

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**USO DO RECEPTOR GPS TOPOGRÁFICO NA OBTENÇÃO DE CARTAS
E MODELO DIGITAL DO TERRENO**

RAMON JULIANO RODRIGUES

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em
Agronomia – Área de concentração em Energia
na Agricultura.

BOTUCATU – SP
Setembro – 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**USO DO RECEPTOR GPS TOPOGRÁFICO NA OBTENÇÃO DE
CARTAS E MODELO DIGITAL DO TERRENO**

RAMON JULIANO RODRIGUES
MATEMÁTICO

Orientador: Prof. Dr. Lincoln Gehring Cardoso

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP
Setembro – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

R696u Rodrigues, Ramon Juliano, 1982-
 Uso do receptor GPS topográfico na obtenção de cartas e
 modelo digital do terreno / Ramon Juliano Rodrigues. -
 Botucatu : [s.n.], 2010
 x, 98 f. : il. color. fots. color.

 Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Fa-
 culdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010
 Orientador: Lincoln Gehring Cardoso
 Inclui bibliografia.

 1. Criação de cartas. 2. GPS. 3. Modelo digital do ter-
 reno. 4. Planialtimetria. 5. Georreferenciamento. I. Car-
 doso, Lincoln Gehring. II. Universidade Estadual Paulista
 "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade
 de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "USO DE RECEPTOR GPS TOPOGRÁFICO NA OBTENÇÃO DE CARTAS
E MODELO DIGITAL DO TERRENO"**

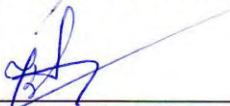
ALUNO: RAMON JULIANO RODRIGUES

ORIENTADOR: PROF. DR. LINCOLN GEHRING CARDOSO

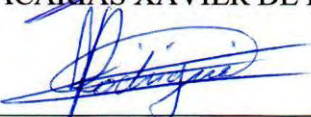
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LINCOLN GEHRING CARDOSO



PROF. DR. ZACARIAS XAVIER DE BARROS



PROF. DR. VILMAR ANTONIO RODRIGUES



PROFA. DRA. FERNANDA LEITE RIBEIRO



PROF. DR. SERGIO PASCHOAL DE CAMPOS

Data da Realização: 28 de setembro de 2010

Dedico

Aos meus pais, Osvaldo e Vera.

Simplesmente por tudo.

A Jocilene minha futura esposa.

Aos meus irmãos Hudson, Robson e Willian, que me incentivaram e me apoiaram durante toda minha jornada estudantil e pessoal.

Aos meus Avós (in memoriam). Onde quer que estejam, sei que estão orgulhosos.

Ofereço!

Ao **Professor Doutor Lincoln Gehring Cardoso** por demonstrar confiança e amizade, cuja ajuda foi imprescindível nos momentos difíceis e pela orientação tornando possível a realização deste trabalho sem contar com a compreensão nos vários momentos dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que passaram pela minha vida entre os anos de 2008 a 2010, Deus sabe o que eu quero dizer com esse agradecimento, pelos aprendizados e pelas árduas batalhas ocorridas nesse período e agradeço ainda acima de tudo esse momento de calma em que chego para essa defesa de Tese de Doutorado.

Agradeço também ao programa de Pós-Graduação da FCA UNESP de Botucatu.

SUMÁRIO

RESUMO	1
1.INTRODUÇÃO	3
2.REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 A Topografia	5
2.2 Posicionamento	6
2.3 Cartas Cadastrais	7
2.4 Equipamentos Topográficos	8
2.5 Métodos de Posicionamento Global	8
2.6 Introdução ao GLONASS.....	11
2.7 Introdução ao GALILEO.....	11
2.8 Precisão do GPS em diversas utilizações	11
2.9 Cartografia e SIG/GIS	14
2.10 Cartografia	17
2.11 Modelo Numérico do Terreno (MNT)	18
2.12 Lei 10.267 (Lei do Georreferenciamento)	20
2.13 Identificação dos Limites para o Georreferenciamento	20
2.13.1 Identificação dos Limites em Linha Seca	21
2.13.2 Cursos d'água	22
2.13.3 Vértices.....	23
2.13.4 Vértices tipo M.....	24
2.13.5 Vértice do tipo P.....	24
2.13.6 Vértice tipo V	25
2.13.7 Vértice extraído por determinação analítica.....	25
2.13.8 Vértice Extraído de base Cartográfica C5.....	25
2.13.9 Vértice Projetado.....	26
2.13.10 Vértice tipo O.....	27
2.14 Datum	27
2.15 Correção Diferencial	28
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	29

