

Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA
Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INCRA

NORMAS TÉCNICAS PARA LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS

**Superintendência Nacional do Desenvolvimento Agrário - SD
Coordenação Geral Técnica - SDT
Divisão de Obtenção e Destinação - SDTO**

Julho 2001

Sumário

Título	Página	
Sumário	02	
Apresentação	05	
Objetivos	06	
Considerações Gerais	07	
O Sistema Cartográfico Nacional	07	
Capítulo 1 Padrões de Acurácia	09	
1.1	Classificação quanto a finalidade	09
1.2	Classificação quanto a acurácia	11
1.2.1	Procedimento de classificação de desenvolvimentos poligonais	12
Capítulo 2 Técnicas de Levantamento e Processamento	14	
2.1 Levantamentos de controle por técnicas convencionais	14	
2.1.1	Desenvolvimentos poligonais	16
2.1.1.1	Descrição e especificações	17
2.1.1.1.1	Poligonais geodésicas de precisão – Controle Básico	18
2.1.1.1.2	Poligonais geodésicas de Apoio à Demarcação - Controle Imediato	19
2.1.1.1.3	Poligonais para fins topográficos - Demarcação	19
2.2 Determinações altimétricas	21	
2.1.1	Nivelamento trigonométrico	21
2.2.2	Nivelamento geométrico (diferencial)	22
2.2.3	Nivelamento diferencial com o GPS	23
2.3 Levantamentos de controle com o GPS	24	
2.3.1	Posicionamento isolado ou absoluto	25
2.3.2	Posicionamento relativo ou diferencial	26
2.3.2.1	Posicionamento diferencial estático	26
2.3.2.2	Posicionamento diferencial dinâmico rápido estático	29
2.3.2.3	Posicionamento diferencial pseudo-cinemático	29
2.3.2.4	Posicionamento diferencial cinemático	29
2.4 Levantamentos cadastrais com o GPS	31	
2.4.1	Descrição e especificações para as técnicas da Tabela 11	32
2.4.1.1	Levantamentos utilizando a taqueometria	32
2.4.1.2	Levantamentos eletrônicos	34
2.4.1.3	GPS1	35
2.4.1.4	GPS2	36
2.4.1.5	GPS3	37
2.4.1.6	GPS4	38
2.4.2	Monumentação dos pontos levantados	41
2.4.2.1	Identificação dos marcos	41

2.5 Caracterização dos imóveis : peças técnicas	43
2.5.1 Representações gráficas – Peças Técnicas	43
2.5.1.1 – PT1- Planta Cadastral	44
2.5.1.2 – PT2- Planta Geral do Imóvel	45
2.5.1.3 – PT3- Planta Individual	45
2.5.1.4 – PT4- Memorial Descritivo	46
2.5.1.5 – PT5-Projeto de Parcelamento	46
2.5.1.6 – PT6-Mapa de Uso	46
2.5.1.7 - PT7-Planta Geral da Gleba	47

Anexos

Anexo I	– O Sistema UTM	48
Anexo II	– Descrição dos Sistemas de Referência	54
Anexo III	– Descrição da Estação Poligonal	57
Anexo IV	– Formulário de Poligonal Taqueométrica	58
Anexo V	– Placa de identificação do marco	59
Anexo VI	– Descrição da Referência de Nível	60
Anexo VII	- Formulário de Nivelamento Geométrico	61
Anexo VIII	- Memorial Descritivo (com folha de Cálculo Analítico)	62
Anexo IX	- Planta Individual	64
Anexo X	- Projeto de Parcelamento	65
Anexo XI	- Mapa de Uso	66
Anexo XII	– Planta Geral do Imóvel	67
Anexo XIII	- Planta Geral da Gleba	67
Anexo XIV	- Planta Cadastral	68
Anexo XV	- Modelo de Marco de Concreto (orientação)	69
Anexo XVI	– Modelo de Marco de Concreto (canto de parcela)	70

Lista de tabelas

Tabela 1 - Classes de acordo com a acurácia planimétrica após ajustamento	11
Tabela 2 - Classes de acordo com a acurácia altimétrica	12
Tabela 3 - Classificação dos teodolios de acordo com sua precisão angular (ABNT-NBR-13.133/DIN 18.723)	14
Tabela 4 - Classificação dos níveis (ABNT-NBR-13.133)	15
Tabela 5 - Classificação medidores eletrônicos de distância – MEDs (ABNT-NBR-13.133).	15
Tabela 6- Classificação estações totais conforme precisão interna (ABNT-NBR-13.133).	15
Tabela 7 – Poligonais geodésicas de precisão (Controle Básico).....	18
Tabela 8 - Poligonais Geodésicas de Apoio à Demarcação (Controle Imediato).....	19
Tabela 9 - Poligonais para Fins Topográficos (Demarcação).	20
Tabela 10 – Relação entre tempo de ocupação e distância entre estações para levantamentos de controle	27
Tabela 11 - Recomendações de Técnicas por Ativ. no levantamento cadastral	31
Tabela 12 - Distâncias máximas para irradiações taqueométricas	33
Tabela 13 – Distribuição de Peças Técnicas por Atividade	44
Tabela 14 – Divisão das Zonas em Intervalos	50
Tabela 15 – Tabela de Fusos para o Brasil	51

Apresentação

A presente Norma tem o propósito de substituir as instruções contidas no capítulo 3 (Método Topográfico) do Manual Técnico de Cartografia Fundiária, aprovado pela Portaria MIRAD N.º 547, de 26 de Abril de 1988.

Foram incluídos nas presentes instruções alguns tópicos não abrangidos naquela versão, fruto dos desenvolvimentos tecnológicos ocorridos desde a edição anterior e da utilização disseminada dos SIG – Sistema de Informações Geográficas, na moderna gestão de recursos da Terra.

Fundamentalmente as modificações incluídas dizem respeito às novas ferramentas de georeferenciamento de feições naturais e culturais com respectivos atributos e à capacidade de integração destas aos SIGs.

Particularmente com respeito aos sistemas de posicionamento e navegação através de satélites artificiais, um salto gigantesco foi dado com a introdução do NAVSTAR-GPS. No âmbito da presente Norma, foi abrangida a maioria das técnicas existentes apoiadas no NAVSTAR-GPS, sem perder de vista a possibilidade de utilização de técnicas clássicas de levantamento topográfico e cadastral.

Objetivos

Estabelecer os preceitos gerais e específicos aplicáveis aos serviços cartográficos, direta, ou indiretamente, relacionados com as atividades de natureza fundiária objetivando a caracterização e georeferenciamento de imóveis rurais, pelo levantamento e materialização de seus limites, feições e atributos associados.

Proporcionar aos órgãos que atuam nos níveis Federal, Estadual e Municipal, padrões claros de acurácia para execução dos levantamentos topográficos voltados para a área fundiária.

Assegurar a homogeneidade e a sistematização das operações geodésicas, topográficas e cadastrais bem como as representações cartográficas decorrentes desta atividade.

Adotar uma linguagem cartográfica única, em todos os trabalhos de natureza fundiária, com vistas ao Planejamento Fundiário e Agrário, no País inserindo-o no Sistema Cartográfico Nacional.

Adicionalmente a presente norma se constituirá numa importante referência aos profissionais encarregados da elaboração, avaliação e acompanhamento de contratos, tendo em mente entretanto que as recomendações apresentadas não contemplam todas as possibilidades de combinação entre técnicas.

Divide-se em dois capítulos:

Capítulo 1 - Padrões de Acurácia

Padrões de acurácia são independentes das técnicas utilizadas no levantamento uma vez que estes podem ser alcançados de formas distintas, desde que utilizados níveis adequados de precisão por ocasião dos levantamentos.

Capítulo 2 - Técnicas de Levantamento e Processamento

As técnicas de levantamento apresentadas, ainda que não pretendam esgotar as opções possíveis, devem ser observadas como uma ferramenta para a atingir a precisão necessária ao alcance dos padrões de acurácia estabelecidos no Capítulo I.

A técnica mais adequada ao levantamento é uma escolha essencialmente profissional, na qual o encarregado pelo planejamento e execução deve ajustar as variáveis eficiência e economia.

Considerações Gerais

O Sistema Cartográfico Nacional

Sistema Cartográfico Nacional adota, para a Cartografia Sistemática Terrestre Básica, nas escalas de 1 : 250.000 e maiores, a projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), cujas características principais são apresentadas no ANEXO I (pag. 48).

O Referencial Planimétrico (datum horizontal), em vigor no País, corresponde ao Sistema Geodésico Sul-americano - SAD 69 (South American Datum, 1969).

As altitudes fundamentais são referenciadas ao zero do marégrafo de Imbituba, SC; O Referencial Altimétrico coincide com o nível médios dos mares no Porto Henrique Lage, na Baía de Imbituba, SC (datum vertical).

Toda a infra-estrutura cartográfica básica, indispensável aos trabalhos de natureza fundiária, deverá ser obtida de dados fundamentais do Sistema Cartográfico Nacional e seus desdobramentos, oriundos de:

- a) cadeias geodésicas de triangulação de 1a. ordem;
- b) redes geodésicas fundamentais e/ou secundárias;
- c) poligonais geodésicas de alta precisão e/ou secundárias;
- d) redes geodésicas estaduais estabelecidas a partir do rastreamento de sinais de satélites de posicionamento;
- e) estações receptoras de sinais de satélites do GPS, da RBMC/IBGE;
- f) estações receptoras de sinais de satélites do GPS, da Rede INCRA de Bases Comunitárias do GPS- RIBaC
- g) linhas de nivelamento geométrico e/ou redes trigonométricas, quando necessárias ao apoio vertical;
- h) folhas de cartas gerais em escala topográfica que compõem os produtos finais do Sistema.

A inexistência de infra-estrutura cartográfica e geodésica na região dos trabalhos, implicará na determinação de coordenadas, altitudes e azimutes preferencialmente por rastreamento de satélites geodésicos com as convenientes técnicas de processamento e redução ao geóide, de modo a atender as necessidades de apoio geodésico do projeto. Nestes casos é indispensável que as estações de referência estejam situadas em pontos da cadeia fundamental do **Sistema Geodésico Brasileiro - SGB**, ou rede de pontos de ordem compatível, cujas coordenadas e altitudes hajam sido preferencialmente fornecidas pelo IBGE. Em qualquer caso, as coordenadas utilizadas como referência deverão ter seus respectivos indicadores de acurácia fornecidos pela entidade provedora das mesmas, resultado de um ajustamento pelo método dos Mínimos Quadrados - MMQ.

Observar-se-ão, no que for aplicável para fins destas Normas os seguintes documentos:

“Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos”, aprovadas pela Resolução PR n.o) 22, de 21.07.83, do Presidente do I B G E, e homologadas pela Resolução COCAR 02/83, de 14.07.83, publicada no D.O. de 27.07.83.

“Parâmetros para Transformação entre Sistemas Geodésicos”, aprovadas pela Resolução N.º 23 de 21 de fevereiro de 1989 do Presidente do I B G E, e que altera os

parâmetros de transformação definidos no Apêndice II da R. PR-22 de 21-07-83 em seus itens 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6.

“Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS: Versão Preliminar”, aprovadas pela Resolução N.º 05 de 31 de março de 1993 da Presidência do IBGE, e que passaram a complementar o capítulo II das Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos da R. PR-22 de 21-07-83.

“Padronização de Marcos Geodésicos: Instrução Técnica”, aprovadas através da Norma de Serviço N.º 29 do Diretor de Geociências do IBGE.

Norma ABNT NBR 13.133 – “Execução de levantamento topográfico”, de 30-06-94

Norma ABNT NBR 14.166 - “Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento”, aprovado pela Lei 14.166, de agosto de 1998.

Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, estabelecidas pelo Decreto Nº 89.817 de 20 de junho de 1984, publicado no D.O. de 22 de junho de 1984 e alterações subsequentes.

Capítulo 1 Padrões de Acurácia

Classificação quanto a finalidade

Considerações

Por técnicas convencionais entende-se, para fins da presente Norma, aquelas que se utilizam de medições angulares, lineares e de desníveis através de, respectivamente, teodolitos, medidores eletrônicos de distâncias e níveis em suas diversas combinações e cálculos decorrentes.

Ainda que as técnicas convencionais sejam denominadas genericamente de topográficas, esta classificação não deve ensejar ambiguidade com respeito à finalidade. No âmbito desta Norma, levantamentos topográficos serão entendidos como os que se destinam ao levantamento da superfície topográfica, seus acidentes naturais, culturais e a configuração do terreno. Não se justifica portanto a contraposição entre levantamento topográfico e geodésico, visto terem estas finalidades distintas. Nestes, cálculos adicionais são efetuadas sobre as observações e objetivam fornecer o arcabouço de pontos com coordenadas e altitudes destinadas à utilização em outros levantamentos de ordem inferior.

É usual ainda referir-se a levantamento topográfico àqueles que são efetuados tomando como referência um plano topográfico local em contraposição aos levantamentos geodésicos.

Com o advento e a popularização dos levantamentos com o uso de satélites artificiais esta distinção perde sentido. Uma vez que os resultados obtidos por essa tecnologia estarão situados no domínio da geodésia, isto significa que, implicitamente, as coordenadas assim obtidas já foram submetidas às reduções ao elipsóide, sejam expressas em coordenadas cartesianas, geográficas ou de alguma projeção cartográfica.

A utilização do plano topográfico local como referência é utilizada nos casos de áreas pequenas e projetos específicos onde não se justifiquem as reduções ao elipsóide.

Deve se ter vista ainda o fato de que a realidade dos levantamentos cadastrais usa-se na descrição dos elementos descritores de glebas ou imóveis individuais definições que, em razão da natureza *esferoidal* da superfície física terrestre, podem causar desconforto àqueles familiarizados com os meandros dos levantamentos de grandes áreas. Nestes casos expressões como "linha reta com azimute verdadeiro constante" devem ser consideradas sob o ponto de vista geodésico com as devidas precauções.

Nestas Normas, a despeito da técnica utilizada para a obtenção das coordenadas e altitudes, os levantamentos são classificados em:

de controle; fornecem arcabouço de pontos diversos com coordenadas e altitudes, destinadas à utilização em outros levantamentos de ordem inferior. São obrigatoriamente submetidos às reduções geodésicas e tem seus níveis de acurácia definidos na Tabela 1 (pag 11).

cadastrais; destinado ao levantamento, detalhamento e avaliação de áreas rurais ou urbanas, enfatizando a quantificação da ocupação humana e suas intervenções. Em situações excepcionais e localizadas podem utilizar o plano topográfico como referência,

através da integração com levantamentos de controle. Tendo em vista a finalidade destas Normas, serão enfatizadas os levantamento cadastrais em áreas rurais com os níveis de acurácia definidos na Tabela 1 (pag 11).

para fins de engenharia; empregado na locação, instalação e construção de obras civis de engenharia e serviço de parcelamento de imóveis etc. São admitidas reduções ao plano topográfico, ainda que dependentes do grau de acurácia exigido. Em serviços de engenharia de pequenas dimensões, normalmente o plano topográfico é empregado. Nestas Normas serão enfocados os aspectos de locação de imóveis rurais e instalações ligadas a esta atividade.

topográficos; destinados ao levantamento da superfície topográfica, seus acidentes naturais, culturais e a configuração do terreno. A localização das feições é efetuada através da planimetria, enquanto que a configuração propriamente dita do terreno é objeto da topografia ou hipsografia. Serão objeto destas Normas, levantamentos de caráter temático e de caracterização hipsométrica, necessários às etapas de avaliação, planejamento e elaboração de projetos.

A classificação quanto a finalidade pode, em alguns casos, ter níveis de acurácia diferenciados, de modo que, para uma mesma finalidade, verificam-se graus de exigência diferentes em função da aplicação. Na Tabela 11 (pag 31) – Recomendações de Técnicas por Atividades nos Levantamentos, estão estabelecidas de forma hierárquica, as técnicas mais recomendadas para o levantamento topográfico a ser executado, em função da atividade. Desta forma pretende-se que essa decisão seja condicionada pela capacidade operacional do executor do levantamento, levando em conta a eficiência e a capacidade de atingir a acurácia estabelecida.

Classificação quanto a acurácia:

Considerações

Para efeito desta Norma, a acurácia de um levantamento é entendida como o “Grau de aproximação de uma grandeza de seu valor verdadeiro”. O conceito portanto envolve, implicitamente, a interferência de erros grosseiros e sistemáticos no processo de redução e processamento dos levantamentos. O conceito está ainda associado à idéia de aferição de um instrumento ou sistema, de modo a eliminar possíveis efeitos sistemáticos nas medidas.

Ainda que por vezes empregado indistintamente para quantificar o grau de confiabilidade de uma grandeza, o conceito de acurácia não deve ser confundido com o de precisão. A precisão de uma dada grandeza retrata o “nível de aderência entre os valores observados, sua repetibilidade ou grau de dispersão”.

O resultado do processamento e ajustamento dos levantamentos deverão satisfazer aos requisitos mínimos de cada classe e serão classificados a partir dos indicadores estatísticos de sua confiabilidade tais como **elipses de erro, desvio padrão, variância, 2DRMS, CEP** etc. Tanto quanto possível, todo e qualquer levantamento deverá ser submetido a um ajustamento por mínimos quadrados de modo a possibilitar a avaliação de sua consistência interna e nível de acurácia.

As **Tabelas 1 e 2** (pag 11 e 12) fornecem valores limites de classes (P1 – P6 e A1 – A3) de acordo com níveis de acurácia. Pretende-se que os levantamentos possam ser classificados de acordo com os respectivos níveis de consistência interna.

