, 1989  *
*****

```

O PROGRAMA AETRA CALCULA PARÂMETROS DE AJUSTE  
 PARA UMA TRANSFORMAÇÃO DE SIMILARIDADE COM PONTOS IDÊNTICOS  
 ESTOCÁSTICOS.  
 CADA UM DOS 7 PARÂMETROS PODE SER CALCULADO COM  
 O PESO PRETENDIDO.  
 ( PESO ==> OO CORRESPONDE AO ESTABELECIMENTO DOS  
 PARÂMETROS )  
 DEPOIS DA TRANSFORMAÇÃO COM ESTES PARÂMETROS, OS PONTOS  
 IDÊNTICOS ASSIM COMO OS DEMAIS INFORMADOS ESTÃO TRANSFORMADOS.

( SISTEMA 1 (UVW) ==> SISTEMA 2 (XYZ) )

A INTRODUÇÃO DAS DIMENSÕES É (METROS) E (RADIANOS)

MÁXIMAS DIMENSÕES DA ATUAL VERSÃO:  
 MÁX. 13 PONTOS IDÊNT. CADA SISTEMA (NIP)  
 MÁX. 20 PONTOS IDÊNT. + RESTANTES (NIP+NSP)

EXPRESSÃO DO MODELO :  
 \*\*\*\*\*

```

! X !      ! A1  B1  C1  !      ! U !      ! X0 !
!      !      !      !      !      !      !      !
! Y ! = MY * ! A2  B2  C2  ! * ! V ! + ! Y0 !
!      !      !      !      !      !      !      !
! Z !      ! A3  B3  C3  !      ! W !      ! Z0 !

```

COM

```

A1 =  COS (PSI) * COS (OMA)
A2 = - COS (PSI) * SIN (OMA)
A3 =  SIN (PSI)

B1 =  SIN (EPS) * SIN (PSI) * COS (OMA) + COS (EPS) * SIN (OMA)
B2 = - SIN (EPS) * SIN (PSI) * SIN (OMA) + COS (EPS) * COS (OMA)
B3 = - SIN (EPS) * COS (PSI)

C1 = - COS (EPS) * SIN (PSI) * COS (OMA) + SIN (EPS) * SIN (OMA)
C2 =  COS (EPS) * SIN (PSI) * SIN (OMA) + SIN (EPS) * COS (OMA)
C3 =  COS (EPS) * COS (PSI)

```

ESTA MATRIZ RESULTA-SE DA EXECUÇÃO NA SEQUÊNCIA (ORDEM)  
 DAS ROTAÇÕES PELO SISTEMA UVW DE COORDENADAS COM OS ÂNGULOS:  
 EPSILON NO EIXO U



PSI                    NO EIXO V (MITGEDREHTE)  
OMEGA                NO EIXO W (MITGEDREHTE)

PARA A INTRODUÇÃO DOS DADOS  
\*\*\*\*\*

O PROGRAMA TRABALHA COM 3 ARQUIVOS

ARQUIVO 1            DADOS DE INTRODUÇÃO  
ARQUIVO 2            MATRIZ COFATOR NO SISTEMA 1 (UVW)  
ARQUIVO 3            MATRIZ COFATOR NO SISTEMA 2 (XYZ)

O NOME DO ARQUIVO DE ENTRADA SERÁ PERGUNTADO PELO PROGRAMA.

CONSTRUÇÃO DO ARQUIVO DE ENTRADA:

LINHA 1            TEXT 1  
\*\*\*\*\*  
(A80)            LINHA DE TEXTO ARBITRÁRIA

LINHA 2            TEXT 2  
\*\*\*\*\*  
(A80)            LINHA DE TEXTO ARBITRÁRIA

LINHA 3            AUSDAT  
\*\*\*\*\*  
(A80)            NOME DO ARQUIVO PARA OS RESULTADOS

LINHA 4            NIP,NSP,NZB  
\*\*\*\*\*  
(3I3)            NIP = QUANTIDADE DE PONTOS IDÊNTICOS (CADA SISTEMA)  
                  NSP = QUANTIDADE DOS DEMAIS PONTOS  
                  NZB = QUANTIDADE DOS PARÂMETROS PREVIAMENTE DADOS (MÁX.7)

LINHA 5            KZ1,SIGMAU  
\*\*\*\*\*  
(I3,F20.10)    KZ1    = CÓDIGO DA MATRIZ COFATOR  
                                         NO SISTEMA 1 (UVW)  
  
                  = 0    MATRIZ UNIDADE  
                  = 1    MATRIZ DIAGONAL  
                  = 2    MATRIZ TODA OCUPADA  
  
                  SIGMAU = FATOR DE VARIÂNCIA PARA A MATRIZ COFATOR 1

CASO KZ1 > 0    SEGUEM DUAS LINHAS COM:

LINHA 5.1        KOMAU  
\*\*\*\*\*  
(A80)            NOME DO ARQUIVO PARA A MATRIZ COFATOR NO SISTEMA 1 (UVW)

LINHA 5.2        KZ11  
\*\*\*\*\*  
(I3)            KZ11=0    MATRIZ COFATOR SOMENTE PARA PONTOS IDÊNT.  
                  =1    MATRIZ COFATOR PARA PONTOS IDÊNT. E NÃO  
                                         IDÊNTICOS

LINHA 6            KZR  
\*\*\*\*\*  
(I3)            KZR=0    MATRIZ-Q DAS COORDENADAS TRANSFORMADAS.  
                                         NÃO DEVE SER ESCRITA.  
                  KZR=1    MATRIZ-Q DAS COORDENADAS TRANSFORMADAS.  
                                         DEVE SER ESCRITA.

CASO KZR = 1    SEGUE UMA LINHA COM:

LINHA 6.1 KOMAT  
 \*\*\*\*\*  
 (A80) NOME DO ARQUIVO DAS MATRIZES COFATOR TRANSFORMADAS  
  
 LINHA 7 KZ2,SIGMAX  
 \*\*\*\*\*  
 (I3,F20.10) KZ2 = CÓDIGO DAS MATRIZES COFATOR  
                   NO SISTEMA 2 (XYZ)  
                   = 0 MATRIZ UNIDADE  
                   = 1 MATRIZ DIAGONAL  
                   = 2 MATRIZ TODA OCUPADA  
  
                   SIGMAX = FATOR DE VARIÂNCIA PARA A MATRIZ COFATOR 1

CASO KZ2 > 0 SEGUE UMA LINHA COM:

LINHA 7.1 KOMAX  
 \*\*\*\*\*  
 (A80) NOME DO ARQUIVO DA MATRIZ COFATOR NO SISTEMA 2 (XYZ)

OBSERVAÇÃO: FALTANDO A INFORMAÇÃO DE UNS FATORES DE VARIÂNCIA,  
 ENTÃO DEVE SER ENTRADO O VALOR 0.01.  
 O VALOR SIGMAX SEGUE AO MESMO TEMPO COMO  
 FATOR DE VARIÂNCIA A PRIORI PARA O AJUSTE.

CASO NZB > 0 RESULTA LINHAS-NZB EM FORMATO LIVRE COM

\* KZ(I), PAR(I), PPAR(I)  
  
 KZ(I) = CÓDIGO DOS PARÂMETROS  
 PAR(I) = VALOR DOS PARÂMETROS  
 PPAR(I) = PESO DO PARÂMETRO

OS PARÂMETROS INDIVIDUAIS POSSUEM OS CÓDIGOS A SEGUIR:

|        |   |         |                       |
|--------|---|---------|-----------------------|
| CÓDIGO | 1 | X0      | (TRANSLAÇÃO)          |
|        | 2 | Y0      | (TRANSLAÇÃO)          |
|        | 3 | Z0      | (TRANSLAÇÃO)          |
|        | 4 | EPSILON | (ROTAÇÃO PELO EIXO U) |
|        | 5 | PSI     | (ROTAÇÃO PELO EIXO V) |
|        | 6 | OMEGA   | (ROTAÇÃO PELO EIXO W) |
|        | 7 | MY      | (FATOR DE ESCALA)     |

A INFORMAÇÃO DO ÂNGULO DEVE SER DADA EM Radianos!