3.1 Área de estudo: localização e caracterização	29
3.1.1 Equipamentos e softwares utilizados	31
3.1.2 Base de correção de dados	32
3.1.3 Referências Cartográficas	34
3.2 Coleta de dados com receptor GPS	35
3.2.1 Processamento dos dados para Correção Diferencial	37
3.2.2 Utilizando o levantamento de campo na criação de mapas	40
3.2.3 Identificação das Cartas	41
3.2.4 Georreferenciamento das cartas	44
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.CONCLUSÃO	95
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Curvas de nível equidistantes 5m da microbacia digitalizadas.....	16
Figura 2- Representação tridimensional da área da microbacia.....	17
Figura 3- Faixa de Domínio para identificação dos Marcos Tipo O.....	21
Figura 4- Projeção da linha de transmissão.....	22
Figura 5- Conceito de Vértices.....	23
Figura 6- Vértice do Tipo P.....	24
Figura 7- Vértice tipo V por determinação Analítica.....	25
Figura 8- Vértice tipo V projetado.....	26
Figura 9- Vértice tipo O.....	27
Figura 10- Posicionamento da área em relação às rodovias regionais.....	30
Figura 11- Vista geral da área em mapa.....	31
Figura 12- Vista geral da área em estudo com os lotes discriminados.....	32
Figura 13- Localização de Estações de Referência.....	34
Figura 14- Mapa e detalhes internos.....	35
Figura 15- Primeiro passo para a Correção Diferencial dos dados de campo.....	38
Figura 16- Janela aberta dentro da operação de Correção Diferencial dos dados.....	39
Figura 17- Representação da parte final da correção dos dados de campo.....	40
Figura 18- TOPOEVN 6.0.....	41
Figura 19- Malha de identificação das cartas do Plano Cartográfico do estado de São Paulo.	42
Figura 20- Malha de identificação das cartas com o desenho georreferenciado sobreposto....	43
Figura 21- Área de sobreposição da Carta geográfica 73/71.....	44
Figura 22- Área de sobreposição da Carta Geográfica 73/72.....	45
Figura 23- Cartas Cadastrais georreferenciadas ao SAD 69.....	46
Figura 24- Intersecção das linhas de referência da carta geográfica.....	47
Figura 25- Segundo ponto de referência para georreferenciamento da imagem.....	48
Figura 26- Carta Cadastral ao fundo como referência e a posição de cada lote no interior do mapa	49
Figura 27- Lote 52, detalhes internos do mapa.....	50
Figura 28- Carta Cadastral e perímetro do lote 52.....	52

Figura 29- Perímetro, curvas de carta, curvas locadas em campo e estradas.....	53
Figura 30- Área com sua representação topográfica.....	54
Figura 31- Perímetro do lote e Carta cadastral ao fundo.....	55
Figura 32- Lote 73, vista geral das curvas sobrepostas.....	56
Figura 33- Mapa do lote 49.....	57
Figura 34- Parte da Carta cadastral referente ao lote 49.....	58
Figura 35- Sobreposição do lote 49 a Carta cadastral.....	59
Figura 36- Mapa do lote 53.....	60
Figura 37- Carta cadastral referente ao lote 53.....	61
Figura 38- Sobreposição do lote 53 a Carta cadastral.....	62
Figura 39- Mapa do lote 59.....	63
Figura 40- Carta cadastral referente ao lote 59.....	64
Figura 41- Sobreposição do lote 59 a Carta cadastral.....	65
Figura 42- Mapa do lote 61.....	66
Figura 43- Carta Cadastral referente ao lote 61.....	67
Figura 44- Sobreposição do lote 61 a Carta cadastral.....	68
Figura 45- Mapa do lote 64.....	69
Figura 46- Carta Cadastral referente ao lote 64.....	70
Figura 47- Sobreposição do lote 64 a Carta cadastral.....	71
Figura 48- Mapa do lote 67.....	72
Figura 49- Carta Cadastral referente ao lote 67.....	73
Figura 50- Sobreposição do lote 67 a Carta cadastral.....	74
Figura 51- Mapa do lote 68.....	75
Figura 52- Carta Cadastral referente ao lote 68.....	76
Figura 53- Sobreposição do lote 68 a Carta cadastral.....	77
Figura 54- Mapa do lote 73.....	78
Figura 55- Carta Cadastral referente ao lote 73.....	79
Figura 56- Sobreposição do lote 73 a Carta cadastral.....	80
Figura 57- Imagem de Satélite Cnes/Spot Imagem 2010.....	82
Figura 58- Lote 94 com as curvas de campo desenhadas em mapa.....	83

Figura 59- Modelo Digital do Terreno obtidos através das curvas nível.....	84
Figura 60- Contorno das curvas mestres e dos terraços locados em campo.....	85
Figura 61- Lote 94, sobreposição do lote a carta georreferenciada.....	86
Figura 62- Curvas de nível da Carta e dos terraços locados em campo.....	87
Figura 63- Curvas: Mestre, locadas em campo, Carta cadastral.....	88
Figura 64- Digitalização das Curvas.....	89
Figura 65- Curvas das Cartas digitalizadas.....	90
Figura 66- Curvas de nível digitalizadas e os terraços locados em campo.....	92
Figura 67- Curvas mestre, digitalizadas a partir de cartas e as curvas locadas em campo...	93