Tabela 1 - Classes de acordo com a acurácia planimétrica (“P”) após ajustamento

1 Classe	2 fp (1σ)	3 C (mm)	4 Acurácia (95%)	5 Finalidade
P1	2	10	+/- 45 mm	Controle A ^z , Engenharia, altimetria
P2	10	20	+/- 200 mm	Controle B ^z ,
P3	20	20	+/- 500 mm⊗	Cadastrais A ^z Topografia
P4	40	20	+/- 1000 mm⊗	Cadastrais B ^z , Hidrografia
P5	100	-	+/- 5 m	Navegação diferencial
P6	-	-	+/- 22 m	Navegação e posicionamento isolado

⊗ Valores esperados a partir da desativação da Disponibilidade Seletiva (SA) no GPS, acontecida desde 01/05/2000.

Os valores de **fp** – fator de **p**ropagação, foram adaptados de IBGE (1998, p. 30) é de resultados empíricos.

Tabela 2 - Classes de acordo com a acurácia altimétrica "A"

1 Classe	2 Dif./D (mm/km)	3 Acurácia após ajustamento (95%)	4 Finalidade
A1	5	+/- 12mm \sqrt{D}	Controle A ^z , Engenharia
A2	10	+/- 18mm \sqrt{D}	Controle B ^z ,
A3	20	+/- 0,2 m/estação	Cadastrais ^z Topografia

Dif. = Diferença expressa em milímetros
D = Distância acumulada em quilômetros.

1.1.1 Procedimento de classificação de desenvolvimentos poligonais.

Os valores de **fp** (coluna 2, Tabela 11 pag 31) poderão ser utilizados nos casos de fechamento de poligonais entre pontos de ordem superior para verificação de discrepância bidimensional (2D). A comparação deverá ser procedida como se segue:

$$dp = +/- \sqrt{dE^2 + dN^2} \text{ em mm}$$

$$cd = \sum_{i=1}^n l_i \text{ onde } l_i \text{ são os comprimentos dos lados do polígono levantado,}$$

$$de = (fp \times cd + C) \text{ em mm.}$$

onde:

dE é a discrepância entre coordenadas planas UTM ESTE calculadas e conhecidas
dN é a discrepância entre coordenadas planas UTM NORTE calculadas e conhecidas
de é a discrepância esperada
dp é a discrepância planimétrica observada
cd é o comprimento do desenvolvimento poligonal
fp é o fator de propagação correspondente à classe esperada (Tabela 1, coluna 2)
C é a constante aditiva de propagação.

A seqüência de verificação deverá ser a seguinte:

1. Os valores de **dp** deverão ser comparados com o parâmetro **de** correspondente à classe esperada do levantamento.
2. Caso o valor de **dp** seja superior a **de** deverá ser feita nova verificação para a classe imediatamente inferior até que se verifique a condição **dp < de**. A classe correspondente ao **fp** utilizado do cálculo do **de** será atribuída ao levantamento.

Os valores da coluna 3 (**Acurácia (95%)**) aplicam-se nos casos de ajustamento por mínimos quadrados, utilizando o critério de injunções mínimas. Nestes, os semi-eixos maiores das elipses de erro (**sm**) no nível de significância de 95% serão tomados como referência para a classificação na respectiva classe, obedecendo a condição **sm < de**, com a seguinte seqüência de verificação.

1. Proceder ao ajustamento das observações utilizando injunções mínimas para a determinação das elipses de erro

2. Obter do relatório de ajustamento os valores dos semi-eixos maiores das elipses de erro com nível de significância de 95% (***sm***)
3. Comparar com os valores de ***sm*** e ***de*** verificando a condição ***sm < de***.

Capítulo 2 Técnicas de Levantamento e Processamento

2.1 Levantamentos de controle por técnicas convencionais

Considerações:

Os levantamentos de controle com técnicas convencionais são definidos, para fins destas Normas, como aqueles que se utilizam de medições angulares, lineares e de desníveis através de, respectivamente, teodolitos, medidores eletrônicos de distâncias e níveis em suas diversas combinações e cálculos decorrentes e destinam-se a fornecer arcabouço de pontos diversos com coordenadas e altitudes para a utilização em outros levantamentos de ordem inferior.

A classificação dos equipamentos convencionais de acordo com suas precisões é apresentada a seguir:

TEODOLITOS

Os teodolitos são classificados de acordo com o desvio padrão de uma direção observada em duas posições da luneta (CE/CD). O valor da precisão interna de cada modelo é normalmente definido pelo fabricante. Não havendo indicação deste, a precisão angular poderá ser aferida por entidade oficial habilitada a partir de testes efetuados em campo de prova ou laboratório de aferição.

Tabela 3 - Classificação dos teodolios de acordo com sua precisão angular (ABNT-NBR-13.133/DIN 18.723).

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

NÍVEIS

Os níveis são classificados de acordo o desvio padrão correspondente a 1 km de duplo nivelamento e tem sua precisão indicada pelo fabricante. Devem ser aferidos periodicamente para correção de erros sistemáticos.

Tabela 4 - Classificação dos níveis (ABNT-NBR-13.133).

Classe de níveis	Desvio-padrão
1 – precisão baixa	$> \pm 10 \text{ mm / km}$
2 – precisão média	$\leq \pm 10 \text{ mm / km}$
3 – precisão alta	$\leq \pm 03 \text{ mm / km}$
4 – precisão muito alta	$\leq \pm 01 \text{ mm / km}$

MEDs – Medidores Eletrônicos de Distância

Os medidores eletrônicos de distância classificam-se de acordo com o desvio padrão segundo a **Tabela 5**.

Tabela 5 - Classificação dos medidores eletrônicos de distância – MEDs (ABNT-NBR-13.133).

Classe de MEDs	Desvio-padrão
1 – precisão baixa	$\pm (10 \text{ mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$
2 – precisão média	$\pm (5 \text{ mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$
3 – precisão alta	$\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D)$

Onde:

D = Distância medida em km

ppm = parte por milhão

ESTAÇÕES TOTAIS

As estações totais são medidores eletrônicos de ângulos e distâncias, tem sua classificação definida de acordo com a **Tabela 6**.

Tabela 6 - Classificação das estações totais de acordo com a precisão interna (ABNT-NBR-13.133).

Classes 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	$\leq \pm 02''$	$\pm (3 \text{ mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$

Os levantamentos de controle são obrigatoriamente submetidos às reduções geodésicas e tem seus níveis de acurácia definidos nas **Tabelas 1 e 2** (pag 11 e 12).

O procedimento de classificação de desenvolvimentos poligonais,(1.2.1), apresenta o roteiro para classificação dos levantamentos de acordo com as discrepâncias de fechamento em pontos de coordenadas conhecidas.

Como norma geral, todos os levantamentos deverão partir e chegar a ponto de acurácia superior às suas determinações finais. Quando não existir na área de trabalho apoio geodésico de ordem superior ao levantamento pretendido, estas deverão ser transportadas para a área por métodos geodésicos convencionais ou por rastreamento de satélites de posicionamento.

2.1.1 Desenvolvimentos poligonais

Os desenvolvimentos poligonais através de técnicas convencionais, deverão obedecer às fases:

1. Planejamento, seleção de equipamentos e métodos;
2. Estabelecimento de pontos de controle/apoio;
3. Levantamento de detalhes;
4. Cálculos e ajustes;
5. Geração de original topográfico;
6. Desenho topográfico final;
7. Relatório técnico.

Nestas Normas os desenvolvimentos poligonais através de técnicas convencionais dividem-se em:

- **POLIGONAIS GEODÉSICAS DE PRECISÃO**
(CONTROLE BÁSICO).
- **POLIGONAIS GEODÉSICAS DE APOIO À DEMARCAÇÃO**
(CONTROLE IMEDIATO).
- **POLIGONAIS DE DEMARCAÇÃO**
(ÂMBITO LOCAL).

As poligonais deverão desenvolver-se linearmente, sem mudanças substanciais de sentido, com deflexão entre 120° e 240°, tendo em vista minimizar os erros de orientação, comuns às poligonais.

O controle azimutal deverá ser rigorosamente observado. Nas medições angulares, metade das observações serão efetuadas no ângulo interno e metade no ângulo externo, com discrepâncias máximas de $360^\circ \pm 4''$, $360^\circ \pm 5''$ respectivamente para poligonais de precisão (CONTROLE BÁSICO) e apoio à demarcação (CONTROLE IMEDIATO).

O desenvolvimento do traçado das poligonais deverá ser tal que permita a distribuição de pontos de apoio em número e localização necessários às etapas posteriores de demarcação e levantamento de detalhes, resguardadas as distâncias máximas para as mesmas.

As estações poligonais de apoio (controle) deverão ser implantados em locais seguros, monumentados por marcos de concreto com respectiva monografia descritiva do acesso e condições para localização posterior dos mesmos.

Nos desenvolvimentos poligonais os pontos de partida e chegada deverão ser distintos, qualquer que seja a técnica de levantamento utilizada. Sob nenhuma hipótese será admitido o fechamento de desenvolvimentos poligonais em torno de um mesmo ponto.

A avaliação qualitativa das poligonais será feita preferencialmente através da análise das elipses de erro das estações, resultado do ajustamento por mínimos quadrados, adotado o critério de injunções mínimas.

Todas as estações de poligonais de apoio (controle) terão suas características e itinerários descritos conforme modelo do ANEXO III – DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÃO POLIGONAL.

2.1.1.1 Descrição e especificações

2.1.1.1.1 Poligonais Geodésicas de Precisão (CONTROLE BÁSICO).

Finalidade: Transporte de pontos de controle planimétrico a partir de vértices ou estações da rede fundamental brasileira como definida pelo IBGE (BS 1.602-IBGE, p. 8-9). ou que tenham sido determinados previamente através de técnica que permita classificá-lo como pertencente à classe P1 (Tabela 1).

Tabela 7 – Poligonais Geodésicas de Precisão (CONTROLE BÁSICO).

1	Espaçamento entre estações	
1.1	Geral	10 - 20 km
1.3	Extensão máxima da poligonal	80 km
2	Medição Angular Horizontal	
2.1	Método	das direções
2.2	Instrumento (leitura direta)	$\leq 1,0''$
2.3	Número de Séries	3
2.4	Número de posições p/ série	4 CE e 4 CD
2.5	Limite de rejeição	$5,0''$
2.6	Número mínimo de posição. após rejeição	6 ou 10 CE e CD
3	Medição dos lados	
3.1	Número mínimo de séries de leituras recíprocas	3
3.2	Intervalo mínimo entre séries	20 minutos
3.3	Diferença máxima entre séries	10 mm + 1 ppm
3.4	Diferença máxima entre leituras recíprocas de uma mesma série	20 mm + 1 ppm
4	Controle de refração atmosférica	
4.1	Leitura estimada da temperatura	$0,2^\circ \text{C}$
4.2	Leitura estimada da pressão atmosférica	0,2 mm Hg
4.3	Leituras recíprocas e simultâneas dos ângulos verticais com medição de lados	Sim
5	Controle Azimutal	
5.1	Espaçamento entre os lados de controle	8 – 10
5.2	Pontos de Laplace	
	– Número de séries	1
	– Número de posições por série	8 ou 12 em CE e CD
	– Valor máximo do erro padrão do azimute para a direção de controle	$0,6''$
5.3	Erro de fechamento máximo em azimute para direções de controle	$3''/\text{estação}$
6	Medição angular vertical	
6.1	Número de posições recíprocas e simultâneas	4 CE e 4 CD
6.2	Valor máximo da diferença em relação à média	$10''$
6.3	Número de lados entre pontos de altitudes conhecidas	8 – 10
6.4	Valor máximo do erro de fechamento	1 m/estação
7	Fechamento em coordenadas	
7.1	Erro padrão em coordenadas após a compensação em azimute. (L = comprimento em km)	$0,2 \text{ m } \sqrt{L}$
8	Erro padrão relativo máximo aceitável entre duas estações de referência após ajustamento	1/20.000

2.1.1.1.2 Poligonais Geodésicas de apoio à Demarcação (CONTROLE IMEDIATO).

Finalidade: Proporcionar pontos de controle para levantamentos de imóveis rurais, fornecendo coordenadas a partir das quais serão feitas operações topográficas de demarcação e/ou levantamento, a serem desenvolvidas na região dos serviços. Deverão partir e chegar em pontos distintos com acurácia definida nas classes P1 ou P2 (Tabela 1).

Tabela 8 - Poligonais Geodésicas de apoio à Demarcação (CONTROLE IMEDIATO).

9	Espaçamento entre estações	
9.1	Geral	5 – 10 km
9.2	Extensão máxima da poligonal	50 km
10	Medição Angular Horizontal	
10.1	Método	das direções
10.2	Instrumento (leitura direta)	$\leq 1,0''$
10.3	Número de Séries	1
10.4	Número de posições p/ série	4 CE e 4 CD
10.5	Limite de rejeição	$5,0''$
2.6	Número mínimo de posição após rejeição	3 CE e 3 CD
11	Medição dos lados	
11.1	Número mínimo de séries de leituras recíprocas	1
11.2	Intervalo mínimo entre recíprocas	20 minutos
11.3	Diferença máxima entre as séries	10 mm
11.4	Diferença máxima entre leituras recíprocas de uma mesma série	20mm
12	Controle de refração atmosférica	
12.1	Leitura estimada da temperatura	$0,2^{\circ} C$
12.2	Leitura estimada da pressão atmosférica	$0,2 \text{ mm Hg}$
12.3	Leituras recíprocas e simultâneas dos ângulos verticais com medição de lados	Sim
13	Controle Azimutal	
13.1	Espaçamento entre os lados de controle	12 – 15
13.2	Pontos de Laplace	
	– Número de séries	1
	– Número de posições por série	4CE e 4 CD
	– Valor máximo do erro padrão do azimute para a direção de controle	$3,0''$
13.3	Erro de fechamento máximo em azimute para direções de controle	$8''/\text{estação}$
14	Medição angular vertical	
14.1	Número de posições recíprocas e simultâneas	2 CE e 2 CD
14.2	Valor máximo da diferença em relação à média	$10''$
14.3	Número de lados entre pontos de altitudes conhecidas	15 – 20
6.4	Valor máximo do erro de fechamento	10 mm/km
15	Fechamento em coordenadas	
7.1	Valor máximo para o erro padrão em coordenadas após a compensação em azimute. (L = comprimento em km)	$0,8 \text{ m } \sqrt{L}$
16	Valor máximo do erro padrão relativo, aceitável entre duas estações de referências após ajustamento	1/5.000

2.1.1.1.3 Poligonais para fins topográficos (DEMARCAÇÃO).

Finalidade: Proporcionar o levantamento de imóveis rurais, demarcando-o segundo anteprojeto de parcelamento ou limites respeitados pelos confrontantes se for o caso fornecendo coordenadas dos vértices e das divisas, permitindo a sua caracterização. Por sua natureza topográfica poderá prescindir de reduções geodésicas em seu cálculo. Deverão partir e chegar em pontos distintos com acurácia definida nas classes P1 ou P2 (Tabela 1).

Tabela 9 - Poligonais para fins topográficos (DEMARCAÇÃO) .

	Taqueométrica	Eletrônica
1 Desenvolvimento		
1.1 Espaçamento entre estações	Até 150 m	Até 500 m
1.2 Comprimento máximo do desenvolvimento	15 km	15 km
2 Medição Angular Horizontal		
2.1 Método	das direções	das direções
2.2 Instrumento (leitura direta)	$\leq 20''$	$\leq 10''$
2.3 Número de Séries	1 (CE e CD)	1 (CE e CD)
2.4 Número de posições p/ série	2	2
3 Medição dos lados		
3.1 Número mínimo de séries de leituras recíprocas	1 (FI, FM, FS)	2 leituras válidas
4 Controle Azimutal		
4.1 Número máximo e lados sem controle	25	15
4.2 Erro de fechamento máximo em azimute para direções de controle	1'	1'
4.3		
5 Medição angular vertical		
5.1 Número de séries	1	1
5.2 Valor máximo da diferença entre leituras verticais	20''	20''
5.3 Número máximo de lados entre pontos de altitudes conhecidas	25	15
5.4 Valor máximo do erro de fechamento altimétrico	20 mm/km	20 mm/km
6 Fechamentos:		
6.1 Angular	$1' \sqrt{N}$ onde N é o número de lados	$1' \sqrt{N}$ onde N é o número de lados
6.2 Linear (coordenadas) Valor máximo para o erro relativo em coordenadas após a compensação em azimute	1/1000	1/2.000

O comprimento dos lados das poligonais deverá ser o mais constante possível evitando-se o estabelecimento de lados muito curtos e muito longos.

Para lances menores que 50 m deverão ser utilizadas trenas de boa qualidade com aferição prévia, evitando-se distâncias menores que 10 m.

No caso de utilização de medidores eletrônico de distância, este deverá possuir acurácia melhor que $\pm 10\text{mm}$.

2.2 Determinações altimétricas

Considerações.

Os levantamentos com finalidade de implantar ou estender o controle altimétrico através de técnicas convencionais dividem-se basicamente em:

- **Nivelamento trigonométrico (2.2.1)**
- **Nivelamento geométrico (2.2.2)**
- **Nivelamento diferencial com GPS (2.2.3)**

As características de cada um são bem estabelecidos na literatura. Seguem-se as especificações a serem observadas com vistas à finalidade do presente Manual. A determinação e o transporte de altitudes com o GPS tem nível de acurácia inferior ao das coordenadas. Deve-se isto basicamente a fatores geométricos inerentes à configuração dos satélites e ao fato de que ao se transportar altitudes ortométricas ou com respeito ao nível do mar, passam a integrar o problema variáveis geofísicas. Estas dizem respeito basicamente ao campo de gravidade terrestre e que redundam na necessidade do emprego de mapas ou modelos geoidais.