DEPOIS SEGUEM LINHAS NIP EM FORMATO LIVRE COM

\* NR1(I), U(I), V(I), W(I)  
  
 NÚMERO DO PONTO E COORDENADAS DOS  
 PONTOS IDÊNTICOS NO SISTEMA 1 (UVW)

DEPOIS SEGUEM LINHAS NIP EM FORMATO LIVRE COM

\* NR2(I), X(I), Y(I), Z(I)  
  
 NÚMERO DO PONTO E COORDENADAS DOS  
 PONTOS IDÊNTICOS NO SISTEMA 2 (XYZ)

DEPOIS SEGUEM LINHAS NIP EM FORMATO LIVRE COM

\*           NR1(I),U(I),V(I),W(I)  
             NÚMERO E COORDENADAS DOS  
             DEMAIS PONTOS NO SISTEMA 1 (UVW)

OBSERVAÇÃO:   A RELAÇÃO DOS PONTOS IDÊNTICOS DE AMBOS OS  
                 SISTEMAS NÃO SE DÁ PELA IGUAL NUMERAÇÃO DOS PONTOS  
                 MAS SIM SOMENTE PELA ORDEM DA LEITURA DAS COORDENADAS!

FIM DOS DADOS DE ENTRADA  
-----



Dados obtidos através do software AETRA

```

AAAAA      EEEEE      TTTTTTTT  RRRRRR      AAAAA
AA  AA  EE      TTT      RR  RR  AA  AA
AAAAA      EEEEE      TTT      RRRRRR      AAAAA
AA  AA  EE      TTT      RR  RR  AA  AA
AA  AA  EEEEE      TTT      RR  RR  AA  AA
*****
**
**      A E H N L I C H K E I T S -      **
**      T R A N S F O R M A T I O N      **
**              M I T                      **
**      S T O C H A S T I S C H E N      **
**              P U N K T E N              **
**
*****

```

GEODAETISCHES INSTITUT UNIVERSITAET KARLSRUHE
VERSION 2.0 VOM OKTOBER 1992
ERSTELLER : P. BLEICH / M. ILLNER
LETZTE AENDERUNG : OKTOBER 92

PROJEKT :
\*\*\*\*\*

Comparacao
coord-rest-paulo alvos-paulo

ANZAHL DER IDENTISCHEN PUNKTE : 33
ANZAHL DER SONSTIGEN PUNKTE : 1
ANZAHL DER VORGEgebenEN PARAMETER : 0

KOFAKTORENMATRIX 1 ( Q(UVW) )
EINHEITSMATRIX
SIGMAU = 0.0100000000

KOFAKTORENMATRIX 2 ( Q(XYZ) )
EINHEITSMATRIX
SIGMAX = 0.0050000000

SIGMA A PRIORI : 0.0050000000

K O O R D I N A T E N V E R Z E I C H N I S

\*\*\*\*\*

I D E N T I S C H E P U N K T E
\*\*\*\*\*

S Y S T E M 1
\*\*\*\*\*

| NR | U        | V        | W       | NORM. VERB |     |     |
|----|----------|----------|---------|------------|-----|-----|
| 2  | 157.4730 | 245.7030 | 18.7940 | 0.3        | 0.1 | 0.2 |
| 10 | 159.0404 | 244.0713 | 18.8031 | 0.0        | 0.3 | 0.0 |
| 29 | 160.2921 | 242.7687 | 18.8029 | 0.2        | 0.2 | 0.2 |
| 34 | 160.9130 | 242.1250 | 18.8020 | 0.6        | 0.1 | 0.4 |
| 11 | 159.0303 | 244.0803 | 17.0524 | 0.0        | 0.3 | 0.0 |

|    |          |          |         |     |     |     |
|----|----------|----------|---------|-----|-----|-----|
| 26 | 160.3005 | 242.7574 | 10.0529 | 0.5 | 0.2 | 0.3 |
| 37 | 160.9108 | 242.1241 | 18.0226 | 0.9 | 0.1 | 0.4 |
| 8  | 157.4615 | 245.6958 | 16.6411 | 0.0 | 0.3 | 0.4 |
| 1  | 155.3539 | 243.6881 | 10.8183 | 0.8 | 0.8 | 0.6 |
| 4  | 155.5186 | 243.5093 | 17.8439 | 0.6 | 0.6 | 0.2 |
| 8  | 157.4615 | 245.6958 | 16.6411 | 0.1 | 0.4 | 0.4 |
| 5  | 155.3564 | 243.6803 | 16.7020 | 0.5 | 0.5 | 0.2 |
| 47 | 158.9485 | 240.2067 | 18.6099 | 0.2 | 0.2 | 0.1 |
| 49 | 158.6791 | 240.4830 | 18.8081 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 50 | 158.5403 | 240.3642 | 10.8109 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 54 | 157.9096 | 241.0332 | 18.8104 | 0.4 | 0.1 | 0.2 |
| 69 | 157.0660 | 241.9110 | 18.8119 | 0.2 | 0.1 | 0.2 |
| 72 | 156.2251 | 242.7789 | 10.8123 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| 53 | 158.9407 | 240.2063 | 17.8653 | 0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 51 | 158.6751 | 240.4799 | 17.8553 | 0.2 | 0.0 | 0.0 |
| 52 | 158.5453 | 240.3587 | 17.8669 | 0.2 | 0.1 | 0.0 |
| 57 | 157.9047 | 241.0291 | 17.8701 | 0.4 | 0.2 | 0.2 |
| 75 | 156.2224 | 242.7737 | 17.8616 | 0.1 | 0.2 | 0.2 |
| 60 | 157.9027 | 241.0274 | 16.7530 | 0.4 | 0.1 | 0.3 |
| 63 | 157.0660 | 241.8980 | 16.7505 | 0.2 | 0.2 | 0.3 |
| 78 | 156.2225 | 242.7681 | 16.7521 | 0.1 | 0.3 | 0.1 |
| 82 | 157.9158 | 241.0374 | 15.7215 | 1.2 | 0.6 | 0.0 |
| 84 | 157.0754 | 241.9078 | 15.7155 | 0.9 | 0.5 | 0.1 |
| 87 | 156.2309 | 242.7811 | 15.7201 | 0.6 | 0.4 | 0.1 |
| 41 | 159.6593 | 240.8957 | 10.6253 | 0.1 | 0.2 | 0.0 |
| 37 | 160.9108 | 242.1241 | 18.0226 | 0.8 | 0.0 | 0.3 |
| 43 | 159.6513 | 240.8887 | 17.8582 | 0.2 | 0.3 | 0.1 |
| 53 | 158.9407 | 240.2063 | 17.8653 | 0.0 | 0.1 | 0.0 |

SCHWERPUNKT: US = 158.1319 VS = 242.2139 WS = 17.8043

SYSTEM 2  
\*\*\*\*\*

| NR | X        | Y        | Z       | NORM.VERB   |
|----|----------|----------|---------|-------------|
| 1  | 157.4730 | 245.7030 | 18.7940 | 0.3 0.1 0.2 |
| 2  | 159.0380 | 244.0770 | 10.7980 | 0.0 0.3 0.0 |
| 3  | 160.2880 | 242.7750 | 18.8010 | 0.2 0.2 0.2 |
| 4  | 160.9130 | 242.1250 | 18.8020 | 0.6 0.1 0.4 |
| 14 | 159.0300 | 244.0900 | 17.8500 | 0.0 0.3 0.0 |
| 15 | 160.3030 | 242.7650 | 18.0550 | 0.5 0.2 0.3 |
| 16 | 160.9180 | 242.1260 | 18.0250 | 0.9 0.1 0.4 |
| 25 | 157.4700 | 245.7060 | 16.6510 | 0.0 0.3 0.4 |
| 12 | 155.3760 | 243.6810 | 18.7930 | 0.8 0.8 0.6 |
| 24 | 155.5390 | 243.5090 | 17.8300 | 0.6 0.6 0.2 |
| 25 | 157.4730 | 245.6930 | 16.6520 | 0.1 0.4 0.4 |
| 29 | 155.3770 | 243.6850 | 16.6980 | 0.5 0.5 0.2 |
| 6  | 158.9350 | 240.2220 | 18.5910 | 0.2 0.2 0.1 |
| 7  | 158.6660 | 240.4900 | 10.7880 | 0.2 0.2 0.2 |
| 8  | 158.5360 | 240.3790 | 18.7900 | 0.2 0.2 0.2 |
| 9  | 157.8960 | 241.0470 | 18.7910 | 0.4 0.1 0.2 |
| 10 | 157.0610 | 241.9240 | 10.7920 | 0.2 0.1 0.2 |
| 11 | 156.2300 | 242.7900 | 18.7940 | 0.1 0.1 0.2 |
| 18 | 158.9310 | 240.2200 | 17.8510 | 0.1 0.0 0.0 |
| 19 | 158.6650 | 240.4940 | 17.8410 | 0.2 0.0 0.0 |
| 20 | 158.5340 | 240.3740 | 17.8520 | 0.2 0.1 0.0 |
| 21 | 157.8920 | 241.0460 | 17.8530 | 0.4 0.2 0.2 |
| 23 | 156.2280 | 242.7900 | 17.8470 | 0.1 0.2 0.2 |
| 26 | 157.8940 | 241.0470 | 16.7370 | 0.4 0.1 0.3 |
| 27 | 157.0650 | 241.9180 | 16.7360 | 0.2 0.2 0.3 |
| 28 | 156.2310 | 242.7890 | 16.7410 | 0.1 0.3 0.1 |
| 30 | 157.8920 | 241.0460 | 15.7150 | 1.2 0.6 0.0 |
| 31 | 157.0620 | 241.9170 | 15.7120 | 0.9 0.5 0.1 |
| 32 | 156.2270 | 242.7910 | 15.7170 | 0.6 0.4 0.1 |
| 5  | 159.6510 | 240.9080 | 18.6130 | 0.1 0.2 0.0 |
| 16 | 160.9160 | 242.1280 | 18.0230 | 0.8 0.0 0.3 |
| 17 | 159.6460 | 240.9050 | 17.8490 | 0.2 0.3 0.1 |
| 18 | 158.9330 | 240.2230 | 17.8520 | 0.0 0.1 0.0 |

SCHWERPUNKT: XS = 150.1300 YS = 242.2240 ZS = 17.7950

TRANSFORMIERTE KOORDINATEN (S1==>S2)  
MIT RESTKLAFFUNGEN  
UND MITTLEREN KOORDINATENFEHLERN  
\*\*\*\*\*

FEHLERELLIPSOID  
\*\*\*\*\*

| NR | X<br>DX<br>MX                               | Y<br>DY<br>MY                               | Z<br>DZ<br>MZ                              | HALBACHSEN                          | RIWI<br>( ALTGRAD )                    | HOEHWI                                |
|----|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| 1  | 157.4779<br>0.0049<br>0.0100<br>MP = 0.017  | 245.7017<br>-0.0013<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 18.7909<br>-0.0031<br>0.0100<br>MP = 0.017 | A= 0.0100<br>B= 0.0100<br>C= 0.0100 | 0.0000<br>90.0000<br>0.0000<br>90.0000 | 0.0000<br>0.0000<br>0.0000<br>90.0000 |
|    | DX= -0.0031                                 | DY= -0.0048                                 | DH= 0.0016                                 |                                     |                                        |                                       |
| 2  | 159.0378<br>-0.0002<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 244.0715<br>-0.0055<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 18.7981<br>0.0001<br>0.0100<br>MP = 0.017  | A= 0.0100<br>B= 0.0100<br>C= 0.0100 | 0.0000<br>90.0000<br>0.0000<br>90.0000 | 0.0000<br>0.0000<br>0.0000<br>90.0000 |
|    | DX= 0.0001                                  | DY= -0.0028                                 | DH= -0.0048                                |                                     |                                        |                                       |
| 3  | 160.2034<br>-0.0046<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 242.7701<br>-0.0049<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 18.7964<br>-0.0046<br>0.0100<br>MP = 0.017 | A= 0.0100<br>B= 0.0100<br>C= 0.0100 | 0.0000<br>90.0000<br>0.0000<br>90.0000 | 0.0000<br>0.0000<br>0.0000<br>90.0000 |
|    | DX= -0.0046                                 | DY= 0.0011                                  | DH= -0.0066                                |                                     |                                        |                                       |
| 4  | 160.9013<br>-0.0117<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 242.1270<br>0.0020<br>0.0100<br>MP = 0.017  | 18.7947<br>-0.0073<br>0.0100<br>MP = 0.017 | A= 0.0100<br>B= 0.0100<br>C= 0.0100 | 0.0000<br>90.0000<br>0.0000<br>90.0000 | 0.0000<br>0.0000<br>0.0000<br>90.0000 |