RESUMO

Com a adoção da lei 10.267 para o uso do georreferenciamento em aplicações topográficas que visa estabelecer os preceitos técnicos aplicáveis aos serviços de agrimensura objetivando a caracterização e o georreferenciamento de imóveis rurais por meio de levantamento topográfico e posterior certificação junto ao INCRA, a nova lei do georreferenciamento tem como seu objetivo principal padronizar os trabalhos de agrimensura. Segundo a nova lei, as coordenadas a serem utilizadas para essa finalidade estão expressas apenas na forma planimétrica considerando como objeto de valor apenas as coordenadas plano-retangulares X e Y, ou seja, sua longitude e latitude descartando a coordenada Z, altitude. O presente trabalho constatou a possibilidade de utilização dessa coordenada Z, a altitude adquirida sem esforços extras em levantamentos georreferenciados para utilização em um possível novo modelo digital e conseqüente edição de novas cartas planialtimétricas, em especial para regiões em que tais cartas somente são disponíveis em pequenas escalas.

Palavras-chave: Topografia, Georreferenciamento, Planialtimetria.

EVALUATION AND USE OF GPS IN THE CREATION OF DIGITAL TERRAIN MODELS. BOTUCATU, 2010. 98p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Author: Ramon Juliano Rodrigues

Adviser: Lincoln Gehring Cardoso

SUMMARY

With the adoption of the law 10 267 for the use of Georeferencing in topographical applications that aims to establish the technical applicable precepts to the services of surveying aiming to characterization and the Georeferencing of rural property by survey and subsequent certification with INCRA, the new law of georeferenced has as its main objective to standardize the work of surveying. According to new law, the coordinates to be used for this purpose are expressed only in the boundary form considering like valuable only the plane-rectangular coordinates X and Y, its longitude and latitude, discarding the Z coordinate altitude. This study verified the feasibility of this Z coordinate, i.e, the altitude gained without extra efforts in georeferenced surveys for use in a possible new digital model and the consequent edition of new topographic maps, especially for regions where such maps are only available in small scales.

Keywords: Topography, Georeferencing, Planialtimetric.

1 INTRODUÇÃO

Com o objetivo específico de estabelecer os preceitos técnicos aplicáveis aos serviços de agrimensura, relacionados com as atividades de natureza fundiária, objetivando a caracterização e o georreferenciamento de imóveis rurais por meio de levantamento e materialização de seus limites e posterior certificação junto ao INCRA, a nova lei do georreferenciamento tem como seu objetivo principal padronizar os trabalhos de agrimensura, destinados ao levantamento de imóveis rurais, permitindo a inserção desses produtos no sistema nacional de cadastro rural – SNCR de forma a se ter fiel conhecimento da malha fundiária rural do Brasil, para isso se faz uso então de aparelhos geodésicos com alta precisão onde se objetiva a coleta de pontos dos vértices das referidas propriedades rurais com coordenadas geográficas com referência mundial. Coordenadas essas coletadas principalmente por aparelhos receptores de sinal GPS (Sistema de Posicionamento Global).

O GPS foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos originalmente com fins militares estratégicos. A partir de meados da década de setenta o seu uso foi estendido para aplicações civis, tendo passado por uma contínua evolução desde então.

Dentro do contexto que uma coleta de posição com aparelhos receptores topográficos a posição fornecida pelo mesmo refere-se a longitude, latitude e altitude, o presente projeto foi desenvolvido com o objetivo de constatar a acurácia de criação da carta de relevo obtida pelo sistema de posicionamento global comparando-as com as cartas de relevo mantidas pelo IBGE e tendo como testemunha cordões de contorno precisamente locados através de método geométrico, terraços construídos em campo para conservação do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Topografia

Em várias fontes bibliográficas sobre a origem ou introdução da topografia, verifica-se que o termo tem sua origem do seu nome que tem sua origem na escrita grega, donde TOPOS significa lugar e GRAFHEN significa descrição. Desta maneira pode-se dizer que a topografia é ciência que trata do estudo da representação detalhada de uma porção da superfície terrestre.

È impossível determinar quando a topografia foi usada pela primeira vez, mas em sua forma mais simples é certamente tão antiga quanto a história da civilização. Desde que existe o direito de propriedade, também existe um modo de medição da propriedade ou de distinguir uma parcela de terra de uma pessoa de outra.