2.2.1 Nivelamento trigonométrico

As medidas angulares em nivelamento trigonométrico são efetuadas no plano vertical do lugar. Dessa forma afetam as determinações decorrentes de tais medidas o efeito da curvatura terrestre e a refração atmosférica. A eliminação ou correção de tais efeitos são obtidas através de técnicas de medição ou de correções efetuadas sobre as medidas.

O efeito combinado na determinação altimétrica da refração atmosférica e da curvatura terrestre pode ser quantificado aproximadamente pela expressão

$$(r+c) = 0,0675 \cdot d^2, \quad (01)$$

onde $(r+c)$ é o valor de efeito conjunto de refração e curvatura terrestre em metros (m) e d é a distância nivelada em quilômetros (km).

Da expressão (01) depreende-se que para um lance de nivelamento da ordem de 5 km, o efeito conjunto implicará em uma diferença entre o valor real e o observado da ordem de 1,7 m. A acurácia do nivelamento trigonométrico é uma função que depende basicamente das condições atmosféricas e da acurácia do ângulo vertical observado, uma vez que as distâncias observadas como o MED são normalmente de acurácia superior à medidas angulares. Para distâncias niveladas por lances superiores a 300 m, devem portanto ser efetuadas as reduções conjuntas de refração e curvatura terrestre.

Nas operações trigonométricas os melhores resultados decorrem de visadas menores que 5 km. São desaconselháveis lances longos no desenvolvimento das poligonais que

objetivam, também, determinações altimétricas. No nivelamento trigonométrico deverão ser observadas as seguintes prescrições:

1. Pontos de partida e chegada distintos e de acurácia superior às exigidas nas determinações finais;
2. Medição de ângulos zenitais através de visadas recíprocas (o uso de recíprocas e simultâneas é opcional), com desnível entre as estações sendo obtido a partir da média dos desníveis observados em ambos os sentidos;
3. Horário de observação entre 10:00 e 16:00 h (hora local);
4. Ângulos zenitais medidos em uma série de 6 observações independentes;
5. Variação máxima entre as medidas angulares de 8";
6. Observações meteorológicas de temperatura, umidade relativa e pressão barométrica no momento das observações;
7. Instrumento de resolução vertical igual ou melhor a 2" (Tabela 3 – Precisão alta);
8. Distâncias observadas em uma série de seis medidas. Uma série completa de medidas consiste em uma seqüência de observações independentes, na qual o instrumento é apontado para o prisma e tem suas leituras repetidas;
9. Deverão ser utilizadas as constantes aditivas do sistema de medição de distâncias (distanciômetro e prismas) quando aplicáveis;
10. Correções atmosféricas às medidas eletrônicas e geométricas(ao horizonte, nível médio, corda ao arco) deverão ser efetuadas sempre que as distâncias observadas forem superiores a 2,5 km;
11. O desenvolvimento deverá ser de no máximo 10 lances entre pontos de altitude conhecida;
12. Valor de erro de fechamento em ponto de altitude conhecida 0,5 m;

2.2.2 Nivelamento geométrico (diferencial).

O nivelamento geométrico, devido às suas características de precisão, deverá ser empregado sempre que o transporte altimétrico exigir acurácia compatível com a Classe A2 ou superior, de acordo com a Tabela 2 . Na obtenção dos desníveis entre ré e vante, deverão ser utilizados instrumental e observadas as prescrições seguintes:

1. Níveis de precisão com sensibilidade mínima de 40"/2mm (Classes 2 ou 3 da Tabela 4/pg.15);
2. Níveis a laser ou automáticos que utilizem código de barras;
3. Os lances de nivelamento terão extensão máxima de 200 m, instrumento estacionado, aproximadamente, no meio do lance de modo a eliminar a propagação de erros sistemáticos da curvatura terrestre e da refração;
4. A discrepância máxima entre as distâncias das visadas a ré e a vante será de 10 m;

5. Cada seção, segmento de linha entre duas referências de nível (RNs), deverá ser nivelada em ida e volta e terá um comprimento máximo de 3 km;
6. O comprimento máximo do circuito deverá ser de 25 km;
7. Deverão ser utilizadas miras dobráveis ou telescópicas com graduação centimétrica calibrada;
8. As leituras estadimétricas deverão ser efetuadas a uma distância mínima de 50 cm do solo para evitar o efeito da reverberação;
9. Utilizar sapatas para posicionar a mira, nunca colocando-a diretamente sobre o solo;
10. As referências de nível (RNs) serão caracterizadas por marcos de concreto, idênticos aos utilizados na materialização de estações poligonais geodésicas, com placa identificadora com inscrições próprias;
11. Diferença máxima aceitável entre nivelamento e contra-nivelamento de uma sessão para as classes A1 e A2 respectivamente $8mm\sqrt{D}$ e $12mm\sqrt{D}$, onde D é a distância percorrida na sessão;

2.2.3 Nivelamento diferencial com o GPS

Considerações.

A grandeza correspondente à altitude ortométrica e que é obtida diretamente pelo GPS é a altura elipsoidal ou separação entre a superfície terrestre e uma superfície elipsoidal de revolução. Esta tem caráter puramente geométrico e é decorrente de uma transformação matemática entre coordenadas cartesianas $[X, Y, Z]$ e geodésicas $[\varphi, \lambda, h]$. Ao contrário, a altitude ortométrica tem ligação intrínseca com o campo de gravidade e tem portanto um comportamento não definido matematicamente. A combinação entre a altura elipsoidal, a separação geóide-elipsóide e a altitude ortométrica fornece, o meio correto para transporte em questão como demonstra a expressão 02:

$$\Delta H = \Delta h - \Delta N \quad (02)$$

onde : ΔH é a diferença das altitudes ortométricas entre dois pontos

ΔN é diferença das ondulações geoidais entre os pontos

Δh é a diferença entre as alturas elipsoidais dos pontos

Os valores de ondulação geoidal podem ser obtidos da interpolação sobre mapas geoidais ou obtidos de modelos do geopotencial. Em ambos os casos é necessário estar atento para o sistema geodésico ou *datum* ao qual as medidas estão referidas. O mapa geoidal do Brasil, publicado pelo IBGE/EPUSP fornece valores referidos ao datum SAD69 e deve relacionar as altitudes ortométricas com as alturas elipsoidais reduzidas a este Datum. É necessário portanto que a altura elipsoidal a ser reduzida para altitude ortométrica esteja referida ao SAD-69 antes da aplicação da correção referente à separação geóide-elipsóide fornecida pelo mapa publicado pelo IBGE/EPUSP quando da utilização deste.

O nivelamento diferencial com o GPS deverá ser efetuado mediante as seguintes especificações:

1. Utilizar-se-á de técnicas diferenciais;
2. Deverá utilizar como observáveis para o processamento diferencial a dupla diferença de fase da portadora;
3. Modo de rastreamento estático, rápido estático ou pseudo cinemático, desde que obedecidas as condições referentes aos modos de rastreamento descritas nos Itens 2.3.2.1, 2.3.2.2 e 2.3.2.3;
4. As ondulações geoidais deverão ser obtidas a partir da interpolação do programa MAPGEO (IBGE, 1992) ou sua versão mais atual;
5. A expressão (02) deverá ser empregada levando em consideração a convenção que valores de ondulação geoidal positivos (+) indicam a superfície geoidal situada acima do elipsóide e vice-versa;
6. Considerando que as ondulações geoidais são obtidas com acurácia relativa de 10 mm/km, este deverá ser o máximo nível de acurácia garantido no nivelamento com o GPS com nível de confiança de 68% (1σ);
7. Considerando-se que os erros de transporte com o GPS compõem-se aleatoriamente com os erros do mapa, a acurácia final deverá ser o resultado da propagação de ambos, ou seja, a composição do erro de posicionamento com o erro do mapa geoidal;
8. Para transporte de altitudes com o GPS deverão ser observadas as prescrições da Tabela 11 - Relação entre tempo de ocupação e distância entre estações com a classificação . A classe final esperada para o levantamento deverá ser A2, de acordo com a Tabela 2 – Classes de acordo com a acurácia altimétrica.

2.3 Levantamentos de controle com o GPS

Considerações.

A entidade responsável pela concepção, implantação, manutenção e gerência do GPS é o governo dos Estados Unidos da América, através da NIMA - *National Imagery and Mapping Agency*. O sistema de referência para os satélites do GPS é o WGS84 - *World Geodetic System 1984*, com as modificações implantadas em 1994 – *WGS84(G730)* e 1997 – *WGS84(G873)*. Assim sendo, tanto as efemérides transmitidas quanto as pós-computadas tem seus parâmetros referidos ao centro de massa terrestre. Trata-se portanto de um sistema geocêntrico, e cujos parâmetros são apresentados no ANEXO II (pag 53) – Descrição dos Sistemas de Referência.

O sistema de referência oficial no Brasil é o *South American Datum 1969* – SAD-69, que não tem origem geocêntrica e cujos parâmetros definidores do elipsóide de referência diferem do WGS84. Trata-se portanto de superfícies de referência distintas tanto na forma quanto na origem. É necessário portanto que as coordenadas obtidas a partir do rastreamento de satélites do GPS sejam convertidas para o SAD-69 para manter compatibilidade com o sistema oficial.

Existem dois modos fundamentais de posicionamento com o GPS:

- Posicionamento isolado ou absoluto (GPS1 - Tabela 11 pag 31)
- Posicionamento relativo ou diferencial (GPS2, GPS3, GPS4 -Tabela 11)

2.3.1 Posicionamento isolado ou absoluto

O posicionamento isolado caracteriza-se pela utilização de um único receptor, independente e para o qual não são feitas correções a partir de elementos rastreados por outro equipamento, seja em tempo real ou em pós processamento. Para fins de classificação (conforme Tabela 1), atribui-se o posicionamento isolado (GPS1) à Classe 6, com nível de acurácia de 22 m 2DRMS. Na prática as implicações deste nível de confiabilidade são as seguintes:

Considerando-se que a acurácia expressa em termos estatísticos 2DRMS representa uma probabilidade próxima aos 95%, implicitamente admite-se que em 5% das observações instantâneas efetuadas o erro poderá estar além de 20 m. Estatisticamente este é o nível de confiança que se deve atribuir à solução instantânea baseada no código e que é a garantida pelo gestor do GPS. Instrumentos portáteis ou de navegação que se baseiam no código para obtenção de coordenadas poderão ocasionalmente, ter seus resultados comparados com um ponto de referência e apresentar diferenças inferiores a tais valores. Não há entretanto garantia estatística sobre tais resultados instantâneos, o que implica dizer que em uma determinação efetuada minutos após a comparação, o erro verificado poderá atingir (ou exceder) 20 m. Contribuem para isso, além do multicaminhamento, o GDOP, a qualidade do receptor, atrasos ionosférico e o *firmware* empregados. O efeito da *S.A. – Disponibilidade Seletiva (Selective Availability)* que induz à degradação do resultado em até 10 vezes, foi desativado desde 01 de Maio de 2000 pelo governo Norte Americano. Apesar desta melhora nos resultados a acurácia acima inviabiliza a utilização do posicionamento isolado para levantamentos de controle.

Um dos parâmetros mais importantes na avaliação da qualidade da posição GPS em aplicações não diferenciais é a *Dilution Of Precision - DOP*. Quantificando a influência da geometria da constelação de satélites na acurácia das coordenadas obtidas instantaneamente, está presente quase que invariavelmente nas telas dos receptores ou nos relatórios de pós-processamento. Os valores de *DOP's*, disponibilizados ao usuário GPS entre as primeiras informações apresentadas nos rastreadores, tem o objetivo de avaliar continuamente a melhor ou pior distribuição de satélites acima do horizonte. Trata-se de um número, não tendo portanto unidades associadas. Indicam o melhor (ou pior) momento para obter uma posição. Quanto mais bem distribuídos no espaço os satélites contribuintes para uma dada determinação de coordenadas, melhor a acurácia esperada da solução. Assim sendo, posições obtidas a partir de um mesmo número de satélites podem ter acurácias diferentes pelo fato de em uma delas a distribuição de satélites sobre o horizonte ser mais adequada que na outra. Recomenda-se que para determinações absolutas o valor de PDOP seja menor ou igual a 4 ($PDOP \leq 4$).

2.3.2 Posicionamento relativo (diferencial)

Considerações

O princípio do posicionamento relativo diferencial com o GPS baseia-se no fato de que a correlação espacial entre os pontos de referência e a determinar, permite a eliminação ou redução substancial da maior parte dos erros de posicionamento. Tanto utilizando-se da correlação entre códigos, como da fase de batimento das ondas portadoras,

o posicionamento diferencial pode fornecer resultados com acurácia de alguns metros ou poucos milímetros, dependendo da observável utilizada.

As técnicas de correções diferenciais podem ser utilizadas em tempo real ou com pós-processamento. No primeiro caso é necessária a utilização de um *link* de comunicação que possibilite transmitir continuamente à(s) unidade(s) móvel(is) um conjunto de correções a serem aplicadas aos dados por ela rastreados. No segundo caso, os dados são armazenados e a correção diferencial propriamente é procedida através de software.

Este princípio diferencial envolve, implicitamente, a eliminação de efeitos comuns aos rastreadores. Trata-se portanto da eliminação de parâmetros, os quais, admitindo-se estarem interferindo em ambas as unidades rastreadoras, podem ser cancelados pela subtração das equações que modelam dados observados e os parâmetros a serem determinados. Alguns efeitos residuais permanecem embutidos nas observações, enquanto que outros são praticamente eliminados. Na prática, a eliminação total ou parcial de tais efeitos depende majoritariamente de:

1. Distanciamento entre as unidades de referência e da(s) móveis;
2. Dados utilizados para correção diferencial (fase do código ou portadora);
3. Intensidade dos efeitos atmosféricos intervenientes em ambas as estações;
4. Qualidade dos receptores.

2.3.2.1 Posicionamento diferencial estático (fase da portadora)

Considerações

A determinação da fase de batimento das portadoras é um recurso utilizado por rastreadores no tratamento do sinal recebido. A distância satélite/receptor passa a não depender diretamente da correlação entre os códigos, mas de uma medida de fase do batimento gerado pela superposição de duas ondas. Tem como vantagem um aumento na precisão com que são implicitamente estimadas as distâncias entre os receptores e os satélites, tendo como desvantagem a necessidade de estimar-se um parâmetro adicional, a *ambiguidade*. A obtenção da fase da portadora é procedida eletronicamente nos equipamentos. No instante de *lock-on* este valor (em fração de ciclo) é determinado, sendo a partir de então registrados o número inteiro de comprimentos de onda recebidos. Este procedimento é individualizado para cada satélite rastreado, sendo o dado correspondente armazenado pelo usuário.

As especificações aqui apresentadas são destinadas ao sistema de posicionamento utilizando o GPS, no modo diferencial estático. O usuário deverá estar familiarizado com as opções de configuração recomendadas pelo fabricante do equipamento. Na existência de conflito entre estas recomendações e o recomendado pelo fabricante, as orientações deste último deverão ser seguidas. Tais conflitos deverão ser encaminhados com detalhes ao INCRA para solução e esclarecimento. Para se atingir os níveis de acurácia previstos na Tabela 2, deve-se observar os seguintes requisitos:

1. Os receptores e o programa de processamento devem ter especificações geodésicas, ou seja capacidade de armazenar e pós-processar fases de batimento (φ) das portadoras L1 ou L1/L2. Estas deverão ser as observáveis básicas do processamento, ainda que em técnicas tipo rápido estáticas, pseudo distâncias sejam utilizadas para aumentar a rapidez da resolução de ambigüidades;

2. O tempo de ocupação mínimo para o modo estático deverá ser de 30^m, desde que a distância entre os pontos de referência e a determinar não ultrapasse 20 km. Nos casos de distâncias superiores, deverá ser observada a Tabela 10;

Tabela 10 – Relação entre tempo de ocupação e distância entre estações para levantamentos de controle.

Distância entre estações	Ocupação mínima Em minutos	Observáveis	Tipo de Solução Esperada
Até 20 km	30	φ L1 ou φ L1/L2	DD Fix
20 – 50 km	120	φ L1/L2	DD Fix
Acima de 100 km	240	φ L1/L2	DD Float

3. A geometria da configuração deverá ser tal que assegure valores de *Geometric Dilution of Precision – GDOP* inferiores a 8 durante o período de rastreamento. Recomendações diferentes expressas pelo fabricante do equipamento deverão ser obedecidas, uma vez que esta variável é utilizada nos algoritmos de solução de ambiguidades no software de pós-processamento;
4. A geometria dos satélites deverá variar significativamente durante o período das observações;
5. O número *mínimo* de satélites rastreados simultaneamente durante o período é 4 (quatro), sendo desejáveis cinco ou mais;
6. O horizonte de rastreamento mínimo deverá ser de 15°, podendo ser de 10° nos equipamentos operando nas estações de referência;
7. O intervalo de gravação das observáveis deverá ser de 15^S. Quando associados a estações de referência cujo intervalo difere de 15^S, estes valores podem ser modificados de modo a coincidir os instantes de observação. É aceita a utilização de receptores de fabricantes diferentes em um mesmo levantamento. Neste caso os dados devem ser reduzidos ao formato de intercâmbio conhecido como *Receiver Independent Exchange Format*, versão 2 – RINEX2. Para processamento desses dados é necessário que os programas de pós-processamento sejam capazes de decodificar dados do Formato RINEX2 para o formato de processamento proprietário e vice-versa.
8. Por tratar-se de um posicionamento tridimensional, os equipamentos auxiliares deverão estar em perfeitas condições de operação dada a importância da centralização e nivelamento das antenas sobre marcos de referência e dos que se pretende determinar coordenadas e altitudes. O pessoal encarregado da montagem deve ter capacitação técnica adequada tendo em vista a importante influência da posição da antena sobre o marco, tanto horizontal quanto verticalmente.
9. A análise dos resultados do processamento, sendo uma função do software utilizado, deverá seguir as recomendações do fabricante do sistema, observadas as especificações anteriores;

Como orientação, deverão ser verificados os seguintes elementos nos relatórios de processamento:

- Tipo de solução apresentada pelo software. Recomenda-se a solução com fixação de inteiros, respeitados os limites da Tabela 10 ;
- Desvio padrão da linha de base processada inferior a 1 cm + 2 ppm x D, sendo D a dimensão da linha de base em quilômetros

- Desvio padrão de cada uma das componentes da base dX , dY , dZ ou dN , dE , dh ;
- Variância de referência após o ajustamento
- Resultado do teste de hipótese de igualdade entre variâncias de referência *a priori* e *a posteriori* (teste *chi* quadrado).
- Matriz variância-covariância ou matriz de correlação dos parâmetros após o ajustamento;
- RMS dos resíduos da fase da portadora.