|    | DX= -0.0073                                 | DY= 0.0108                                  | DH= -0.0048                                |                                     |                                        |                                       |
| 14 | 159.0294<br>-0.0006<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 244.0833<br>-0.0067<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 17.8500<br>0.0000<br>0.0100<br>MP = 0.017  | A= 0.0100<br>B= 0.0100<br>C= 0.0100 | 0.0000<br>90.0000<br>0.0000<br>90.0000 | 0.0000<br>0.0000<br>0.0000<br>90.0000 |
|    | DX= 0.0000                                  | DY= -0.0032                                 | DH= -0.0059                                |                                     |                                        |                                       |
| 15 | 160.2932<br>-0.0098<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 242.7610<br>-0.0040<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 18.0484<br>-0.0066<br>0.0100<br>MP = 0.017 | A= 0.0100<br>B= 0.0100<br>C= 0.0100 | 0.0000<br>90.0000<br>0.0000<br>90.0000 | 0.0000<br>0.0000<br>0.0000<br>90.0000 |
|    | DX= -0.0066                                 | DY= 0.0060                                  | DH= -0.0088                                |                                     |                                        |                                       |
| 16 | 160.9005<br>-0.0175<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 242.1284<br>0.0024<br>0.0100<br>MP = 0.017  | 18.0174<br>-0.0076<br>0.0100<br>MP = 0.017 | A= 0.0100<br>B= 0.0100<br>C= 0.0100 | 0.0000<br>90.0000<br>0.0000<br>90.0000 | 0.0000<br>0.0000<br>0.0000<br>90.0000 |
|    | DX= -0.0076                                 | DY= 0.0158                                  | DH= -0.0077                                |                                     |                                        |                                       |
| 25 | 157.4703<br>0.0003<br>0.0100<br>MP = 0.017  | 245.7009<br>-0.0051<br>0.0100<br>MP = 0.017 | 16.6440<br>-0.0070<br>0.0100<br>MP = 0.017 | A= 0.0100<br>B= 0.0100<br>C= 0.0100 | 0.0000<br>90.0000<br>0.0000<br>90.0000 | 0.0000<br>0.0000<br>0.0000<br>90.0000 |
|    | DX= -0.0070                                 | DY= -0.0030                                 | DH= -0.0041                                |                                     |                                        |                                       |
| 12 | 155.3607                                    | 243.6965                                    | 18.8053                                    | A= 0.0100                           | 0.0000                                 | 0.0000                                |



|    |                                    |          |         |    |        |         |         |
|----|------------------------------------|----------|---------|----|--------|---------|---------|
|    | -0.0153                            | 0.0155   | 0.0123  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0123 DY= 0.0212 DH= 0.0040   |          |         |    |        |         |         |
| 24 | 155.5264                           | 243.5208 | 17.8334 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | -0.0126                            | 0.0118   | 0.0034  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0034 DY= 0.0170 DH= 0.0031   |          |         |    |        |         |         |
| 25 | 157.4703                           | 245.7009 | 16.6440 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | -0.0027                            | 0.0079   | -0.0080 | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= -0.0080 DY= 0.0065 DH= 0.0053  |          |         |    |        |         |         |
| 29 | 155.3671                           | 243.6949 | 16.6949 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | -0.0099                            | 0.0099   | -0.0031 | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= -0.0031 DY= 0.0136 DH= 0.0030  |          |         |    |        |         |         |
| 6  | 158.9389                           | 240.2184 | 18.5939 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0039                             | -0.0036  | 0.0029  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0029 DY= -0.0053 DH= -0.0008 |          |         |    |        |         |         |
| 7  | 158.6705                           | 240.4939 | 18.7919 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0045                             | -0.0041  | 0.0039  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0039 DY= -0.0060 DH= -0.0010 |          |         |    |        |         |         |
| 8  | 158.5397                           | 240.3757 | 18.7940 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0037                             | -0.0033  | 0.0040  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0040 DY= -0.0050 DH= -0.0007 |          |         |    |        |         |         |
| 9  | 157.9041                           | 241.0440 | 18.7944 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0081                             | -0.0030  | 0.0034  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0034 DY= -0.0084 DH= 0.0020  |          |         |    |        |         |         |
| 10 | 157.0646                           | 241.9211 | 18.7968 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0036                             | -0.0029  | 0.0040  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0040 DY= -0.0046 DH= -0.0005 |          |         |    |        |         |         |
| 11 | 156.2278                           | 242.7882 | 18.7983 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | -0.0022                            | -0.0018  | 0.0043  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0043 DY= 0.0009 DH= -0.0027  |          |         |    |        |         |         |
| 18 | 158.9325                           | 240.2203 | 17.8514 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |

|    |                                    |          |         |    |        |         |         |
|----|------------------------------------|----------|---------|----|--------|---------|---------|
|    | 0.0015                             | 0.0003   | 0.0004  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0004 DY= -0.0011 DH= 0.0010  |          |         |    |        |         |         |
| 19 | 158.6682                           | 240.4936 | 17.8417 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0032                             | -0.0004  | 0.0007  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0007 DY= -0.0029 DH= 0.0014  |          |         |    |        |         |         |
| 20 | 158.5385                           | 240.3730 | 17.8527 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0045                             | -0.0010  | 0.0007  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0007 DY= -0.0043 DH= 0.0016  |          |         |    |        |         |         |
| 21 | 157.9010                           | 241.0427 | 17.8566 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0090                             | -0.0033  | 0.0036  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0036 DY= -0.0094 DH= 0.0022  |          |         |    |        |         |         |
| 23 | 156.2268                           | 242.7858 | 17.8502 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | -0.0012                            | -0.0042  | 0.0032  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0032 DY= -0.0013 DH= -0.0042 |          |         |    |        |         |         |
| 26 | 157.9011                           | 241.0444 | 16.7426 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0071                             | -0.0026  | 0.0056  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0056 DY= -0.0073 DH= 0.0017  |          |         |    |        |         |         |
| 27 | 157.0684                           | 241.9141 | 16.7412 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0034                             | -0.0039  | 0.0052  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0052 DY= -0.0050 DH= -0.0014 |          |         |    |        |         |         |