Os levantamentos do tipo “Controle A” referidos na Tabela 1 tem características geodésicas, devendo observar em caso de omissão ou conflito das especificações acima, as recomendações apresentadas no item 4 das **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS: versão preliminar** do IBGE.

2.3.2.2 Posicionamento diferencial dinâmico rápido estático (fase da portadora)

Para a execução de levantamentos baseados na técnica rápido-estático, as seguintes orientações devem ser seguidas:

1. A linha de base deverá estar limitada ao comprimento máximo de 15 km
2. Devem ser seguidos os períodos de rastreamento indicados pelos fabricantes;
3. O tempo de permanência deverá ser no mínimo o que permita armazenar 5^m de dados íntegros sem interferência de perdas de ciclos, sendo esse tempo uma decorrência do número de satélites rastreados e do comprimento da linha de base;
4. Preferencialmente 5 ou mais satélites deverão ser rastreados em ambas as unidades;
5. O intervalo de gravação deverá ser de 10^S, podendo ser reduzido para 5^S;
6. A solução final deverá garantir a resolução das ambiguidades inteiras.

2.3.2.3 Posicionamento diferencial pseudo-cinemático (fase da portadora)

Para a execução de levantamentos baseados na técnica pseudo-cinemático, as seguintes orientações devem ser seguidas:

1. O rastreamento na estação de referência durante o período de ocupação e reocupação dos pontos deverá ser contínuo.
2. O mínimo período em cada ocupação deverá ser de 5^m, sendo que o intervalo entre ocupações sucessivas deverá ser superior a 45^m;
3. A altura da antena deverá ser mantida durante todo o percurso da unidade móvel;
4. O intervalo entre registros deverá ser de 1^S, 5^S ou 10^S;
5. As observações devem ser feitas para cinco ou mais satélites de modo a garantir a solução das ambiguidades
6. Deverá ser considerada que a mudança de geometria dos satélites entre as ocupações é particularmente importante no posicionamento pseudo-cinemático.
7. Os receptores podem ser de uma ou duas frequências

2.3.2.4 Posicionamento diferencial cinemático (fase da portadora)

Para a execução de levantamentos baseados na técnica cinemática, as seguintes orientações devem ser seguidas:

1. Tendo em vista a possibilidade de perda de sinal durante a movimentação entre os pontos a levantar, recomenda-se o rastreamento contínuo de 5 ou mais satélites;
2. Os receptores devem ser inicializados no início dos deslocamentos de acordo com as indicações do fabricante de modo a assegurar redundância suficiente para a resolução das ambiguidades. Nos casos de receptores dotados de algoritmos para resolução de ambiguidades em movimento (OTF), isto é dispensável;
3. Ao final de cada caminhamento, o receptor deverá ocupar um ponto de coordenadas conhecidas e com acurácia superior ao levantamento com vistas ao controle do levantamento
4. Para garantia das coordenadas levantadas, cada ponto ocupado deverá ter suas coordenadas redeterminadas em uma sessão diferente de levantamento com outra geometria de satélites;
5. O intervalo entre registros deverá ser de 1^s, 5^s ou 10^s;
6. Cada ocupação deverá acumular um mínimo de 10 registros de dados;
7. Equipamentos de uma única frequência poderão ser utilizados, ainda que equipamentos de duas frequências possibilitem melhor desempenho na resolução das ambiguidades em pós-processamento.

Em todos os levantamentos acima deverão ser observadas as recomendações para análise de resultados e fornecimento de relatórios e resultados;

2.4 Levantamentos cadastrais com o GPS

Considerações

A Tabela 11 - Recomendações de Técnicas por Atividades, apresenta uma matriz das técnicas de levantamento e de obtenção de coordenadas de acordo com as funções Cadastro, Assentamento, Fundiária e seus desdobramentos. A aplicação das técnicas descritas é uma escolha do executante, sendo entretanto necessário que se atinjam os níveis de acurácia especificados. Os tipos de levantamento com o GPS estão nomeados genericamente como GPS1, GPS2, GPS3 e GPS4, enquanto que os demais são designados pela seu próprio nome. Serão descritas a seguir as especificações para cada uma das técnicas, de acordo com sua aplicação.

Tabela 11 - Recomendações de Técnicas por Atividades no levantamento cadastral.

ATIVIDADES Ações	Levantamento Convencional		Levantamento através do GPS			
	Taq	Eletr.	GPS1	GPS2	GPS3	GPS4
Georeferenciamento (A)						
Levantamento de Perímetro (A-1)	♦	♦	NA	♦♦♦	♦♦♦	♦♦
Quantificação de área de uso (A-2)	♦	♦	♦	♦♦♦	♦♦♦	♦♦
Fiscalização Cadastral/Vistoria(B)						
Levantamento de Perímetro (B-1)	♦	♦	NA	♦♦♦	♦♦♦	♦♦
Quantificação de área de uso (B-2)	♦	♦	♦	♦♦♦	♦♦♦	♦♦
Hidrografia (B-3)	♦	♦	NA	♦♦♦	♦♦	♦
Identificação de Benfeitoria (B-4)	♦	♦	♦♦♦	♦♦	♦♦	♦
Avaliação (C)						
Levantamento de Perímetro (C-1)	♦	♦	NA	♦♦♦	♦♦♦	♦♦
Quantificação de área de uso (C-2)	♦	♦	NA	♦♦♦	♦♦♦	♦♦
Hidrografia (C-3)	♦	♦	NA	♦♦♦	♦♦♦	♦
Identificação de Benfeitoria (C-4)	♦	♦	♦♦♦	♦♦	♦♦	♦
Elaboração de Anteprojeto (D)						
Projeção de parcelas (D-1)	♦	♦	♦	♦♦♦	♦♦♦	♦♦
Altimetria (D-2)	♦	♦♦	NA	NA	♦♦♦	♦♦♦
Delimitação de mancha de solo (D-3)	♦	♦	♦	♦♦♦	♦♦♦	♦♦
Parcelamento de Imóveis (E)						
Locação/Demarcação de Perímetro (E-1)	♦	♦♦♦	NA	♦	♦♦♦	♦♦♦
Locação/Demarcação parcelas (E-2)	♦♦	♦♦♦	NA	♦	♦	♦♦♦
Regularização Fundiária (F)						
Levantamento de Perímetro (F-1)	♦	♦♦♦	NA	♦♦	♦♦♦	♦♦♦
Levant. e medição de ocupação (F-2)	♦	♦♦♦	NA	♦♦♦	♦♦♦	♦♦♦

• **ATIVIDADES**

- A – Georeferenciamento
- B – Fiscalização Cadastral/Vistoria
- C – Avaliação
- D – Elaboração de Projetos
- E – Parcelamento de Imóveis
- F – Regularização Fundiária

• **AÇÕES**

- 1 – Levantamento de perímetro
- 2 – Quantificação de áreas de uso
- 3 – Hidrografia
- 4 – Altimetria
- 5 – Identificação de benfeitorias
- 6 – Delimitação de manchas de solo
- 7 – Locação e demarcação de parcelas
- 8 – Levantamento e medição de ocupação

Nível de Recomendação da Técnica - NRT

- ◆◆◆ Mais recomendada
- ◆◆ Recomendada
- ◆ pouco recomendada
- NA Não Admitido

A escolha do Nível de Recomendação da Técnica – **NRT** foi procedida ponderando os seguintes aspectos:

- a) Capacidade de atingir acurácia necessária para as finalidades do levantamento em suas diversas etapas
- b) Relação custo/benefício e investimentos necessários para a execução
- c) Logística envolvida e aspectos computacionais
- d) Produtividade proporcionada pela técnica

2.4.1 Descrição e especificações para as técnicas da Tabela 11

2.4.1.1 Levantamentos utilizando taqueometria

O levantamento de cantos de parcelas ou elementos definidores de imóveis rurais poderá utilizar-se de medidas estadimétricas de distância em seu desenvolvimento e irradiações. A taqueometria nestes casos poderá ser a forma utilizada, resguardadas as condições seguintes, devendo obedecer às especificações da Tabela 9 - Poligonais para fins topográficos (Demarcação), na coluna correspondente a taqueometria.

- 1. Miras com comprimento máximo de 4m
- 2. Divisões centimétricas ou semi-centimétricas
- 3. Distâncias máximas para visadas irradiadas de acordo com a Tabela 12.

4. As leituras estadimétricas nos fios reticulares deverão ser efetuadas com o fio inferior a uma distância mínima de 0,5 m da base da mira com vistas à eliminação do efeito de reverberação.

Tabela 12 - Distâncias máximas para irradiações taqueométricas.

Amplificação do instrumento	Distância máxima tolerável c/ boa visibilidade	Distância máxima tolerável c/ visibilidade mediana
20 X	120 m	80 m
30 X	150 m	100 m

5. Os teodolitos utilizados poderão pertencer a qualquer das Classes da Tabela 3 - Classificação dos teodolitos de acordo com sua precisão angular.
6. Cada ponto irradiado, para efeito de confirmação, deverá ser visado de pelo menos dois pontos distintos, a uma distância máxima de 150 m cada, através de 01 (uma) série de 2 CE e 2 CD.
7. As miras deverão estar dotadas de níveis de bolha para verticalização.
8. O comprimento dos lados das poligonais deverá ser o mais constante possível evitando-se o estabelecimento de lados muito curtos e muito longos.
9. Na medição dos lados da poligonal de demarcação, as leituras deverão ser efetuadas nos três fios estadimétricos a vante e a ré.
10. Para lances menores que 50 m deverão ser utilizadas trenas de boa qualidade com aferição prévia.
11. Os cálculos serão, sempre, efetuados a partir de dados constantes das cadernetas de campo, podendo ser transcritos em formulários próprios e desenvolvidos de forma convencional, diretamente, em calculadoras eletrônicas programáveis, ou microcomputadores com saídas em impressora ou plotter. Nestes casos, deverão ser apresentados em relatório no mínimo os seguintes elementos:
 - a) Número de estações que compõe a poligonal.
 - b) Número de pontos irradiados a partir da poligonal.
 - c) Perímetro do desenvolvimento da poligonal.
 - d) Erro Angular: Erro angular resultante na poligonal.
 - e) Erro Linear no eixo ESTE: (erro linear resultante nas projeções ESTE)
 - f) Erro Linear no eixo NORTE: (erro linear resultante nas projeções NORTE)
 - g) Erro Linear Total: (diferença entre as coordenadas de chegada esperadas e as coordenadas calculadas baseadas nas medidas de campo).
 - h) Erro de Nivelamento: diferença entre a altitude conhecida e a transportada.
 - i) Erro relativo no formato 1:D.
 - j) Dados de entrada.
 - k) Pontos utilizados como referência.
 - l) Reduções efetuadas.

- m) Elementos calculados (coordenadas e altitudes) após a compensação.
- n) Classe de acordo com Tabela 1:P4 (pag 11)
- o) Aplicações de acordo com a Tabela 11: E-2 (pag 31)

2.4.1.2 Levantamentos eletrônicos

Os levantamentos eletrônicos referidos na Tabela 11 são utilizados nos desenvolvimentos de poligonais de demarcação para o levantamento de imóveis rurais, fornecendo coordenadas dos vértices e das divisas dos imóveis e permitindo a sua caracterização. Por sua natureza topográfica poderá prescindir de reduções geodésicas em seu cálculo.

Deverão partir e chegar em pontos distintos com acurácia definida nas classes P1 ou P2 (Tabela 1) e deverão obedecer às especificações da Tabela 9 - Poligonais para fins topográficos (Demarcação), na coluna correspondente a levantamentos eletrônicos, bem como observar:

1. Sistema UTM, Universal Transverso de Mercator como sistema de projeção nos cálculos e determinações de coordenadas.
2. Teodolitos pertencentes a qualquer das Classes da Tabela 3 (pag 14)- Classificação dos teodolitos de acordo com sua precisão angular.
3. Distanciômetros pertencentes a qualquer das Classes da Tabela 5 (pag 15) - Classificação dos medidores eletrônicos de distância
4. Estações totais que pertençam a quaisquer das Classes da Tabela 6 (pag 15)- Classificação das estações totais de acordo com a precisão interna
5. Cada ponto irradiado, para efeito de confirmação, deverá ser visado de pelo menos dois pontos distintas, a uma distância máxima de 150 m. cada, através de 01 (uma) série de 2 CE e 2 CD.
6. Os bastões de suporte dos prismas deverão ser dotados de nível de bolha para verticalização.
7. Os cálculos serão, sempre, efetuados a partir de dados constantes das cadernetas de campo, convencionais ou eletrônicas, podendo ser transcritos em formulários próprios e desenvolvidos de forma convencional, diretamente, em calculadoras eletrônicas programáveis, ou microcomputadores com saídas em impressora ou plotter. Nestes casos, deverão ser apresentados em relatório no mínimo os seguintes elementos:
 - a) Número de estações que compõe a poligonal.
 - b) Número de pontos irradiados a partir da poligonal.
 - c) Perímetro do desenvolvimento da poligonal.
 - d) Erro Angular: Erro angular resultante na poligonal.
 - e) Erro Linear no eixo ESTE: (erro linear resultante nas projeções ESTE)
 - f) Erro Linear no eixo NORTE: (erro linear resultante nas projeções NORTE)

- g) Erro Linear Total: (diferença entre as coordenadas de chegada esperadas e as coordenadas calculadas baseadas nas medidas de campo).
- h) Erro de Nivelamento: diferença entre a altitude conhecida e a transportada.
- i) Erro relativo no formato 1:D.
- j) Dados de entrada.
- k) Pontos utilizados como referência.
- l) Reduções efetuadas.
- m) Elementos calculados (coordenadas e altitudes) após a compensação.
- n) Classe de acordo com Tabela 1: P3
- o) Aplicações de acordo com a Tabela 11: E-1, E-2, F1 e F-2.

2.4.1.3 GPS1 – Solução “de navegação” instantânea sem correção diferencial baseada no código C/A. Posicionamento Isolado.

- a) Acurácia instantânea: < 20 m (95%)
- b) Observável básica: Código C/A
- c) Acurácia acumulada em 20^m de rastreamento: < 15m (95%)
- d) Classe de acordo com Tabela 1:P6
- e) Aplicações de acordo com a Tabela 11: B-4 e C-4
- f) Avaliação de acurácia: Não disponível ao operador, podendo ser feita por comparações sucessivas em pontos de coordenadas conhecidas em horários diferentes.

Para execução de levantamentos com receptores portáteis, as condições abaixo devem ser observadas:

1. Receptores de satélites do GPS portáteis dotados de no mínimo 6 (seis) canais
2. Possibilidade de rastrear até 8 satélites acima do horizonte
3. Fornecer acurácia instantânea de < 20m 2drms (95%).
4. Fornecer e gravar a média das posições rastreadas estaticamente.
5. Seleção da altura mínima de rastreamento dos satélites, potência de sinal recebido e de configuração mais adequada. .
6. Apresentar em display próprio, informações de utilidade do operador referentes ao rastreamento em curso tais como:
 - a) Coordenadas rastreadas em vários *datums* e sistemas de projeção;
 - b) Status dos satélites rastreados com dados de altura, azimute, PDOP, URA e intensidade do sinal recebido;

São características *acessórias* recomendáveis, as seguintes:

- Capacidade de armazenamento de dados contínua por período mínimo de 8 horas com intervalo de gravação mínimo de 10⁵
- Conector para antena externa
- Sistema de alimentação baseado em acendedor de cigarros em automóveis e em bateria NiCd em número suficiente para proporcionar rastreamento contínuo por no mínimo 8 horas, acompanhada de dispositivo de recarga utilizável em tensões 110/220 volts,
- Porta serial RS-232 que permita a troca de dados entre o receptor GPS e microcomputador tipo PC
- Software de descarga gerenciamento e processamento dos elementos rastreados baseado no conceito WINDOWS™ com as seguintes características mínimas:
 - a) Descarregar os dados rastreados e respectivos elementos cadastrais levantados pelas unidades;
 - b) Apresentar os elementos rastreados em sistema de projeção e datum de escolha do usuário, estando incluídos o WGS84, SAD69 e Córrego Alegre;
 - c) Possuir recursos de Zoom e visualização panorâmica;
 - d) Gerar arquivo no formato de plotagem e desenho;
 - e) Conter módulo de planejamento de missão e capacidade de impressão em escala definida pelo usuário;
 - f) Exportar as primitivas gráficas para alimentação em GIS/CAD nos formatos seguintes:
 - AutoCAD™ DXF, DWG ou DGN
 - ASCII configurado pelo usuário

2.4.1.4. GPS2 – Solução diferencial baseada no código C-A ou Y, com correção às pseudo-distâncias no padrão RTCM SC-104 em tempo real ou pós-processado. Incluem-se nesta técnica as soluções obtidas através de links MSK (rádio faróis), DGPS por satélite (HF ou UHF) com as seguintes características:

- a) Acurácia instantânea: 1 a 3m + 10 ppm (95%)
- b) Acurácia pós-processada: 0,5 a 2m + 10 ppm (95%)
- c) Classe de acordo com Tabela 1:P4, P5
- d) Classe de acordo com Tabela 2: A3
- e) Aplicações de acordo com a Tabela 11: A-1, A-2, B-1, B-2, B-3, C-1, C-2, C-3, D-1, D-3, e F-2.
- f) Observável básica: Código C/A e correção às pseudo distâncias via *link* de comunicação.
- g) Tipo de correção utilizada: Tipo 1 ou 9

2.4.1.4.1 Fatores influentes na acurácia:

1. Proximidade da estação transmissora (correlação espacial);
2. Idade (*age*) das correções diferenciais;
3. Condições atmosféricas nas proximidades da estação de referência e móvel;
4. Geometria da configuração de satélites;
5. Magnitude do multicaminhamento na estação móvel;
6. Qualidade dos receptores;

2.4.1.4.2 Condições a serem observadas para alcançar a acurácia acima:

1. Distância máxima tolerável da estação de referência: 200 km
2. Latência¹ máxima admitida: 10^{-5}
3. GDOP máximo: 8
4. Razão Sinal/Ruído: > 7

2.4.1.5 GPS3 – Solução baseada nos códigos C-A e/ou Y e/ou fase da portadora obtida em pós-processamento com utilização de técnicas baseadas em suavização do código através da portadora.