| 28 | 156.2289                           | 242.7834 | 16.7438 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | -0.0021                            | -0.0056  | 0.0020  | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= 0.0020 DY= -0.0013 DH= -0.0050 |          |         |    |        |         |         |
| 30 | 157.9160                           | 241.0573 | 15.7141 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0240                             | 0.0113   | -0.0009 | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= -0.0009 DY= -0.0139 DH= 0.0226 |          |         |    |        |         |         |
| 31 | 157.0797                           | 241.9269 | 15.7091 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|    | 0.0177                             | 0.0099   | -0.0029 | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|    | 0.0100                             | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|    | MP = 0.017                         |          |         |    |        |         |         |
|    | DX= -0.0029 DY= -0.0095 DH= 0.0180 |          |         |    |        |         |         |
| 32 | 156.2393                           | 242.7995 | 15.7147 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |

|                                           |            |          |         |    |        |         |         |
|-------------------------------------------|------------|----------|---------|----|--------|---------|---------|
|                                           | 0.0123     | 0.0085   | -0.0023 | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|                                           | 0.0100     | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|                                           | MP = 0.017 |          |         |    |        |         |         |
| DX= -0.0023    DY= -0.0057    DH= 0.0137  |            |          |         |    |        |         |         |
| 5                                         | 159.6491   | 240.9041 | 18.6126 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|                                           | -0.0019    | -0.0039  | -0.0004 | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|                                           | 0.0100     | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|                                           | MP = 0.017 |          |         |    |        |         |         |
| DX= -0.0004    DY= -0.0006    DH= -0.0044 |            |          |         |    |        |         |         |
| 16                                        | 160.9005   | 242.1284 | 18.0174 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|                                           | -0.0155    | 0.0004   | -0.0056 | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|                                           | 0.0100     | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|                                           | MP = 0.017 |          |         |    |        |         |         |
| DX= -0.0056    DY= 0.0131    DH= -0.0002  |            |          |         |    |        |         |         |
| 17                                        | 159.6424   | 240.8993 | 17.8476 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|                                           | -0.0036    | -0.0057  | -0.0014 | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|                                           | 0.0100     | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|                                           | MP = 0.017 |          |         |    |        |         |         |
| DX= -0.0015    DY= -0.0001    DH= -0.0067 |            |          |         |    |        |         |         |
| 18                                        | 158.9325   | 240.2203 | 17.8514 | A= | 0.0100 | 0.0000  | 0.0000  |
|                                           | -0.0005    | -0.0027  | -0.0006 | B= | 0.0100 | 90.0000 | 0.0000  |
|                                           | 0.0100     | 0.0100   | 0.0100  | C= | 0.0100 | 0.0000  | 90.0000 |
|                                           | MP = 0.017 |          |         |    |        |         |         |
| DX= -0.0006    DY= -0.0011    DH= -0.0026 |            |          |         |    |        |         |         |

SONSTIGE PUNKTE (S1)  
\*\*\*\*\*

|    |          |          |         |
|----|----------|----------|---------|
| NR | U        | V        | W       |
| 3  | 157.6324 | 245.5287 | 17.8330 |

TRANSFORMIERTE SONSTIGE PUNKTE (==>S2)  
MIT MITTLEREN KOORDINATENFEHLERN  
\*\*\*\*\*

|    |            |          |         |            |        |             |
|----|------------|----------|---------|------------|--------|-------------|
| NR | X          | Y        | Z       | HALBACHSEN | RIWI   | HOEHWI      |
|    | MX         | MY       | MZ      |            |        | ( ALTGRAD ) |
| 3  | 157.6303   | 245.5305 | 17.8324 | A=         | 0.0100 | 0.0000      |
|    | 0.0100     | 0.0100   | 0.0100  | B=         | 0.0100 | 90.0000     |
|    | MP = 0.017 |          |         | C=         | 0.0100 | 0.0000      |
|    |            |          |         |            | 0.0000 | 90.0000     |

TRANSFORMATIONSPARAMETER            MIT MITTLEREN FEHLERN  
\*\*\*\*\*  
(AUF SCHWERPUNKT BEZOGEN)  
\*\*\*\*\*

|    |   |       |     |       |
|----|---|-------|-----|-------|
| X0 | : | 0.000 | +/- | 0.001 |
| Y0 | : | 0.000 | +/- | 0.001 |
| Z0 | : | 0.000 | +/- | 0.001 |



|          |   |                    |     |                   |
|----------|---|--------------------|-----|-------------------|
| EPSILON  | : | 359°49'52.040723'' | +/- | 0° 2'20.2809558'' |
| PSI      | : | 0° 6'19.827585''   | +/- | 0° 2'20.5865420'' |
| OMEGA    | : | 0° 6'44.047502''   | +/- | 0° 1'53.6029774'' |
| MASSSTAB | : | 0.997217802        | +/- | 0.000497774       |

VERBESSERUNGSQUADRATSUMME : 0.000272207

SIGMA A POSTERIORI : 0.001720109

M. KLAF. V.D. TRANSF.(PRO PKT): 0.190962E-01

M. KLAF. N.D. TRANSF.(PRO PKT): 0.010029660

ANZAHL DER DURCHLAUEFE : 2

DREHMATRIX :  
\*\*\*\*\*

|                  |                 |                  |
|------------------|-----------------|------------------|
| 0.9999963859234  | 0.0019534401929 | -0.0018472172443 |
| -0.0019588729954 | 0.9999937482545 | -0.0029438526616 |
| 0.0018414550558  | 0.0029474604863 | 0.9999939607417  |

TRANSLATIONSPARAMETER MIT MITTLEREN FEHLERN  
\*\*\*\*\*  
(AUF ABSOLUTE KOORDINATEN BEZOGEN)  
\*\*\*\*\*

|    |   |        |     |       |
|----|---|--------|-----|-------|
| X0 | : | 0.000  | +/- | 0.156 |
| Y0 | : | 1.047  | +/- | 0.148 |
| Z0 | : | -0.962 | +/- | 0.218 |

Cálculo do desvio padrão na Área 1

| Coordenadas topográficas |         |        | Coordenadas calculadas pelo AETRA |          |         | Diferenças (mm.) |        |        |
|--------------------------|---------|--------|-----------------------------------|----------|---------|------------------|--------|--------|
| X                        | Y       | Z      | X                                 | Y        | Z       | X                | Y      | Z      |
| 4 136,943                | 218,859 | 25,25  | 68 136,9955                       | 218,7887 | 25,1692 | -52,5            | 70,3   | 80,8   |
| 8 136,937                | 218,858 | 22,22  | 66 136,9846                       | 218,7937 | 22,1878 | -47,6            | 64,3   | 32,2   |
| 15 142,151               | 220,601 | 17,326 | 58 142,1774                       | 220,5412 | 17,3298 | -26,4            | 59,8   | -3,8   |
| 22 142,156               | 220,644 | 12,784 | 32 142,1824                       | 220,5824 | 12,8228 | -26,4            | 61,6   | -38,8  |
| 29 159,782               | 230,565 | 23,775 | 105 159,6093                      | 230,5446 | 23,7228 | 172,7            | 20,4   | 52,2   |
| 36 168,221               | 238,711 | 16,368 | 142 168,0624                      | 238,6174 | 16,3562 | 158,6            | 93,6   | 11,8   |
| 38 155,425               | 226,449 | 12,744 | 95 155,4221                       | 226,3037 | 12,7952 | 2,9              | 145,3  | -51,2  |
| 46 150,67                | 240,076 | 23,792 | 204 150,6693                      | 240,2821 | 23,7726 | 0,7              | -206,1 | 19,4   |
| 50 159,103               | 248,162 | 16,817 | 173 159,2913                      | 248,208  | 16,8156 | -188,3           | -46,0  | 1,4    |
| 58 146,329               | 235,903 | 12,655 | 231 146,2992                      | 236,1685 | 12,6738 | 29,8             | -265,5 | -18,8  |
| Media                    |         |        |                                   |          |         | 2,35             | -0,23  | 8,52   |
| Desvio                   |         |        |                                   |          |         | 104,19           | 134,09 | 40,245 |

Cálculo do desvio padrão na Área 2

| Coordenadas topográficas |         |        | Coordenadas calculas pelo AETRA |          |         | Diferenças (mm.) |        |        |
|--------------------------|---------|--------|---------------------------------|----------|---------|------------------|--------|--------|
| X                        | Y       | Z      | X                               | Y        | Z       | X                | Y      | Z      |
| 4 146,788                | 220,493 | 16,476 | 118 146,79                      | 220,4738 | 16,4871 | -2,0             | 19,2   | -11,1  |
| 8 144,345                | 222,88  | 16,565 | 24 144,3496                     | 222,8912 | 16,5662 | -4,6             | -11,2  | -1,2   |
| 12 148,47                | 224,442 | 13,963 | 185 148,456                     | 224,464  | 13,9715 | 14,0             | -22,0  | -8,5   |
| 13 149,608               | 223,236 | 14,104 | 170 149,6202                    | 223,2557 | 14,1129 | -12,2            | -19,7  | -8,9   |
| 16 145,875               | 219,629 | 15,617 | 108 145,867                     | 219,6136 | 15,624  | 8,0              | 15,4   | -7,0   |
| 17 143,842               | 220,091 | 15,666 | 5 143,8321                      | 220,0896 | 15,6721 | 9,9              | 1,4    | -6,1   |
| 18 143,524               | 222,084 | 15,686 | 14 143,5239                     | 222,0943 | 15,6902 | 0,1              | -10,3  | -4,2   |
| 19 146,081               | 224,566 | 16,749 | 33 146,093                      | 224,5712 | 16,7405 | -12,0            | -5,2   | 8,5    |
| 22 148,276               | 221,939 | 12,96  | 151 148,2784                    | 221,9398 | 12,9602 | -2,4             | -0,8   | -0,2   |
| 29 145,476               | 223,984 | 15,453 | 44 145,4812                     | 223,9907 | 15,4436 | -5,2             | -6,7   | 9,4    |
| Media                    |         |        |                                 |          |         | -0,64            | -3,99  | -2,93  |
| Desvio                   |         |        |                                 |          |         | 8,8489           | 13,436 | 7,1084 |

Cálculo do desvio padrão na Área 3

| Coordenadas topográficas |         |        | Coordenadas calculadas por Aetra |          |         | Diferenças (mm) |        |        |
|--------------------------|---------|--------|----------------------------------|----------|---------|-----------------|--------|--------|
| X                        | Y       | Z      | X                                | Y        | Z       | X               | Y      | Z      |
| 4 141,733                | 220,911 | 18,839 | 43 141,726                       | 220,9276 | 18,8433 | 7               | -16,6  | -4,3   |
| 10 144,004               | 222,774 | 17,746 | 5 144,0125                       | 222,787  | 17,7444 | -8,5            | -13    | 1,6    |
| 12 143,493               | 221,204 | 16,709 | 33 143,5008                      | 221,2076 | 16,7048 | -7,8            | -3,6   | 4,2    |
| 14 140,117               | 220,658 | 16,707 | 60 140,1081                      | 220,6661 | 16,7098 | 8,9             | -8,1   | -2,8   |
| 16 136,713               | 220,117 | 16,695 | 86 136,7041                      | 220,1171 | 16,692  | 8,9             | -0,1   | 3      |
| 24 138,479               | 220,399 | 15,747 | 78 138,4711                      | 220,3997 | 15,7442 | 7,9             | -0,7   | 2,8    |
| 30 138,929               | 223,842 | 18,825 | 174 138,932                      | 223,8296 | 18,8247 | -3              | 12,4   | 0,3    |
| 36 138,95                | 223,847 | 16,828 | 178 138,9553                     | 223,835  | 16,8287 | -5,3            | 12     | -0,7   |
| 38 141,922               | 224,298 | 16,809 | 207 141,9219                     | 224,2887 | 16,8132 | 0,1             | 9,3    | -4,2   |
| 43 140,449               | 224,067 | 15,734 | 200 140,4514                     | 224,0567 | 15,7364 | -2,4            | 10,3   | -2,4   |
| Media                    |         |        |                                  |          |         | 0,58            | 0,19   | -0,25  |
| Desvio                   |         |        |                                  |          |         | 7,0112          | 10,612 | 3,1042 |

Cálculo do desvio padrão na Área 4 - sector a

| Coordenadas topográficas |         |         |        | Coordenadas calculadas por Aetra |          |          | Diferenças (mm.) |       |        |        |
|--------------------------|---------|---------|--------|----------------------------------|----------|----------|------------------|-------|--------|--------|
|                          | X       | Y       | Z      |                                  | X        | Y        | Z                | X     | Y      | Z      |
| 4                        | 161,439 | 233,069 | 18,789 | 161                              | 161,437  | 233,0794 | 18,7902          | 2     | -10,4  | -1,2   |
| 7                        | 157,621 | 232,677 | 18,793 | 199                              | 157,6162 | 232,6771 | 18,7938          | 4,8   | -0,1   | -0,8   |
| 19                       | 163,415 | 235,28  | 17,818 | 155                              | 163,4137 | 235,278  | 17,817           | 1,3   | 2      | 1      |
| 28                       | 157,721 | 236,388 | 17,758 | 7                                | 157,717  | 236,3832 | 17,7591          | 4     | 4,8    | -1,1   |
| 31                       | 160,525 | 238,568 | 17,89  | 38                               | 160,5253 | 238,5674 | 17,8957          | -0,3  | 0,6    | -5,7   |
| 34                       | 160,046 | 241,229 | 17,846 | 66                               | 160,0461 | 241,2238 | 17,8491          | -0,1  | 5,2    | -3,1   |
| 37                       | 163,646 | 239,294 | 17,838 | 114                              | 163,6476 | 239,2842 | 17,838           | -1,6  | 9,8    | 0      |
| 38                       | 164,707 | 236,201 | 16,647 | 143                              | 164,7154 | 236,1999 | 16,6446          | -8,4  | 1,1    | 2,4    |
| 41                       | 160,392 | 232,051 | 16,643 | 170                              | 160,3921 | 232,0664 | 16,638           | -0,1  | -15,4  | 5      |
| 44                       | 157,62  | 232,67  | 16,925 | 204                              | 157,6158 | 232,6711 | 16,9248          | 4,2   | -1,1   | 0,2    |
| 55                       | 160,948 | 242,094 | 16,702 | 80                               | 160,9479 | 242,0923 | 16,6972          | 0,1   | 1,7    | 4,8    |
| 63                       | 160,045 | 241,229 | 15,708 | 74                               | 160,0398 | 241,2269 | 15,6985          | 5,2   | 2,1    | 9,5    |
| Media                    |         |         |        |                                  |          |          |                  | 0,925 | 0,025  | 0,9167 |
| Desvio                   |         |         |        |                                  |          |          |                  | 3,722 | 6,7791 | 4,0497 |



**Cálculo do desvio padrão na Área 4 - sector b**

| Coordenadas topográficas |         |        | Coordenadas calculadas pelo AETRA |          |         | Diferenças (mm.) |        |        |
|--------------------------|---------|--------|-----------------------------------|----------|---------|------------------|--------|--------|
| X                        | Y       | Z      | X                                 | Y        | Z       | X                | Y      | Z      |
| 3 160,288                | 242,775 | 18,801 | 29 160,2832                       | 242,77   | 18,7964 | 4,8              | 5,0    | 4,6    |
| 5 159,651                | 240,908 | 18,613 | 41 159,6491                       | 240,9039 | 18,6126 | 1,9              | 4,1    | 0,4    |
| 9 157,896                | 241,047 | 18,791 | 54 157,9044                       | 241,0438 | 18,7946 | -8,4             | 3,2    | -3,6   |
| 13 157,634               | 245,536 | 17,837 | 3 157,6383                        | 245,5305 | 17,8324 | -4,3             | 5,5    | 4,6    |
| 14 159,03                | 244,09  | 17,85  | 11 159,0292                       | 244,0833 | 17,8505 | 0,8              | 6,7    | -0,5   |