- a) Acurácia após processamento off-line: 20mm a 1m + 3 ppm (95%)
- b) Classe de acordo com Tabela 1: P2, P3
- c) Classe de acordo com Tabela 2: A2, A3
- d) Aplicações de acordo com a Tabela 11: A-1, A-2, B-1, B-2, C-1, C-2, C-3, D-1, D-2, D-3, E-1, F-1 e F-2.
- e) Observável básica: Códigos C/A e/ou Y e/ou fase da portadora.
- f) Combinação entre observáveis: Duplas diferenças, suavização do código por portadora

² Por latência entende-se a soma do tempo necessário para o cálculo das correções na estação de referência, com a modulação do link de comunicação, do tempo que o sinal gasta para chegar até o usuário e a decodificação pelo receptor do usuário.

2.4.1.5.1 Fatores influentes na acurácia

- Proximidade da estação de referência (correlação espacial)
- Condições atmosféricas nas proximidades da estação de referência e móvel e horário de rastreamento
- Geometria da configuração de satélites
- Magnitude do multicaminhamento na estação móvel
- Qualidade dos receptores

2.4.1.5.2 Condições a serem observadas para alcançar a acurácia acima:

1. Distância máxima tolerável da estação de referência: 300 km
2. PDOP máximo: 8, recomendável < 6
3. Razão Sinal/Ruído mínima do sinal GPS : > 6, sendo recomendável >12.
4. Horizonte mínimo de rastreamento: 15°, podendo ser de 10° para as estações de referência.
5. Modo 2D/3D: Operar sempre no modo 3D, sendo recomendáveis 5 ou mais satélites rastreados simultaneamente.
6. Intervalo de gravação: 5^s, na base 10^s ou 15^s sendo recomendado em ambas as estações o intervalo de 5^s
7. Tempos de permanência por ponto:
 - 60^s para Classes P4/A3;
 - 600^s para Classes P3/A2.
8. Processamento *off-line* com programa dotado de algoritmos de combinação de observáveis (fase e portadora), busca de ambiguidades e com capacidade de processar a(s) fase(s) da(s) portadora(s) no caso dessa observável ser utilizada.
9. Receptores com um mínimo de 8 e 6 canais independentes nas unidades de referência e móvel respectivamente, sendo recomendável a disposição do equipamento de referência em local de plena visibilidade de horizonte.

2.4.1.6. GPS4 – Soluções baseadas na fase da portadora (cinemática) com determinação de ambigüidades e link de comunicação para solução em tempo real. Recomendação de utilização segundo Tabela 11.

- a) Acurácia em tempo real: 40mm + 2 ppm. (95%)
- b) Acurácia após processamento off-line: 20mm + 2 ppm. (95%)

- c) Classe de acordo com Tabela 1: P1, P2, P3.
- d) Classe de acordo com Tabela 2: A1, A2.
- e) Aplicações de acordo com a Tabela 11: D-2, E-1, E-2 e F-1 e F-2
- f) Observável básica: Códigos C/A e/ou Y e fase da portadora².
- g) Combinação entre observáveis: Duplas diferenças de fase da portadora com utilização dos códigos para aceleração da busca de ambigüidades.
- h) Para solução em tempo real é necessário utilizar *link* de comunicação de alta velocidade entre a unidade de referência e a(s) unidade(s) móvel(is).

2.4.1.6.1. Fatores influentes na acurácia:

- a) Proximidade da estação de referência (correlação espacial)
- b) Condições atmosféricas nas proximidades da estação de referência e móvel e horário de rastreamento
- c) Geometria da configuração de satélites
- d) Magnitude do multicaminhamento na estação móvel
- e) Qualidade dos receptores
- f) Agilidade do algoritmo de busca de ambigüidades em tempo real
- g) Velocidade de transmissão do *link* de comunicação

2.4.1.6.2. Condições a serem observadas para alcançar a acurácia acima:

1. Distância máxima tolerável da estação de referência: 15 km;
2. PDOP máximo: 8, recomendável < 6;
3. Razão Sinal/Ruído mínima do sinal GPS : > 8, sendo recomendável >12;
4. Horizonte mínimo de rastreamento: 15°, podendo ser de 10° para as estações de referência;
5. Operar sempre no modo 3D, sendo necessários no mínimo 5 satélites rastreados simultaneamente para a inicialização e manutenção de um mínimo e 4 durante a execução do levantamento;
6. Intervalo de gravação: 1 ou 2^s na estação de referência e na(s) unidade(s) móvel(is);
7. Tempos de permanência:
 - Levantamento contínuo para feições tipo linha e área
 - 10^s a 20^s para levantamento de feições tipo ponto
8. Processamento *off-line* com programa dotado de algoritmos de combinação de observáveis (fase e portadora), busca de ambigüidades e com capacidade de processar a(s) fase(s) da(s) portadora(s);

³ A utilização dos códigos C/A e/ ou Y nesta técnica ocorrerá nos intervalos entre perda da fase e reinicialização após busca e determinação de ambigüidades. Durante este intervalo a acurácia esperada é da ordem de 0,5 m (95%).

9. Receptores com um mínimo de 8 canais independentes nas unidades de referência e móvel respectivamente, sendo recomendável a disposição do equipamento de referência em local de plena visibilidade de horizonte;
10. A utilização de *link* para transmissão de correções em tempo real através de rádios UHF implica em necessidade de “visibilidade” entre a unidade de referência e móvel(is). Na impossibilidade de visibilidade deverão ser utilizadas unidades repetidoras;

2.4.2 Monumentação dos Pontos Levantados

Considerações.

Quando os serviços de demarcação forem realizados por processos topográficos convencionais ou utilizando o GPS, os cantos de parcelas e/ou pontos de deflexão nas linhas de limite, serão normalmente, estações poligonais ou pontos determinados diretamente por rastreamento. Em situações que, por imposição do terreno, as ocupações se tornarem muito difíceis, as determinações poderão ser efetuadas por irradiações, de alguma forma controladas, a partir de estações poligonais ou pontos GPS próximos.

A monumentação dos pontos, vértices poligonais e cantos parcelas deverá ser efetuada como segue:

a) Os marcos que materializam estações poligonais ou pontos irradiados, quando canto de parcelas e/ou ponto de deflexão de limite, deverão ser de concreto, traço 1:3:4, alma de ferro \varnothing 4.2 mm, forma tronco piramidal e dimensões 8 x 12 x 60 cm;

Inciso Único - deverão aflorar cerca de 10 cm do solo natural;

b) A todo marco de limite corresponderá um marco de orientação, com afastamento de, no mínimo, 30 m;

Inciso único - quando os marcos de limites forem intervisíveis, os de orientação serão dispensáveis.

c) Os marcos de orientação deverão ser de concreto, traço 1:3:4, alma de ferro \varnothing 4.2mm, forma tronco piramidal e dimensão 8 x 10 x 50 cm;

Inciso único - deverão aflorar cerca de 10 cm do solo natural;

d) As estações da POLIGONAL DE DEMARCAÇÃO, pontos irradiados ou determinados através do GPS, quando não constituírem canto de parcela e/ou ponto de deflexão de limite, serão materializados por piquetes de madeira de lei, orientados por estacas testemunhas e com a respectiva identificação ;

e) A monumentação de parcelas ocupadas, a qualquer título, deverá ser efetuada, segundo os limites de respeito, e anteriormente à medição.

2.4.2.1 Identificação dos marcos

A identificação dos marcos deverá ser efetuada da seguinte forma:

a) nas **Poligonais Geodésicas de Precisão (CONTROLE BÁSICO)**: placa identificadora, em bronze, alumínio ou latão, no topo do marco, com a materialização do ponto estação e inscrições de acordo com o ANEXO V;

b) nas **Poligonais Geodésicas de Apoio à Demarcação (CONTROLE IMEDIATO)**: placa com pino de bronze, alumínio ou latão, materializando o ponto estação, onde está gravado o número de ordem, contendo ainda em suas faces, inscritas a tinta branca, as indicações necessárias à perfeita localização da parcela;

Inciso Único - Nos marcos de orientação, as inscrições deverão indicar as suas correlações com os marcos limites que lhes correspondem.

As Superintendências Regionais ou órgãos contratantes responsáveis pela qualidade dos serviços, poderão, observados os aspectos específicos do desenvolvimento dos trabalhos nas regiões de suas atuações, adotar, na caracterização dos marcos, outros materiais (exceto madeira), dimensões, e mesmo formas de identificação, desde que sejam mantidas as condições de estabilidade e segurança indispensáveis à preservação da monumentação de caráter fundiário.

A fim de garantir uma orientação adequada aos desenvolvimentos poligonais longos, deverão ser efetuados controles azimutais, nas seguintes condições previstas nas respectivas especificações ((Tabelas 7, 8 e 9 (pag.60, 61 e 62))).

Os processos de controle mais indicados são:

- a) Visada direta para um ponto conhecido, cujas coordenadas tenham acurácia igual, ou superior, às que se pretende obter no desenvolvimento poligonal que se deseja controlar;
 - b) Determinação do azimute por processos astronômicos de ordem conveniente;
 - c) Determinação do azimute, através de giroscópio acoplado a teodolito.
 - d) Determinação do azimute através de rastreadores geodésicos do GPS
1. Serão executados em gabinete, os trabalhos de processamento, cálculo topográfico e os relativos às representações gráficas finais das glebas, parcelas rurais e feições e atributos levantados.
 2. Os cálculos, relativos às poligonais geodésicas, serão desenvolvidos segundo roteiro convencional indicado para o transporte de coordenadas plano-retangulares do Sistema UTM;
 3. Os transportes de coordenadas, a partir de pontos de apoio básico, executados, normalmente, através de poligonais e irradiações estadimétricas ou via sistemas laser acoplados a receptores GPS, terão seus cálculos desenvolvidos segundo critérios topográficos;
 4. Os cálculos serão, sempre, efetuados a partir de dados constantes das cadernetas de campo ou armazenados em memória RAM dos receptores, podendo ser transcritos em formulários próprios e desenvolvidos de forma convencional, diretamente, em calculadoras eletrônicas programáveis ou microcomputadores, com saída em impressora, sendo, neste caso, indicadas, na primeira folha impressa, as posições dos dados de entrada e de saída.
 5. As discrepâncias próprias do sistema de projeção poderão, em alguns casos, conduzir os fechamentos das poligonais geodésicas para fins topográficos a limites, nominalmente, não toleráveis, tornando-se pois, necessário calcular a poligonal, considerando as deformações do sistema de projeção adotado. Normalmente, será suficiente considerar-se o valor médio do coeficiente de redução à escala K, obtido, de forma expedita, para cada desenvolvimento poligonal considerado, recomendando-se entretanto a utilização das reduções angulares no cálculo.
 6. No caso de projetos de regularização fundiária ou parcelamento de imóveis rurais, é desejável que sejam utilizados sistemas baseados em microcomputadores de maior capacidade, acoplados a equipamentos de desenho automático (plotters), permitindo a obtenção direta dos produtos finais - plantas e memoriais descritivos bem como dos dados necessários à alimentação de sistemas de informações

2.5 Caracterização dos imóveis e apresentação das peças técnicas

Considerações.

A caracterização topográfica do imóvel rural e suas feições constitui-se no objetivo principal da cartografia fundiária. As plantas de gleba, as plantas individuais e os memoriais descritivos dos limites dos lotes são os produtos cartográficos finais que caracterizam topograficamente uma parcela rural. No campo, os trabalhos topográficos objetivam o levantamento das linhas de divisa dos lotes rurais, visando sua criteriosa materialização pela colocação de marcos. Em serviços executados por processos aerofotogramétricos, a determinação das coordenadas dos pontos caracterizadores das linhas de divisa dos lotes é feita, em gabinete, através de equipamentos fotogramétricos de precisão, quando, inequivocamente, identificados nos fotogramas, em campo.

Alínea única - quando os pontos caracterizadores de divisas não puderem ser identificados, nas fotografias, em campo, com a requerida segurança, deverão ser determinados por processos topográficos convencionais.

Na caracterização topográfica do imóvel rural, há, sempre, que considerar:

- a) Nas parcelas rurais atravessadas por estradas públicas, a demarcação de seus limites deverá estar de acordo com a faixa de domínio fixada em lei;
- b) Os cursos de água, Terão que seguir rigorosamente o código florestal em vigor , destacando em detalhe, na planta individual do imóvel a área de preservação permanente de acordo com o anexo (IX) (pag 63).

2.5.1 Representações gráficas - Peças Técnicas

A representações gráfica dos levantamentos efetuados se fará através de plantas com rigor cartográfico, devendo ser elaboradas em sistemas de desenho apoiado por computador que propiciem o adequado georeferenciamento das mesmas. Os memoriais descritivos dos imóveis ou glebas seguirão o modelo apresentado no ANEXO VIII. As peças técnicas deverão representar a evolução do processo de levantamento/demarcação de acordo com a Tabela 13 (pag 44).

Tabela 13 - Distribuição de peças técnicas por atividade

Atividade	Peças Técnicas										
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7				
A			✓	✓		✓					
B			✓	✓		✓					
C			✓	✓		✓					
D					✓	✓					
E	✓	✓	✓	✓							
F	✓	✓	✓	✓			✓				

Os códigos apresentados na Tabela 13 correspondem aos documentos seguintes:

- PT1 – Planta Cadastral
- PT2 - Planta Geral do Imóvel
- PT3 – Planta Individual
- PT4 – Memorial Descritivo
- PT5 – Anteprojeto de Parcelamento
- PT6 - Mapa de Uso
- PT7 – Planta Geral de Gleba

Definições:

PT1 – Planta Cadastral: A Planta Cadastral objetiva organizar o conhecimento da malha fundiária de uma determinada área de intervenção. Conterá o perímetro dos imóveis levantados, das parcelas, marcos de controle e demarcadores e outros elementos planimétricos, tais como estradas, aguadas, benfeitorias, reservas etc. A apresentação gráfica da Planta Cadastral, conforme modelo padrão (ANEXO XIV) obedecerá às seguintes especificações:

- 1) Escala de 1:10.000;
- 2) Formato A1/ABNT; área útil para desenho de 50 x 60 cm;
- 3) Malha de coordenadas plano-retangulares UTM espaçadas na escala do mapa em intervalos de 10 cm correspondentes às coordenadas a cada quilômetro;
- 4) Sistema de Projeção UTM;
- 5) Articulação nas dimensões de 3' x 3';
- 6) Código de articulação resultante da divisão em 100 partes articuladas de 3' x 3' da carta, topográfica do mapeamento sistemático brasileiro, na escala de 1:100.000. com seqüência iniciando em 00 correspondendo à posição superior esquerda, crescendo da esquerda para direita e de cima para baixo até 99.

O código será composto do texto MI + número da folha do mapa índice + o número da subdivisão de 00 a 99.

PT2 - Planta Geral do Imóvel: A Planta Geral do Imóvel destina-se ao registro do parcelamento, representando os limites das parcelas, em linhas secas ou acidentadas geográficas, marcos definidores das mesmas, do perímetro do imóvel e confrontações. Deverá ser confeccionada com rigor cartográfico compatível com a escala de impressão. A apresentação gráfica da Planta Geral do Imóvel, conforme modelo padrão (ANEXO XII) obedecerá às seguintes especificações:

1. Formato A1/ABNT;
2. Representação mínima de segmentos em 5mm na escala da planta;
3. Número de folhas com articulação de modo a representar todo o parcelamento, sem entretanto seccionar nenhuma das parcelas
4. Escala ditada pelas condições acima, com ocupação ótima da área útil da folha.
5. Sistema de projeção UTM;
6. Indicação do Meridiano Central (MC), para o ponto central da planta;
7. Malha de coordenadas plano-retangulares UTM espaçadas na escala do mapa em intervalos de 10 cm;
8. Indicação de confrontantes do imóvel;
9. Numeração das parcelas inscrita às mesmas em círculos de raio conveniente;
10. Indicação de distâncias e azimutes correspondentes aos lados representados na planta, sejam estes de parcelas individuais, sejam de áreas de uso comunitário;
11. Indicação de marcos definidores das parcelas com respectivo código identificador;
12. Indicação de estradas internas ao imóvel;
13. Quadro contendo o número total de parcelas e respectivas áreas.

PT3 – Planta Individual - A Planta Individual objetiva proporcionar uma visão detalhada da parcela rural, através de seus limites, forma e confrontações. Destina-se a, juntamente com o Memorial Descritivo, possibilitar a emissão do título de propriedade e seu registro público. A escala da Planta Individual será compatível e proporcionalmente adequada ao formato da folha padrão. A apresentação gráfica da Planta Individual, conforme modelo padrão (ANEXO IX) obedecerá às seguintes especificações:

- 1 Formato A4/ABNT;
- 2 Número ou código, identificando a parcela e seus respectivos confrontantes;
- 3 Azimutes dos lados, em graus, minutos e segundos-arco;
- 4 Comprimento dos lados e perímetro expressos em metros com duas casas decimais;
- 5 Área expressa ao centiare;
- 6 Modelo do selo determinado pelo INCRA (ou de acordo com o padrão do ANEXO X);
- 7 Representação de acidentadas planimétricas, julgadas importantes e levantadas quando dos desenvolvimentos poligonais, segundo convenções adequadas à escala da planta;

- 8 Representação do Meridiano Central (MC) correspondente, da convergência meridiana, e coordenadas plano retangulares (UTM) e geográficas do ponto mais ao norte da parcela;
- 9 Deverão ser destacando, em detalhe, a área de preservação permanente se existir e excluídos da área total da parcela a área de vias públicas e outros legalmente dedutíveis.

PT4 – Memorial Descritivo - Memorial Descritivo é o documento relativo ao imóvel/parcela demarcada, que descreve o perímetro e indica as confrontações e sua área, de acordo com dados técnicos determinados em campo. Será elaborado, de acordo com o modelo padrão (ANEXO VIII), segundo as especificações:

14. Transcrição dos dados relativos ao perímetro, confrontações e área, em escrita corrente, sem rasuras, preenchidos os espaços em branco da descrição, guardando absoluta identidade, com aqueles lançados na Planta Individual;
15. Desenvolvimento da descrição do perímetro e confrontações no sentido direto, a partir do ponto situado na posição mais ao norte da área descrita, indicando as respectivas coordenadas UTM referenciada ao Meridiano Central (MC) e geográficas com referencial planimétrico o SAD69;
16. Os lados do perímetro e as confrontações são caracterizados pelos seus comprimentos reduzidos ao plano UTM e seus respectivos azimutes planos;

PT5 – Anteprojeto de Parcelamento – Destinada a definir a organização territorial do projeto de assentamento, deverá representar os limites projetados das parcelas rurais, parcelas urbanas, áreas de preservação permanente, áreas comunitárias, estradas projetadas e outros equipamentos de expressão territorial, bem como marcos definidores das parcelas a serem implantados. A apresentação gráfica do Projeto de Parcelamento deverá estar conforme modelo padrão (ANEXO X) e conterá :

1. Número de cada parcela a implantar;
2. Valor estimado da área de cada parcela;
3. Posição dos marcos a serem implantados.

PT6 - Planta de Mapa de Uso – O mapa de uso destina-se a representar as feições cartográficas naturais ou não, do uso agrícola e as restrições legais ao uso. A apresentação gráfica do Mapa de Uso, conforme modelo padrão (ANEXO XI) obedecerá às seguintes especificações:

1. Formato A4/ABNT
- 2 Escala adequada ao enquadramento da área no formato A4/ABNT;
3. Malha de coordenadas
4. Sistema de projeção UTM;
5. Legenda correspondente às feições representadas;
6. Informações outras referentes às feições representadas na área útil do mapa

PT7 – Planta Geral da Gleba – Destinada a representar a gleba sob intervenção, sendo cada esta uma subdivisão de um imóvel único. A Planta Geral da Gleba é idêntica à Planta Geral do Imóvel nos casos de inexistência de subdivisão deste. Em caso de subdivisão do imóvel em glebas, deverá ser elaborada a planta geral da Gleba de modo idêntico Planta Geral do Imóvel, inclusive com articulação entre as folhas, conforme modelo padrão (ANEXO XII).

Deverá ser confeccionada com rigor cartográfico compatível com a escala de impressão e obedecer às seguintes especificações:

1. Formato A1/ABNT;
2. Representação mínima de segmentos em 5mm na escala da planta;
3. Número de folhas com articulação de modo a representar todo o parcelamento, sem entretanto seccionar nenhuma das parcelas
4. Escala ditada pelas condições acima, com ocupação ótima da área útil da folha.
5. Sistema de projeção UTM;
6. Indicação do Meridiano Central (MC) e convergência meridiana para o ponto central da planta;
7. Malha de coordenadas plano-retangulares UTM espaçadas na escala do mapa em intervalos de 10 cm;
8. Indicação de confrontantes do imóvel
9. Numeração das parcelas inscrita às mesmas em círculos de raio conveniente;
10. Indicação de distâncias e azimutes correspondentes aos lados representados na planta, sejam estes de parcelas individuais, sejam de áreas de uso comunitário;
11. Indicação de marcos definidores das parcelas com respectivo código identificador;
12. Indicação de estradas internas ao imóvel;
13. Quadro contendo o número de parcelas e suas respectivas áreas

Além dos originais impressos dos produtos finais em material indeformável, deverão ser produzidos os arquivos digitais correspondentes, nos formatos:

- Microstation DGN ou Autocad DXF para as primitivas gráficas (plantas individuais, gerais e de gleba);
- Microsoft™ WORD (.DOC) versão 6.0 ou superior para os memoriais descritivos em concordância com o ANEXO VIII;
- Formato ASCII para os elementos observados, reduzidos (ângulos, distâncias, leituras estadimétricas etc.) bem como dos respectivos relatórios de compensação, ajustamento e processamento off-line quando tratar-se de rastreamento com o GPS.

Nos casos de processamento com GPS os resultados deverão ser apresentados em WGS84 e SAD69.

ANEXO I - O Sistema UTM

Considerações

A representação plana de áreas da superfície terrestre vem de encontro à simplificação dos cálculos de distâncias, áreas e azimutes realizados com coordenadas cartesianas. As projeções cartográficas entretanto, defrontam-se inapelavelmente com o questão básica da cartografia, ou seja, a de representar sobre um plano uma superfície esferoidal. O compromisso de obter-se dos mapas, "com a maior fidelidade possível" elementos definidores de extensões da superfície leva à adoção de sistemas de projeção que possam satisfazer esta ou aquela exigência. Conhecida desde o século XVI, a projeção de MERCATOR³ foi modificada de sua forma original, pela rotação da superfície de projeção cilíndrica em 90°, de modo a que seu eixo se colocasse perpendicularmente ao eixo de rotação terrestre.

Modificação apresentada por Gauss em 1822 passou a considerar a forma da Terra para fins de projeção como um elipsóide de revolução, substituindo a até então utilizada forma esférica. Esta tornava impraticável cartograficamente a representação coerente da Terra em escalas maiores que 1:100.000. Com a modificação proposta por Gauss, e os estudos realizados por Leonhard Krüger nos anos 20, a projeção assim modificada ficou conhecida por Gauss-Krüger.

Aprimoramento efetuado sobre a projeção de Gauss-Krüger em 1947 pelas forças armadas dos EUA deram origem ao sistema UTM, à maneira como é definido atualmente e dando-lhe característica universal. Desde então sua utilização popularizou-se em todo o mundo, não apenas para fins militares como também para usos civis.

Características da projeção

- Projeção conforme⁴, definida entre as latitudes de 84° N e 80° S.
- Divide a Terra em 60 elementos denominados *zonas*, espaçadas em 6°, numeradas de 1 a 60.
- À zona 1 corresponde à região interna aos meridianos de longitudes 174° W e 180° W, sendo o sentido crescente da numeração para leste. Para o Brasil as zonas utilizadas são as de 19 a 25
- Cada zona subdivide-se em intervalos de latitude correspondentes a 8°, iniciando com a letra **C** correspondendo ao intervalo entre 72° N e 64°N, até a letra **X** correspondendo ao intervalo entre 72°S e 80°S. Excetuam-se desta seqüência as letras I e O para evitar equívocos. No Brasil, as letras correspondentes à variação de latitudes são **L** para a região acima do equador **M, N, P, Q** e **R** respectivamente para os intervalos 0° a 8°S, 8° a 16°S, 16° a 24°S, 24° a 32°S e 32° a 40°S, conforme Tabela A1.

⁴ Note que se está referindo à guisa de ilustração à projeção de MERCATOR e não à projeção UTM, objetivo do presente ANEXO.

⁵ Conforme – Propriedade que mantém inalterada a forma da área representada no mapa, modificando entretanto características quantitativas tais como comprimento ou área correspondente.

Tabela 14 – Divisão das zonas em intervalos

Letra	Intervalo	Observação
L	08°N e 0°	Hemisfério norte
M	0° e 08°S	Hemisfério sul
N	08°S e 16°S	“
P	16°S e 24°S	“
Q	24°S e 32°S	“
R	32°S e 40°S	“

- Meridiano central correspondente a cada zona na longitude média e submetido ao fator de escala K_0 arbitrado em 0,9996 ou $1 - \frac{1}{2.500}$ com respeito ao seu valor verdadeiro, mantendo a variação de escala dentro de uma mesma zona inferior a 1:1000
- Linhas de secância ou de escala igual a 1,0 distantes do meridiano central em aproximadamente a 180 km, conforme Figura A1.
- Origem das coordenadas em cada zona correspondendo ao cruzamento entre o meridiano central (MC) da zona e o equador terrestre
- Coordenadas planas cartesianas projetadas acrescidas das constantes:
 - 500.000 m às coordenadas ESTE
 - 10.000.000 m às coordenadas NORTE quando tratar-se de pontos no hemisfério sul

Como decorrência da existência de regiões onde o coeficiente de escala K difere de 1, assumindo valores maiores e menores que este, a superfície projetada sofre ampliações e reduções, dependendo de sua posição relativa ao meridiano central.

Na região central (± 180 km do MC) verifica-se um encolhimento da região projetada, além da conversão de escala do mapeamento. Efeito inverso ocorre com elementos representados e que encontram-se entre as linhas de secância e os limites da zona. Estes aparecem “maiores” que deveriam ser. Em medidas de áreas e distâncias que se utilizem de coordenadas planas do sistema UTM essas considerações deverão ser observadas.

Dentre as vantagens já referidas da utilização de um sistema de coordenadas planas está a facilidade com que os cálculos podem ser realizados com base nas coordenadas, observadas algumas precauções.

Tome-se o exemplo de dois pontos presentes em um mapa na projeção UTM e que possuam coordenadas $P_1 (E_1, N_1)$ e $P_2 (E_2, N_2)$. O azimuth plano da direção definida pelos mesmos, ajustando-se a questão dos quadrantes, poderá ser calculado por

$$Az = \arctan\left(\frac{E_2 - E_1}{N_2 - N_1}\right), \quad (I-1)$$

enquanto que a distância entre os mesmos é dada por

$$d_{1-2} = \sqrt{(E_2 - E_1) + (N_2 - N_1)} \quad (\text{I-2}).$$

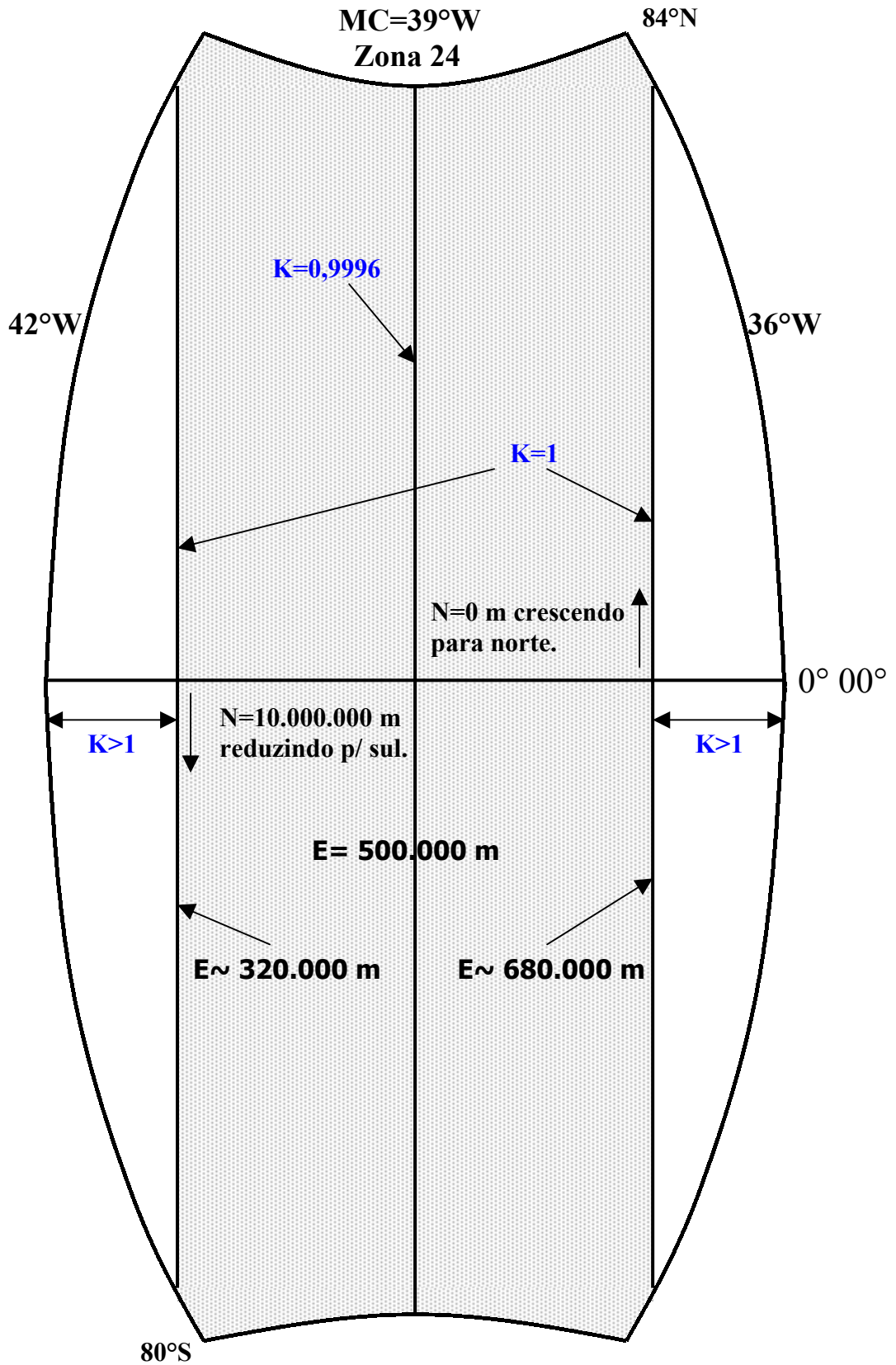
As precauções ficam por conta de:

1. que o fator de escala (K) deverá ser considerado para alcançar-se o valor verdadeiro da distância;
2. que as distâncias deduzidas das coordenadas UTM corresponde à distância medida sobre a corda e não sobre a geodésica, que corresponde rigorosamente à menor distância entre dois pontos sobre o elipsóide. Para dimensões inferiores a ~10 km esta diferença é insignificante, bem como o fato de que o fator de escala varia ao longo da distância medida, podendo ser adotado o valor médio;
3. considerando que as distâncias obtidas das coordenadas referem-se à superfície do elipsóide, nova correção deverá ser aplicada para a obtenção da verdadeira distância entre dois pontos situados acima (ou abaixo) do elipsóide. Langley (1998) exemplifica um fator de 1,0000500025 para uma altitude média de 300m;
4. as distâncias não levam em consideração as ondulações do terreno, as quais podem acrescentar o percurso em até 40%
5. os azimutes calculados por I-1 são planos e diferem do azimute verdadeiro pela convergência de meridianos (γ);
6. uma pequena correção deverá ser acrescida ao azimute deduzido em I-1 pelo fato de que a tangente ao meridiano, digamos no ponto P_1 forma um ângulo com a direção que interliga P_1 e P_2 denominado de redução arco - corda. Tal redução deverá ser considerada na obtenção rigorosa do azimute verdadeiro a partir das coordenadas UTM.

Tabela 15 - Tabela de fusos para o Brasil

Mer. Cen.	78 75 72	72 69 66	66 63 60	60 57 54	54 51 48	48 45 42	42 39 36	36 33 30
SR-14/AC	AC 75	AC 69						
SR-22/AL							AL 39	AL 33
SR-15/AM	AM 75	AM 69	AM 63	AM 57				
SR-21/AP				AP 57	AP 51			
SR-05/BA						BA 45	BA 39	
SR-02/CE							CE 39	
SR-28/DF					DF 51	DF 45		
SR-20/ES							ES 39	
SR-04/GO					GO 51	GO 45		
SR-12/MA						MA 45		
SR-27/MB					MB 51			
SR-06/MG					MG 51	MG 45	MG 39	
SR-16/MS				MS 57	MS 51			
SR-13/MT			MT 63	MT 57	MT 51			
SR-01/PA				PA 57	PA 51	PA 45		
SR-18/PB							PB 39	PB 33
SR-03/PE							PE 39	PE 33
SR-24/PI						PI 45	PI 39	
SR-09/PR				PR 57	PR 51			
SR-07/RJ						RJ 45	RJ 39	
SR-19/RN							RN 39	RN 33
SR-17/RO		RO 69	RO 63					
SR-25/RR			RR 63	RR 57				
SR-11/RS				RS 57	RS 51			
SR-10/SC					SC 51			
SR-23/SE							SE 39	
SR-08/SP					SP 51	SP 45		
SR-26/TO					TO 51	TO 45		
SR-28/SF							SF 39	
Fuso/Zona	18	19	20	21	22	23	24	25

Figura A1 – Zona UTM 24, abrangendo a região entre as longitudes 36° W e 42° W.