| 17 159,646               | 240,905 | 17,849 | 43 159,6423                       | 240,8992 | 17,8475 | 3,7              | 5,8    | 1,5    |
| 23 156,228               | 242,79  | 17,847 | 75 156,2263                       | 242,7856 | 17,8506 | 1,7              | 4,4    | -3,6   |
| 24 155,539               | 243,509 | 17,83  | 4 155,525                         | 243,5217 | 17,834  | 14,0             | -12,7  | -4,0   |
| 27 157,065               | 241,918 | 16,736 | 63 157,0683                       | 241,9141 | 16,7414 | -3,3             | 3,9    | -5,4   |
| 31 157,062               | 241,917 | 15,712 | 84 157,0812                       | 241,9282 | 15,7085 | -19,2            | -11,2  | 3,5    |
| Media                    |         |        |                                   |          |         | -0,83            | 1,47   | -0,25  |
| Desvio                   |         |        |                                   |          |         | 8,3759           | 6,7862 | 3,5733 |

**Cálculo do desvio padrão na Área 4 - sector c**

| Coordenadas topográficas |         |        | Coordenadas calculadas pelo AETRA |          |         | Diferenças (mm.) |        |        |
|--------------------------|---------|--------|-----------------------------------|----------|---------|------------------|--------|--------|
| X                        | Y       | Z      | X                                 | Y        | Z       | X                | Y      | Z      |
| 6 156,908                | 238,276 | 18,757 | 17 156,896                        | 238,2893 | 18,7531 | 12,0             | -13,3  | 3,9    |
| 8 154,408                | 238,956 | 18,798 | 12 154,3965                       | 238,9533 | 18,7962 | 11,5             | 2,7    | 1,8    |
| 10 153,875               | 242,27  | 18,801 | 6 153,8761                        | 242,2643 | 18,8078 | -1,1             | 5,7    | -6,8   |
| 12 157,036               | 241,895 | 17,851 | 32 157,038                        | 241,8946 | 17,8516 | -2,0             | 0,4    | -0,6   |
| 13 158,502               | 240,345 | 17,851 | 26 158,5109                       | 240,3468 | 17,8517 | -8,9             | -1,8   | -0,7   |
| 15 158,611               | 239,911 | 17,856 | 24 158,6184                       | 239,9135 | 17,8561 | -7,4             | -2,5   | -0,1   |
| 16 156,907               | 238,277 | 17,85  | 18 156,8959                       | 238,2866 | 17,8465 | 11,1             | -9,6   | 3,5    |
| 18 154,41                | 238,952 | 17,981 | 13 154,396                        | 238,945  | 17,9786 | 14,0             | 7      | 2,4    |
| 19 152,657               | 240,792 | 17,812 | 10 152,6524                       | 240,7953 | 17,8169 | 4,6              | -3,3   | -4,9   |
| 22 157,041               | 241,887 | 16,735 | 33 157,042                        | 241,8857 | 16,7343 | -1,0             | 1,3    | 0,7    |
| 28 153,84                | 242,234 | 16,649 | 1 153,848                         | 242,2244 | 16,6474 | -8,0             | 9,6    | 1,6    |
| 29 155,332               | 243,671 | 15,73  | 3 155,3358                        | 243,659  | 15,7242 | -3,8             | 12     | 5,8    |
| Media                    |         |        |                                   |          |         | 1,75             | 0,6833 | 0,55   |
| Desvio                   |         |        |                                   |          |         | 8,52             | 7,4505 | 3,5755 |

## GLOSSÁRIO

**Câmara estereométrica:** a combinação de duas câmaras montadas com os eixos óticos paralelos em uma curta , base rígida; usada em fotogrametria terrestre para a tomada fotográfica de pares. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).

**Câmara fotográfica:** A câmara ou caixa a prova de luz (Lightproof chamber) em que a imagem de um objeto do exterior é projetado em uma placa sensibilizada ou filme, através de uma abertura usualmente equipada com uma lente ou lentes, obturador, e abertura variável. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).

**Câmara métrica:** as câmaras métricas estão caracterizadas por uma estável, conhecida e repetível orientação interna. (*Faig W., 1989*).

**Câmara semi-métrica e não métrica:** são câmaras onde a orientação interior é parcialmente ou completamente desconhecida, respectivamente, e freqüentemente instável. (*Atkinson K., 1989*).

**Câmara simples:** estão compostas por duas partes principais: um suporte que pode ser orientado e montado num tripé e uma câmara métrica inclinável que pode ser separada para o transporte. Estas câmaras podem adaptar-se a teodolitos. (*Atkinson K., 1989*).

**Estação câmara:** o ponto no espaço é ocupado pela câmara fotográfica no momento da exposição; também é chamada estação de exposição. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).

**Estereoscopia:** A ciência e arte que dá com o uso da visão binocular para observação de um par de fotografias sobrepostas ou outra vista em perspectiva, e com os métodos pelos quais aquela visada é produzida. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).

**Orientação absoluta:** o escalado, nivelamento e orientação do controle terrestre (no instrumento fotogramétrico) de um modelo ou grupo de modelos estereoscópicos orientados relativamente. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).

**Orientação exterior:** a determinação (analiticamente ou em um instrumento fotogramétrico) da posição da estação da câmara e da altitude da câmara no instante da exposição. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).

**Orientação interior:** a determinação (analiticamente ou em um instrumento fotogramétrico) da perspectiva interior da fotografia como este foi no instante da exposição. Os elementos da orientação interior são a distância focal calibrada, a localização do ponto principal calibrado, e a distorção da lente calibrada. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).

**Orientação relativa:** a determinação (analiticamente ou em um instrumento fotogramétrico) da posição e altitude de uma fotografia ou de um par de fotografias sobrepostas em relação à outra fotografia. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).

**Resolução:** a mínima distância entre duas feições adjacentes, que podem ser detectadas por um sistema fotográfico ou um sistema radar. Na fotografia esta distância é geralmente expressa em linhas por milímetros registrados em um filme particular abaixo de condições específicas. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).

**Visão binocular:** visão simultânea com ambos olhos. (*American Society of Photogrammetry, 1966*).



## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALDSWORTH, F. *An integrated photogrammetry and CAD system applied to the restoration of a seventeenth century house*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (14. : 1991 : Delphi) Anais. Delphi, 1991.
- ALMAGRO, A. *La Alambra y la representación de su arquitectura*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (10. : 1987 : Granada) Anais. Granada, 1987.
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. *Definitions of surveying and associated terms*. USA: American Congress on Surveying and Mapping – American Society of Civil Engineers, ASCE – Manuals and Reports on Engineering Practice, nº 34, 1978.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of photogrammetry*. 3. ed. Wisconsin: George Banta Publishing Co., 1966.
- AMORIN, A. *A utilização de câmaras de pequeno formão no cadastro técnico urbano*. Florianópolis, 1993. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina.
- ANASTASIOU, A. ; GEORGOPOULOS, A. ; MAKRIS, G. ; CHATZIPARASSIDIS, N. *Documentation of frescoes and mosaics a complete approach*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- ANDRADE, J. *Fotogrametria*. Curitiba: Editor Jose Bittencourt de Andrade, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Execução de levantamento topográfico*, NBR 13.133. Rio de Janeiro, 1994.
- BANNISTER, A. ; RAYMOND, S. ; BAKER, R. *Surveying*. 6. ed. London: Longman Scientific & Technical, 1992.
- BÄHR, H. ; RENUNCIO, L. ; LANDES, S. ; LOCH, C. ; SIMON, L. ; BRAGA, I. *Documentation of brazilian historical towns high tech at low cost – keynote paper*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- BLACHUT, T. ; CHRZANOWSKI, A. ; SAASTAMOINEN, J. *Cartografía y levantamientos urbanos*. Canada: Springer-Verlag New York inc., 1979.