ANEXO II – Descrição dos sistemas de referência

O Sistema Geodésico Brasileiro SGB e o WGS 84

O Sistema Geodésico Brasileiro, definido na Resolução PR n.º) 22, de 21.07.83, e homologadas pela Resolução COCAR 02/83, de 14.07.83, publicada no D.O. de 27.07.83 adota como datum de referência o *South American Datum* 1969 – SAD69. O SAD69 possui origem topocêntrica no vértice Chuá da cadeia de triangulação fundamental brasileira e adota como superfície de referência o elipsóide de revolução definido pelos parâmetros:

Semi-eixo maior (a) = 6.378.160,0 m

Achatamento (α) = 1/298,25.

Trata-se portanto de um datum geodésico local, com parâmetros definidos de modo a aproximar-se tanto quanto possível (no conceito de mínimos quadrados) da superfície geoidal no continente sul americano.

O advento dos sistemas de posicionamento baseados em satélites artificiais (NNSS-TRANSIT, NAVSTAR_GPS, GLONASS etc.) enseja a utilização de sistemas de referência globais. O datum ao qual estão referidas as coordenadas determinadas através do GPS é o World Geodetic System 1984 – WGS84. Definido como um sistema geocêntrico, ou seja, tendo o centro do elipsóide de revolução a ele associado coincidindo com o centro de massa da Terra, tem a máxima aderência entre este elipsóide e o geóide de caráter global. A responsabilidade pela definição do sistema de referência do GPS e suas adaptações é da *National Imagery and Mapping Agency – NIMA*.

O elipsóide de revolução do WGS84 tem os seguintes parâmetros⁵ definidores

Semi-eixo maior (a) = 6378137,0

Achatamento (α) = 1/298.257223563

Em virtude da diferença entre os dois sistemas (SAD69 e WGS84) tanto em origem como em termos de forma da superfície de referência, torna-se necessária compatibilização das

⁶ A *NIMA* aperfeiçoou o WGS84 original através do recálculo das coordenadas das estações monitoras do segmento de controle em termos do ITRF91 para o instante 1994. O (Swift, 1994 & Malys and Slater, 1994). Neste aperfeiçoamento foi modificada a constante GM pelo valor recomendado pelo International Earth Rotation Service – IERS (1992). Este refinamento foi designado por WGS84(G730) em referência à semana GPS 730 e implementado nas órbitas das efemérides precisas a partir de 2 de janeiro de 1994. As coordenadas das estações de controle foram modificadas a partir de 29 de junho de 1994. Em setembro de 1996 as coordenadas das estações de controle foram recalculadas com base no sistema de referência WGS84(G873) e implementadas a partir de 29 de janeiro de 1997 (Malys and Slater, 1997). As modificações, transparentes para os usuários de levantamentos e navegação, tornaram o WGS84 consistente com o ITRF no nível de alguns centímetros (ibid).

coordenadas com o datum desejado. A não consideração dessa transformação tem implicações substanciais nos resultados obtidos, implicando erros que podem atingir dezenas de metros, tanto em planimetria (E e N) quanto na altimetria (h).

A transformação entre sistemas de referência é um processo matemático simples. Vários procedimentos estão disponíveis para a conversão, sendo agrupados normalmente em três categorias:

- Translação bi-dimensional
- Transformação de similaridade
- Transformação projetiva

A transformação bi-dimensional restringe-se a, conhecidas as coordenadas de um ponto na posição central da área em ambos os sistemas, aplicar as diferenças em latitude e longitude aos demais pontos procurados. Essa solução restringe-se a áreas pequenas

Sejam as coordenadas de um ponto do centro da área conhecidas nos sistemas 1 e 2, respectivamente dadas por

$$P_1 (\varphi_1 \lambda_1)$$

$$P_2 (\varphi_2 \lambda_2)$$

As diferenças entre coordenadas serão respectivamente

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$$

As coordenadas no sistema 2 dos pontos P_i dos pontos levantados serão obtidas por

$$\varphi_i = \varphi_1 + \Delta\varphi$$

$$\lambda_i = \lambda_1 + \Delta\lambda.$$

A transformação de similaridade é normalmente utilizada através de uma das duas soluções conhecidas como transformação de Bursa-Wolf e de Molodensky-Badekas (Featherstone & Langley, 1997). A primeira indicada para a transformação entre sistemas definidos a partir de satélites - *satélit derived systems*, enquanto a segunda é mais adaptada à transformação entre datums derivados de observações espaciais e datums derivados de observações terrestres. A diferença entre as soluções é devida à posição da origem da transformação.

Sete parâmetros são em geral utilizados na transformação completa por um dos modelos referidos. São divididos em três parâmetros de translação entre as origens dos sistemas (dX, dY, dZ), três de rotação em torno de cada um dos eixos cartesianos (ε_x , ε_y , ε_z) e um fator de escala (m). Além dos parâmetros acima, os valores dos semi-eixo maior (a) e achatamento (α) de ambos os sistemas são necessários. O modelo matemático da transformação de similaridade é o seguinte:

$$X_2 = T + (1+m) \cdot R \cdot X_1,$$

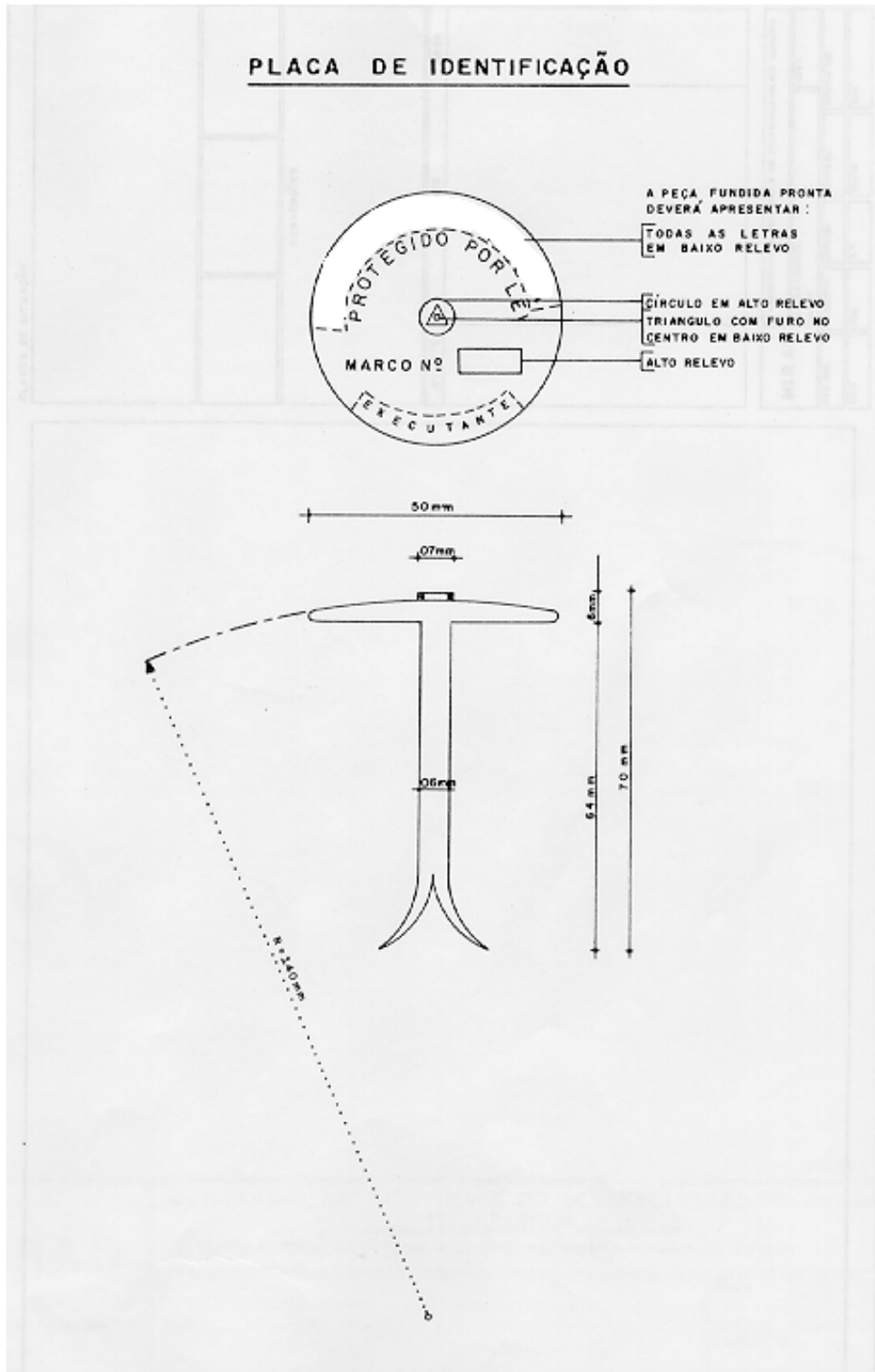
ANEXOS III a XVI – Peças Técnicas

Anexo III – Descrição da Estação Poligonal

DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO POLIGONAL

	MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO INCRA NO ESTADO DE- SR-			
	GLEBA / IMÓVEL		POLIGONAL	MARCO
RESP. TÉCNICO	EMPRESA	OPERADOR	FONTE	DATUM
E =	N =	MC =	Lat. =	Long. =
DESCRIÇÃO DO ITINERÁRIO E DA ESTAÇÃO				
ESBOÇO			OBSERVAÇÕES	
			VISTO	DATA

Anexo V – Placa de Identificação do Marco



Anexo VI – Descrição da Referência de Nível

DESCRIÇÃO DA REFERÊNCIA DE NÍVEL

	Ministério do Desenvolvimento Agrário INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO INCRA NO ESTADO DE- SR-			
	GLEBA / IMÓVEL		POLIGONAL	MARCO
EMPRESA	RESPONSÁVEL TÉCNICO	OPERADOR	FONTE	DATA
MUNICÍPIO	ESTADO	INSTRUMENTO	RN de PARTIDA	h =
DESCRIÇÃO DO ITINERÁRIO E DA RN				
ESBOÇO			OBSERVAÇÕES	
			VISTO	
			DATA	

Anexo VIII – Memorial Descritivo

Ministério do Desenvolvimento Agrário
INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO INCRA NO ESTADO DO PARANÁ – SR(09)
DIVISÃO TÉCNICA

MEMORIAL DESCRITIVO

IMÓVEL : P.A Bela Vista
LOTE: 24
MUNICÍPIO: Ventania

ÁREA(ha): 14,4975
PERÍMETRO(m): 1763,85
U.F: Paraná

Inicia-se a descrição deste perímetro no marco M-0123 , de coordenadas geográficas, latitude $24^{\circ}03'50.33545''$ S e longitude $50^{\circ}16'38.52344''$ W e coordenadas UTM N 7.338.491,614 e E 573.464,906 MC 51 WGr., Datum SAD-69, situado na bifurcação de duas Estradas Municipais; Deste segue por Estrada Municipal, confrontando com a mesma, com a distância de 233.15 m até o ponto E-3055; deste segue por linha seca confrontando com a Estrada Municipal com o azimute de $168^{\circ}01'13''$ e distância de 20,80 m até o marco M-0068; deste segue por linha seca, confrontando com o lote - 25 com o azimute de $190^{\circ}56'50''$ e a distância de 184,12 m até o marco M-0050; deste segue pelo Ribeirão Água da Ponta da Pedra a montante, confrontando com lote - 12 com a distância de 189,84 m até o marco M-0051; deste segue pelo Ribeirão Água da Ponta da Pedra a montante, cruzando a Estrada Municipal, confrontando com reserva - R-3 com a distância de 248,51 m até o marco M-0052; deste segue por linha seca, confrontando com lote - 21 com o azimute de $346^{\circ}09'06''$ e a distância de 316,82 m até o marco M-0077; deste segue pela Estrada Municipal, confrontando com a mesma com a distância de 591,41 m até o marco M-0123; ponto inicial da descrição do perímetro.

OBS: Foram deduzidos 0,4654 ha referente a área de estrada.

Curitiba, 17 de Dezembro de 1998.

RESPONSÁVEL TÉCNICO

CONFERE

VISTO

Anexo VIII (cont.)

Ministério do Desenvolvimento Agrário
INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA - INCRA
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO INCRA NO ESTADO DO PARANÁ – SR(09)
DIVISÃO TÉCNICA

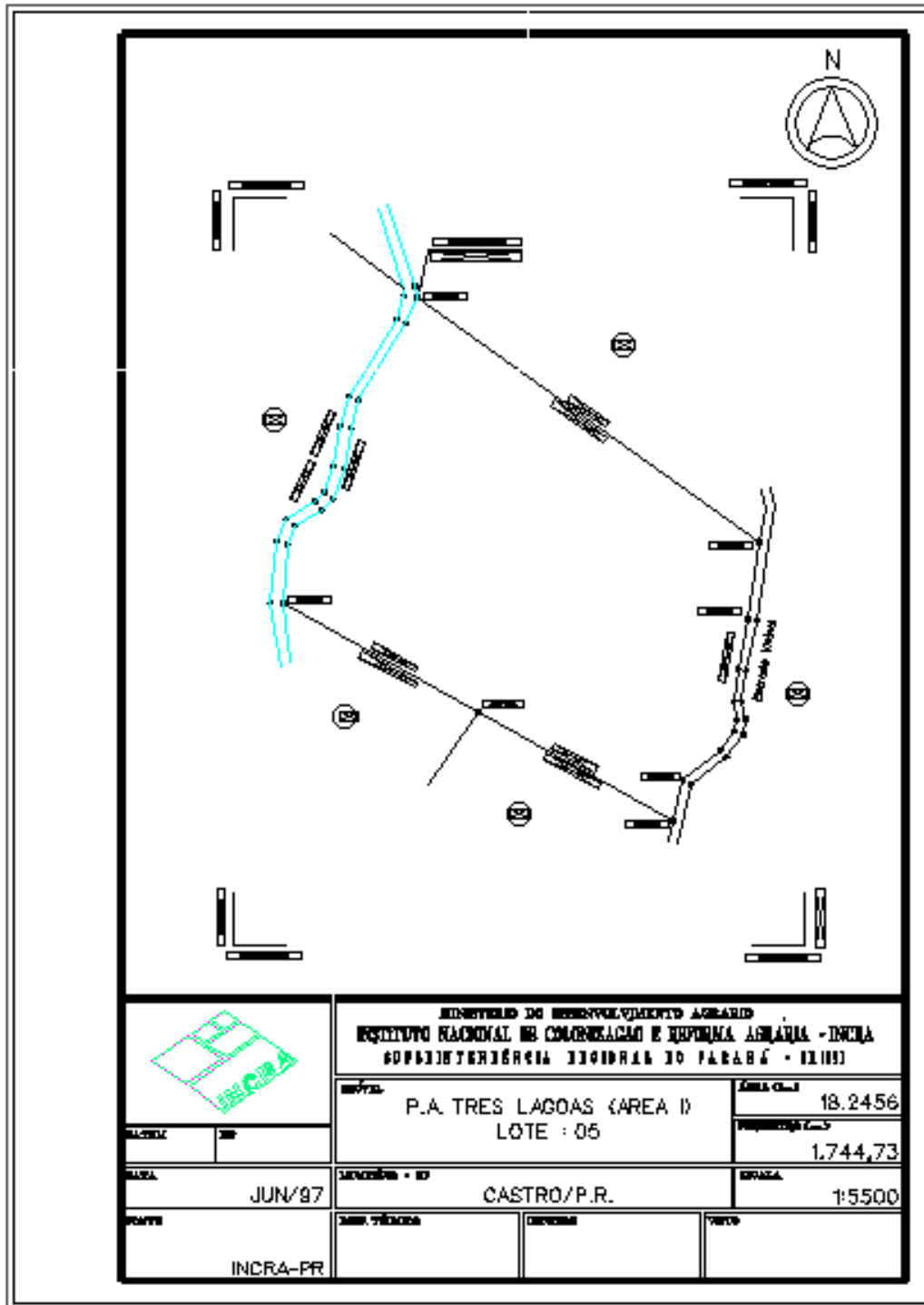
Cálculo Analítico de Área, Azimutes, Lados, Coordenadas Geográficas e UTM

IMÓVEL: P.A Bela Vista Lote - 24
MUNICÍPIO: Ventania / Paraná

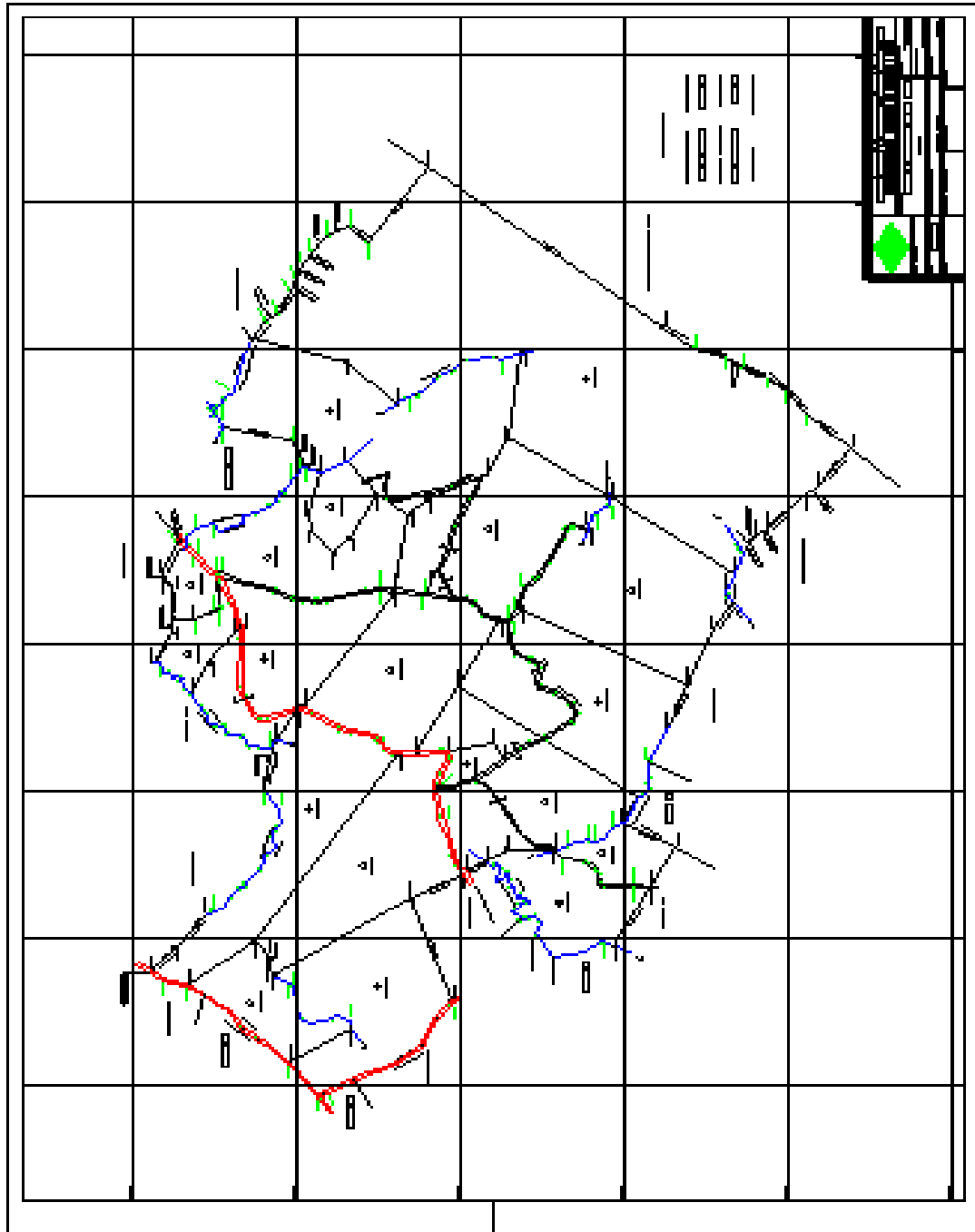
Datum: SAD-69 Meridiano Central: 51° WGr

Estação	Vante	Coord. Norte	Coord. Este	Azimute	Distância	Fator Escala	Latitude	Longitude	
M-0123	E-3050	7338491.614	573464.906	131°37'21"	37.52	0.99966629	24°03'50.33545" S	50°16'38.52344" W	
E-3050	E-3051	7338466.690	573492.957	138°08'16"	32.78	0.99966634	24°03'51.14112" S	50°16'37.52566" W	
E-3051	E-3051	7338442.274	573514.835	163°33'16"	6.78	0.99966638	24°03'51.93130" S	50°16'36.74653" W	
E-3051	E-3053	7338435.771	573516.754	177°52'00"	22.47	0.99966638	24°03'52.14242" S	50°16'36.67738" W	
E-3053	E-3054	7338413.313	573517.591	193°52'11"	34.07	0.99966638	24°03'52.87244" S	50°16'36.64366" W	
E-3054	E-3055	7338380.238	573509.424	204°07'58"	78.73	0.99966637	24°03'53.94918" S	50°16'36.92681" W	
E-3055	M-0068	7338308.391	573477.236	168°01'13"	20.80	0.99966631	24°03'56.29057" S	50°16'38.05348" W	
M-0068	M-0050	7338288.040	573481.554	190°56'50"	184.12	0.99966632	24°03'56.95152" S	50°16'37.89687" W	
M-0050	S-4202	7338107.269	573446.588	248°24'31"	46.33	0.99966625	24°04'02.83482" S	50°16'39.10208" W	
S-4202	S-4201	7338090.221	573403.511	225°03'15"	29.19	0.99966618	24°04'03.39630" S	50°16'40.62433" W	
S-4201	S-4200	7338069.597	573382.848	220°57'17"	50.01	0.99966614	24°04'04.07031" S	50°16'41.35226" W	
S-4200	M-0051	7338031.831	573350.071	232°01'13"	64.31	0.99966608	24°04'05.30368" S	50°16'42.50602" W	
M-0051	M-0052	7337992.255	573299.379	263°18'59"	248.51	0.99966599	24°04'06.59888" S	50°16'44.29384" W	
M-0052	M-0067	7337963.332	573052.561	346°09'06"	316.82	0.99966555	24°04'07.58038" S	50°16'53.02848" W	
M-0067	D-3165	7338270.946	572976.728	115°47'18"	51.17	0.99966541	24°03'57.59145" S	50°16'55.76940" W	
D-3165	D-3166	7338248.684	573022.804	96°26'34"	29.96	0.99966549	24°03'58.30762" S	50°16'54.13385" W	
D-3166	D-3167	7338245.322	573052.572	71°30'18"	27.25	0.99966555	24°03'58.41196" S	50°16'53.07916" W	
D-3167	D-3168	7338253.968	573078.419	66°53'19"	164.14	0.99966559	24°03'58.12657" S	50°16'52.16551" W	
D-3168	D-3169	7338318.397	573229.389	66°02'05"	224.21	0.99966586	24°03'56.00662" S	50°16'46.83140" W	
D-3169	D-3170	7338409.469	573434.273	54°46'17"	27.91	0.99966623	24°03'53.01138" S	50°16'39.59318" W	
D-3170	D-3171	7338425.566	573457.068	15°41'51"	16.08	0.99966627	24°03'52.48419" S	50°16'38.78895" W	
D-3171	M-123	7338441.046	573461.419	3°56'42"	50.69	0.99966628	24°03'51.98017" S	50°16'38.63772" W	
Perímetro :		1763,85 m							
Área Total:		149629,58 m²		14,96296 ha					
Área Deduzida:		4654,00 m²		0,46540 ha		dedução: Estrada Municipal			
Área Remanescente:		144975,58 m²		14,49756 ha					

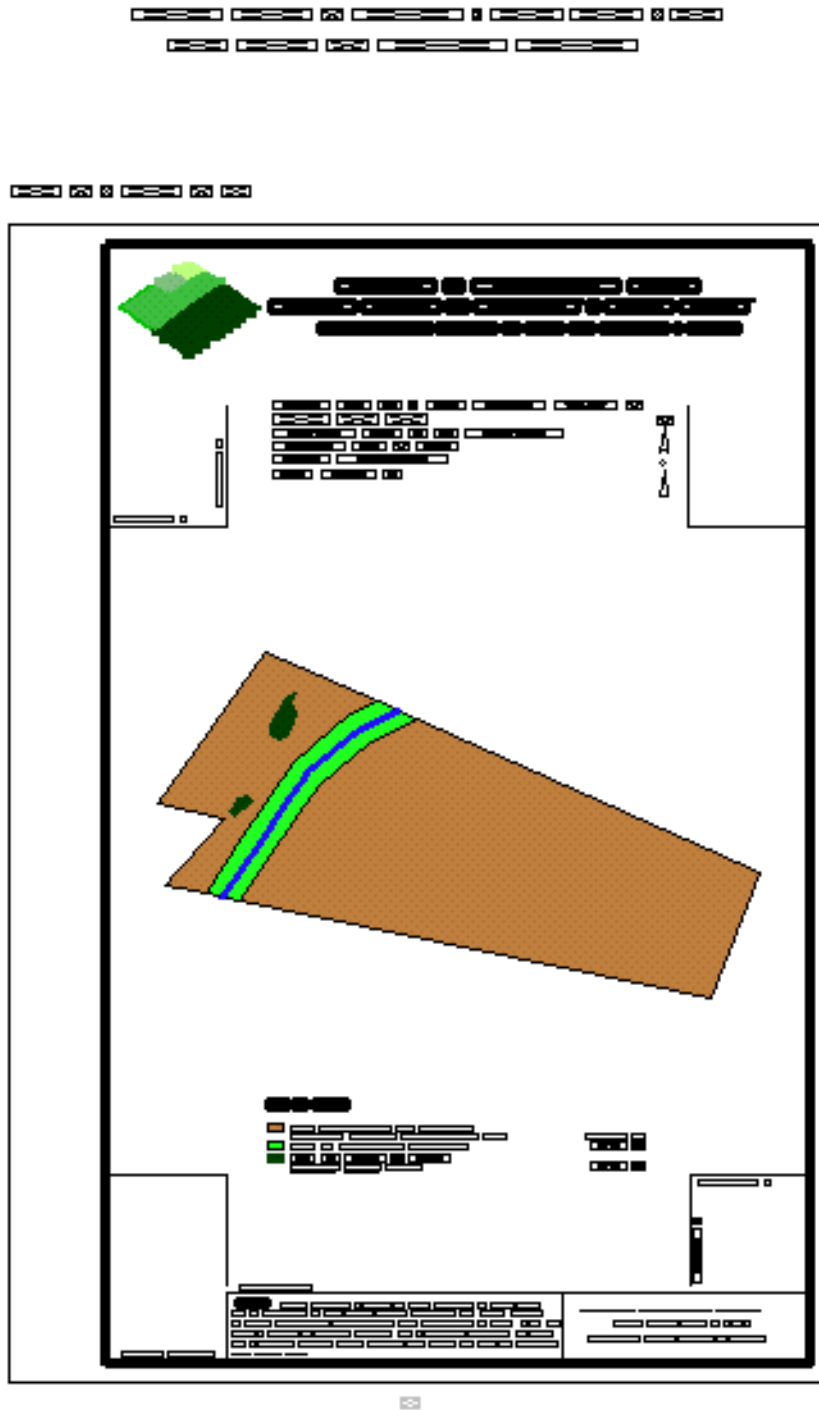
Anexo IX – Planta Individual



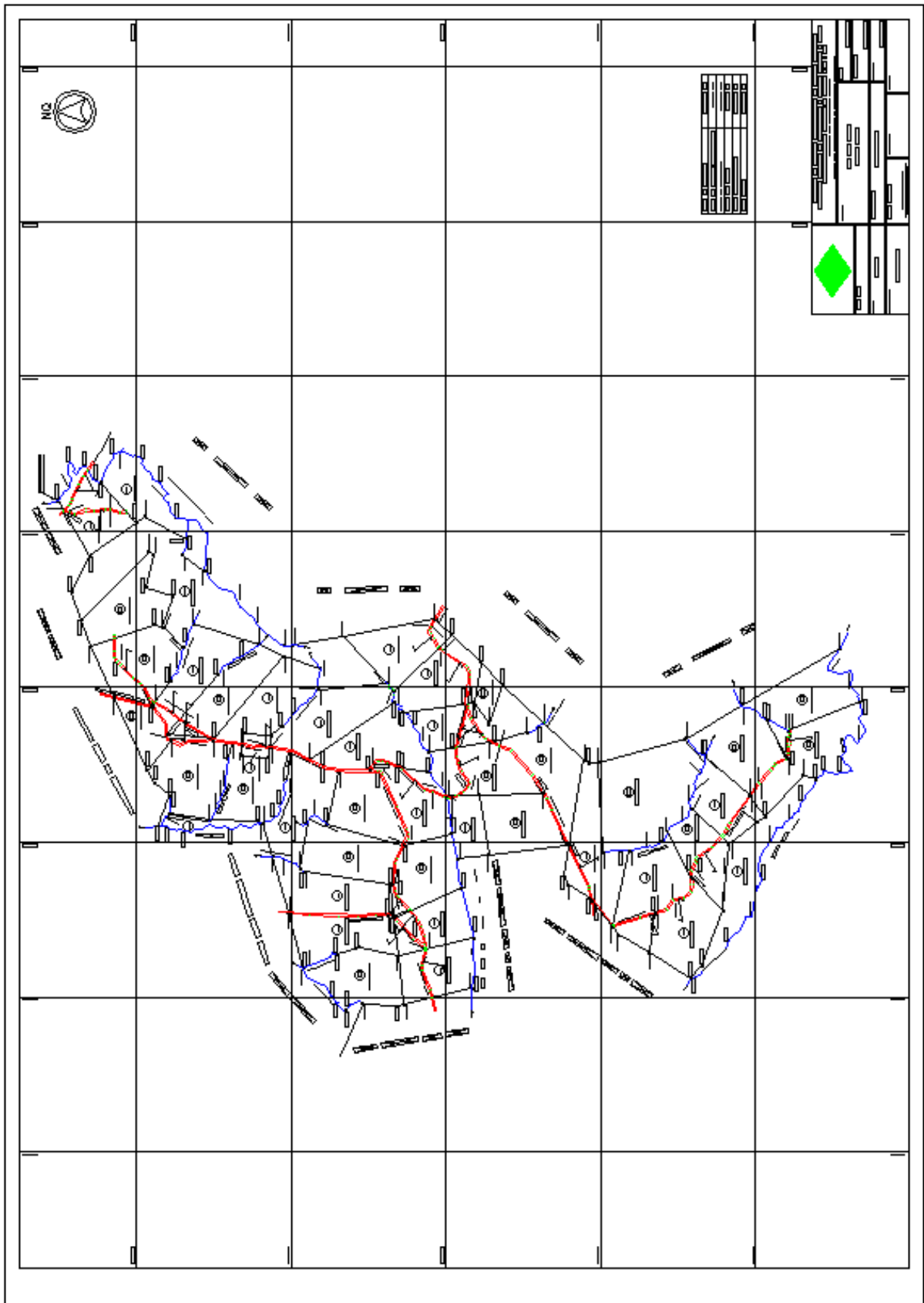
Anexo X – Projeto de Parcelamento



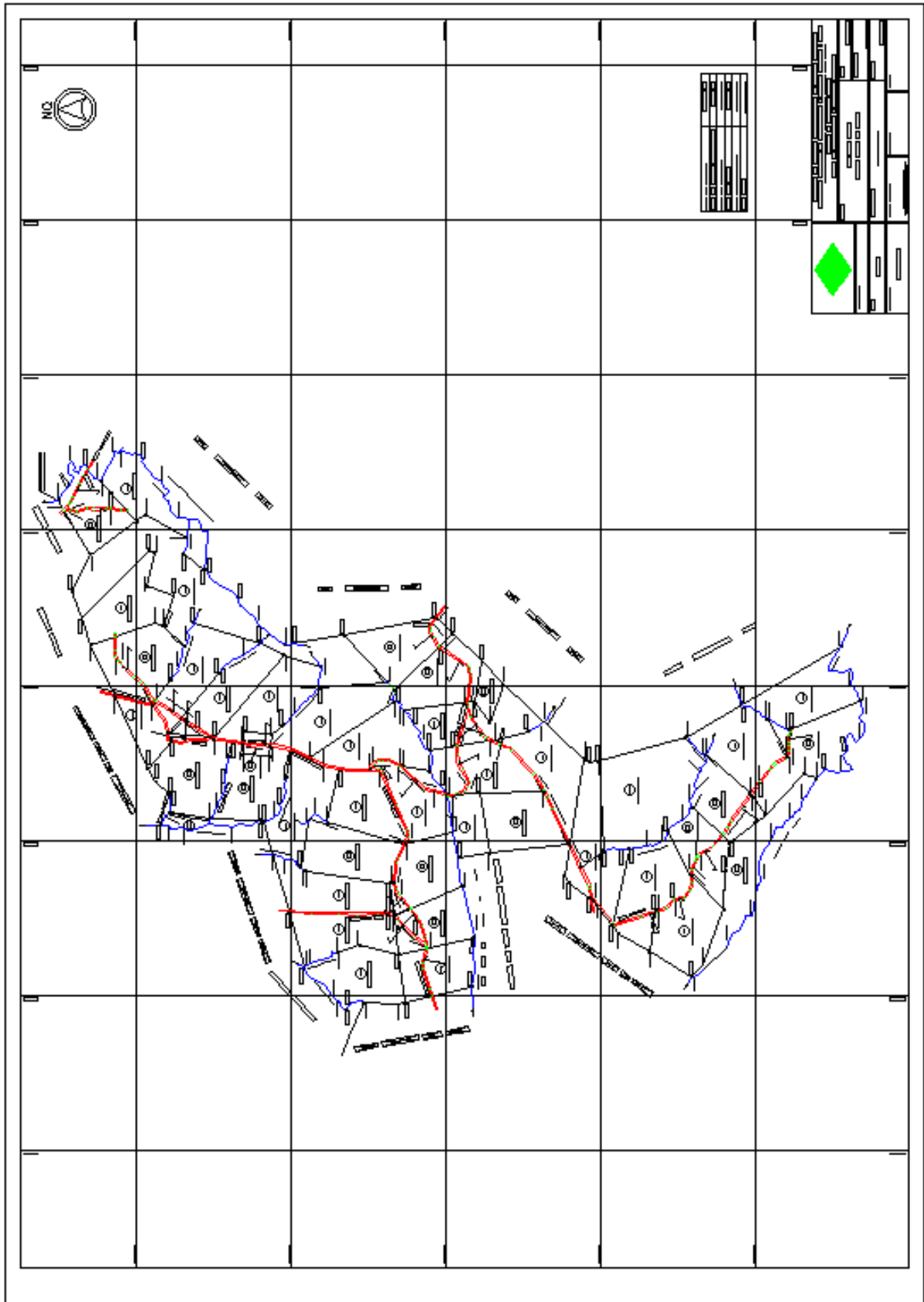
Anexo XI – Planta de Uso



Anexo XII – Planta Geral do Imóvel



Anexo XIII - Planta Geral da Gleba



Anexo XIV – Planta Cadastral