- BOEHLER, W. ; HEINZ, G. *Documentation, surveying, photogrammetry*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- BORGES, M. ; BORGES, P. *Aplicações práticas da fotogrametria arquitetural na documentação de edifícios e cidades históricas, para uso efetivo por arquitetos e planejadores urbanos, restauradores e historiadores*. In: CIPA

- INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- BOTTERI, P. ; FANGI, G. ; NARDINOCCHI, C. *The photogrammetric survey of the "res gestae" in Ankara*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- BRINKER, R. ; TAYLOR, W. *Topografia elemental*. México: Editorial Pax-México, 1961.
- CARBONELL, M. *Architectural Photogrammetry*. In: KARARA, H. *Non-topographic photogrammetry*. 2. ed. Falls Church: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1989.
- COELHO, A. H. ; LOCH, C. ; BÄHR, H. ; WEINDORF, M. *Estudos sobre a aplicação da fotogrametria digital de curta distância para documentação de equipamentos industriais*. Trabalho a ser publicado, Florianópolis, 2000.
- COOPER, M. ; ROBSON, S. *Theory of close range photogrammetry*. In: ATKINSON, K. *Close range photogrammetry and machine vision*. Scotland: Whittles Publishing, 1996.
- CHUVIECO, E. *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: Ediciones Rialp, 1985.
- DALLAS, R. *Architectural and archaeological photogrammetry*. In: ATKINSON, K. *Close range photogrammetry and machine vision*. Scotland: Whittles Publishing, 1996.
- \_\_\_\_\_. *A specification for the architectural photogrammetric survey of historic buildings and monuments*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (13. : 1990 : Cracow) Anais. Cracow, 1992.
- DA SILVA, L. ; GOMES, C. *Using terrestrial photogrammetrics for maintenance of historical monuments*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (13. : 1990 : Cracow) Anais. Cracow, 1992.
- DAVIS, R. ; KELLY, J. *Topografía elemental*. London: McGraw-Hill Book Company, 1981.
- DEQUAL, S. ; LINGUA, A. ; RINAUDO, F. *A new tool for architectural photogrammetry: the 3d navigator*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- DOCUMENTA FOTOGAMETRIA ARQUITECTURAL. *Technology*. URL: <http://www.asfound.com/technology.htm> , 26 de junho do 2000.
- \_\_\_\_\_. *Fotogrametria digital arquitetural e urbana*. Richmond: Documenta Fotogrametria Arquitectural, 1999.



DONEUS, M. *The theseus-Temple in Viena.*

URL: <http://www.univie.ac.at/luftbildarchiv/exhib/tempel/intro.htm> , 26 de junho do 2000.

DORFFNER, L. *Using photo-models as a basis for an interactive three-dimensional information system.* In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.

DOWMAN, I. *Fundamentals of digital photogrammetry.* In: ATKINSON, K. *Close range photogrammetry and machine vision.* Scotland: Whittles Publishing, 1996.

EOS SYSTEMS INC, *Photomodeler Pro* – user manual (version 3.0). 11. ed. Canada, 1997.

FANGI, G. ; NARDINOCCHI, C. *Experiences of laser autoscanning for architecture. The Domus Aurea in Rome and the San Giovanni's baptistery in Florence.* In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.

FANGI, G. *Note di fotogrammetria – corso di fotogrammetria com elementi di trattamento delle misure.* Ancona: CLUA Edizioni Ancona, 1997.

FIEDLER, T. ; KONSUO, Z. ; SEMAK, L. *Information system for old town Dubrownik.* In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (13. : 1990 : Cracow) Anais. Cracow, 1992.

FONDELLI, M. ; DI STEFANO, R. & A. ; GENOVESE, R. ; CABRUCCI, A. ; CAPANNI, G. ; FLAMIGNI, F. ; COPPOLA, A. *Rectified image measuring system by analysis of perspective for old centers restorations.* In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (14. : 1991 : Delphi) Anais. Delphi, 1991.

FRANCO, V. ; SCALETTA, G. ; VILLA, B. *Photogrammetric Survey of the Brancato bridge over San Leonardo river at Caccamo (Palermo, Italy).* In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (13. : 1990 : Cracow) Anais. Cracow, 1992.

FRYER, J. *Introduction.* In: ATKINSON, K. *Close range photogrammetry and machine vision.* Scotland: Whittles Publishing, 1996.

GARCIA-TEJERO, F. *Topografía general y aplicada.* 8. ed. Madrid: Editorial Dossat S.A., 1984

GEMAEL, C. *Introdução ao ajustamento de observações – aplicações geodésicas.* Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1994.



- GOMES, C. ; PRADO, W. ; ERWES H. ; KOATZ G. *Solar da imperatriz - o primeiro projeto fotogramétrico brasileiro utilizando as regras 3x3*. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. (19. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999. a
- \_\_\_\_\_. *Um projeto fotogramétrico no Brasil: a utilização do software PhotoModeler*. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. (19. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999. b
- GRUSSENMEYER, P. ; KOEHL, M. ; NOUR EL DIN, M. *3D geometric and semantic modelling in historic sites*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- GUZZETTI, F. ; MONTI, C. *The survey of the St. Aquilino's chapel in St. Lorenzo's*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (10. : 1987 : Granada) Anais. Granada, 1987.
- HANKE, K. *Accuracy Study Project of Eos Systems' PhotoModeler*. URL: <http://www.photomodeler.com/study/study3.htm> , 26 de junho do 2000.
- HASENACK, M. *Originais de levantamento topográfico cadastral: possibilidade de utilização como documento para registro público e para carta cadastral*. Florianópolis, 2000. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina.
- HECKMANN, H. ; OLIVEIRA, F. ; LOCH, C. *Photogrammetric experience exchange between Brazil and Germany*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- HEINE, E. *High precision building documentation: element definition and data structuring*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- HEMMLEB, M. *Digital rectification of historical images*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- HERBIG, U. ; GMEINHART, G. ; LANDERER, M. *Administration examples for the usage of cultural heritage recordings*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- HOLANDA, A. *Dicionário Aurélio eletrônico – versão 2.0*. Editora Nova Fronteira, 1996.
- IOANNADIS, C. ; POTSIU, C. *Detailed restitution and representation of seaward castle ad Chios*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.

- JACHIMSKI, J. ; BORÓN, A. *Reconstruction of historic painting contours on the vault in the St, John Baptist church in Jasov*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (13. : 1990 : Cracow) Anais. Cracow, 1992.
- JANSSON, P. ; MACIAS, G. ; MORANT, T. ; SAN JUÁN, A. *Photogrammetric survey of archaeological ceramics*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- JORDAN, W. *Tratado general de topografía*. 4º tirada Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1974.
- KISSAM, P. *Topografía para ingenieros*. Londres: Libros Mc. Graw-Hill (editado em espanhol), 1967.
- LANDES, S. *Design and implementation of a web-based 3D campus information system for the University of Karlsruhe*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TECNICO MULTIFINALITARIO (3. : 1998 : Florianópolis). Anais – COBRAC 98. Florianópolis: 1998.
- LETELLIER, R. *Virtual reality ..... a new tool for sustainable tourism and cultural heritage sites management*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- LIMA, J. *UFSC: sonho e realidade*. Florianópolis: Editora Universidade Federal de Santa Catarina, 1980.
- LOCH, C ; COELHO, A. H. ; ZANETTE, A. ; MARTINS, J. *Aplicações da fotogrametria à curta distância para restituição digital e modelagem em 3D de edificações e estruturas*. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. (19. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- LOCH, C. ; LAPOLLI, E. *Elementos básicos da fotogrametria e sua utilização prática*. 4. ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
- LOCH, C. ; CORDINI, J. *Topografia contemporânea - planimetria*. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- LOMBARDINI, G. *La photogrammétrie pour la consolidation d'un édifice monumental*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (10. : 1987 : Granada) Anais. Granada, 1987.
- MARTINEZ, J. *Potencialidades Del GIS 3D y los modelos urbanos interactivos*. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL. (3. : 1999 : Montevideo) Anais. Montevideo, 1999.
- MARTINS, J ; ZIMMERMANN, C. ; LOCH, C. *Calibração da câmara Pentax PAMS 645 utilizada em trabalhos de fotogrametria à curta distância*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TECNICO MULTIFINALITARIO (3. : 1998 : Florianópolis). Anais – COBRAC 98. Florianópolis: 1998.



- \_\_\_\_\_. *A fotogrametria terrestre no auxílio a projetos de recuperação do patrimônio histórico*. Florianópolis, 1997. Trabalho de conclusão do curso - Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MAUELSHAGEN, L. ; MUSTAPHA, S. ; STRACKENBROCK, B. VISSER, H. *Mapping damages of historic buildings*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (13. : 1990 : Cracow) Anais. Cracow, 1992.
- MELLO, E. ; FERRARI, F. *Câmaras de pequeno formato na avaliação de edificações*. Florianópolis, 1999. Trabalho de conclusão do curso - Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MINCHILLI, M. *The Otranto mosaic floor: ten years of photogrammetric survey*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (14. : 1991 : Delphi) Anais. Delphi, 1991.
- MONTI, C. ; GUERRA, F. ; BALLETTI, C. ; GALEAZZO, G. *The survey of the palazzo della ragione in Padova*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- MURARIU, E. ; PETRESCU, F. *Mural painting digital surveys*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- PEIPE, J. *High resolution digital cameras in architectural photogrammetry*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- PHILIPS, J. *Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TECNICO MULTIFINALITARIO (2. : 1996 : Florianópolis). 2º – COBRAC. Florianópolis: 1996.
- POMASKA, G. *First experiences with the new digital camera rollei D7 metric*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- POTSIU, C. ; IOANNIDIS, C. ; BADEKAS, J. *Documentation of castles in a special GIS*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (14. : 1991 : Delphi) Anais. Delphi, 1991.
- SCHUMACHER, D. *Metodologia de produção de mapas para o cadastro técnico multifinalitário a partir de câmaras de pequeno formato*. Florianópolis, 1995. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina.
- SCHWIDEFSKY, K. *Fotogrametria terrestre y aérea*. 3. ed. Barcelona: Editorial Labor SA, 1943.



- SENA, C. *Problems in the photogrammetric survey of big monumental complexes*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (10. : 1987 : Granada) Anais. Granada, 1987.
- SILVA, D. *Considerações práticas em fotogrametria a curta distância ao levantamento de um tanque e a questão da precisão e exatidão*. Curitiba, 1995. Dissertação (mestrado em Ciências Geodésicas), Universidade Federal do Paraná.
- SILVA, S. ; DALMOLIN, Q. *Levantamento fotogramétrico e integração de informações para monumentos arquitetônicos: estado da arte*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TECNICO MULTIFINALITARIO (3. : 1998 : Florianópolis). Anais – COBRAC 98. Florianópolis: 1998.
- SIMON, L. *Documentação e monitoriamento de sítios urbanos históricos com apoio do cadastro técnico multifinalitário e da fotogrametria digital*. Florianópolis, 2000. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina.
- STEPHANI, M. *Digital surface generation and visualization in archeology and architecture*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (13. : 1990 : Cracow) Anais. Cracow, 1992.
- TAVARES, P. ; FAGUNDES, P. *Fotogrametria*. São Paulo: SPC, 1991.
- WALDHÄUSL, P. *3 x 3 rules for simple photogrammetric documentation of architecture*. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. (14. : 1994 : São Paulo) Anais. Rio de Janeiro, 1994.
- WALDHÄUSL, P. ; PEIPE, J. *Control information in architectural photogrammetry*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (13. : 1990 : Cracow) Anais. Cracow, 1992.
- WESTPHAL, F. *A fotogrametria arquitetural digital como ferramenta ao planejamento urbano*. Florianópolis, 1999. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina.
- WIEDEMANN, A. ; DÖRING, M. ; HEMMLEB, M. *Geodetic and photogrammetric products just-in-time and at the site*. In: CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM. (17. : 1999 : Recife/Olinda) Anais. Recife/Olinda, 1999.
- WOLF, P. *Elements of photogrammetry*. New York: McGraw-Hill, 1974.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AGUILAR, F. *Lecciones de geodesia – teoría de los errores de observación y cálculos de compensación según el método de los cuadrados mínimos*. La Plata: Federación Universitaria, Centro de Estudiantes de Ingeniería, Serie A, nº 1, 1937.
- ALBERTZ, J. ; KREILING, W. *Photogrammetrisches taschenbuch - photogrammetric guide – guide photogrammétrique - manual fotogramétrico de bolsillo*. 2. ed. Karlsruhe: Herbert Wichmann Verlag GmbH, 1975.
- ANDRADE, J. ; OLIVAS, M. *Calibração de câmeras aerofotogramétricas*. Curitiba: Boletim da Universidade Federal do Paraná - Geodésia, nº 26, 1981.
- ANDRADE, J. *Refração fotogramétrica*. Curitiba: Boletim da Universidade Federal do Paraná - Geodésia, nº 24, 1980.
- ASÍN, F. *Geodesia y cartografía matemática*. 3. ed. Madrid: Editor Fernando Asín, 1990.
- ATKINSON, K. *Close range photogrammetry and machine vision*. Scotland: Whittles Publishing, 1996.
- \_\_\_\_\_. *Instrumentation for non-topographic photogrammetry*. In: KARARA, H. *Non-topographic photogrammetry*. 2. ed. Falls Church: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1989.
- BANNISTER, A. ; BAKER, R. *Solving problems in surveying*. 2. ed. London: Longman Scientific & Technical, 1994.
- BÄRH, H. *Procesamiento digital de imágenes – aplicaciones en fotogrametría y teledetección*. Eschborn: Editor Hans-Peter Bärh, 1985.
- BERLI, A. *Topografía*. Buenos Aires: El Ateneo, Tomo 1 e 2, 1990.
- CHELI, A. *I Seminario de fotogrametria aplicado a levantamientos arquitetónicos e arqueológicos*. Rio de Janeiro: IME, 1992.
- CIPA - INTERNATIONAL COMMITTEE FOR DOCUMENTATION AND ARCHITETURAL PHOTOGRAMMETRY.  
URL: <http://cipa.uibk.ac.at/framework.html> , 26 de Junho do 2000.
- CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (17. : 1999 : Recife/Olinda). *Mapping and preservation for the new millenium – Brazil 500 years*. Recife/Olinda: Editor Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, 1999.
- CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (14. : 1991 : Grecia). *Architectural photogrammetry & information systems*. Grecia: Editors J. Badekas ; A. Georgopoulos ; Laboratory of Photogrammetry N.T.U.A., 1991.



- CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (13. : 1990 : Cracow). *Numerical photogrammetry, remote sensing and spatial information systems applied to restoration of architectural and urban heritage and to archeology*. Cracow: Editor Józef Jachimski, 1992.
- CIPA INTERNACIONAL SYMPOSIUM (10. : 1987 : Granada). *Fotogrametría y representación de la arquitectura*. Granada: Editor Antonio Almagro, 1988.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TECNICO MULTIFINALITARIO (3. : 1998 : Florianópolis). *Anais – COBRAC 98*. Florianópolis: 1998.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TECNICO MULTIFINALITARIO (2. : 1996 : Florianópolis). *Anais – 2º COBRAC*. Florianópolis: 1996.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TECNICO MULTIFINALITARIO (1. : 1994 : Florianópolis). *Anais – 1º COBRAC*. Florianópolis: 1994.
- CORDINI, J. *Determinação do erro cíclico em distanciômetros eletrônicos*. Curitiba, 1991. Dissertação (mestrado em Ciências Geodésicas), Universidade Federal do Paraná.
- EBNER, H. ; FRITSCH, C. ; HEIPKE, C. *Digital photogrammetric systems*. Karlsruhe: Herbert Wichmann Verlag GmbH, 1991.
- FAIG, W. *Non-metric and semi-metric cameras: data reduction*. In: KARARA, H. *Non-topographic photogrammetry*. 2. ed. Falls Church: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1989.
- ICOMOS - INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES.  
URL: <http://www.international.icomos.org/about.htm> , 26 de Junho do 2000.
- IPHAN - INSTITUTO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTISTICO NACIONAL.  
URL: <http://www.iphan.gov.br/iphan/iphan.htm> , 26 de Junho do 2000.
- ISPRS - INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING.  
URL: <http://www.isprs.org/society/objectives.html> , 26 de Junho do 2000.
- KARARA, H. *Non-topographic photogrammetry*. 2. ed. Falls Church: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1989.
- REVISTA DO ICOMOS-BRASIL. *Aspectos urbanos, históricos e legais da preservação no Brasil*. São Paulo: ICOMOS/BR, 1998.
- SIMON, L. ; LOCH, C. *Documentação e monitoramento de sítios urbanos históricos com apoio do cadastro técnico multifinalitário e fotogrametria digital – estudo de caso: centro histórico de Laguna*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TECNICO MULTIFINALITARIO (2. : 1996 : Florianópolis). *Anais – 2º COBRAC*. Florianópolis: 1996.



UFSC. *Universidade Federal de Santa Catarina – 30 anos de história*. Florianópolis:  
Editora Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.