Até o velho testamento contém frequentes referências ao direito de propriedade, cantos de propriedades e transferências de propriedades por exemplo, Provérbios 22:28 “não removas os limites antigos , que teus pais fixaram”.(Declarações similares são feitas nas cartas de Deuterônomo 19:14 27:17.) comenta McCormac (2006).

A topografia é o estudo da representação, em uma mapa, de determinada área do terreno, medida sempre baseada em um plano de Referência chamado plano topográfico. O Mapa representa a projeção de todos os pontos mais importantes do terreno no plano topográfico SANTIAGO (1982).

2.2 Posicionamento

A bússola, inventada pelos Chineses, que proporcionou uma verdadeira revolução na navegação foi criada por volta de 2000 aC, a bússola sem dúvida foi o instrumento mais conhecido e utilizado do período de descobrimento.

Conquistar novas fronteiras, saber ir e voltar de um local a outro e determinar posições geográficas, seja em terra seja no mar, sempre foi um sonho de todo explorador.

Segundo Monico (2000), posicionar um objeto nada mais é do que atribuir-lhe coordenadas, embora se trate de uma tarefa que pode ser realizada com relativa simplicidade, utilizando-se, por exemplo, satélites artificiais apropriados para esse fim.

O objeto a ser posicionado pode estar em repouso, ou em movimento, o que gera um complemento à classificação com respeito ao referencial adotado. No primeiro caso, trata-se de posicionamento estático, enquanto o segundo diz respeito ao posicionamento cinemático.

Posicionamento, diz respeito à determinação da posição de objetos com relação a um referencial específico. Pode ser classificado em posicionamento absoluto, quando as coordenadas estão associadas diretamente ao geocentro, e relativo, no caso em que as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializada por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas MONICO (2000).

2.3 Cartas Cadastrais

A Cartografia, de acordo com Pezzotti et al (1994), surgiu da necessidade do homem em conhecer mais detalhadamente o mundo onde vivia, e documentá-lo, a fim de transmitir esse conhecimento a outros membros de seu grupo. Pode ser definida como a ciência, a técnica e a arte de representação espacial das alterações dos fenômenos da natureza e da sociedade ao longo do tempo. Os objetivos que a norteiam são a elaboração e preparo de cartas, mapas e outras formas de representação cartográfica, bem como sua utilização, conforme definição da UNESCO de 1966 (FERREIRA, 1988).

Neste contexto as Cartas Topográficas constituem-se em documentos extremamente importantes, pois ao corresponderem a relação entre as informações da verdade terrestre e sua representação no papel, possibilitam à apreensão de elementos da paisagem como: relevo, altitude, declividade, sítio urbano, utilização do solo, drenagem etc., além de serem ferramentas essenciais para o desenvolvimento de pesquisa de campo e gabinete relacionadas às mais variadas áreas do conhecimento (VIADANA, 1998).

Ainda segundo Viadana (1998), apesar desta conhecida importância, o seu uso atual deve ser precedido de cautela visto que as Cartas Topográficas no Brasil estão com sérios problemas de desatualização. No Estado de São Paulo, por exemplo, as fotografias aéreas tomadas para elaboração de Cartas Topográficas IBGE na escala 1:50.000 são datadas de 1965, apresentando uma defasagem de conteúdo correspondente a mais de 40 anos.

Por outro lado FERREIRA (1988) salienta ainda que, segundo o Plano Cartográfico Nacional elaborado pela Comissão de Cartografia do Ministério da Ciência e Tecnologia, o mapeamento topográfico brasileiro, ainda está aquém das expectativas em relação às necessidades do país. Em termos quantitativos, até 1987 os vazios eram da ordem de 42% na escala de 1:500.000, 31% na de 1:250.000, 35% na de 1:100.000, 87% na de 1:50.000 e 96% na de 1:25.000 (VIADANA, 1998).

Desta maneira, o desenvolvimento de metodologias de atualização de Cartas Topográficas torna-se fundamental e essencial sendo necessário estruturar quais as melhores a serem empregadas para que os resultados possam apresentar-se dentro dos padrões de qualidade exigidos para as diferentes escalas, quanto a precisão geométrica e conteúdo informativo.

2.4 Equipamentos Topográficos

Teodolito é um instrumento óptico de medida utilizada na topografia, na geodésia e na agrimensura para realizar medidas de ângulos verticais e horizontais, usados em redes de triangulação.

Teodolito basicamente é um telescópio com movimentos graduados na vertical e na horizontal, e montado sobre um tripé centrado (Norteador, e verticalizado, podendo possuir ou não uma bússola incorporada).

Durante as últimas décadas, tem ocorrido uma revolução após outra no desenvolvimento de equipamentos topográficos. Em cada revolução parece que um pico ou zênite, foi atingido em termos de equipamentos, mas cada vez algo melhor em seguida comenta McCORMAC (2007).

Por volta de 1960, os equipamentos medidores eletrônicos de distância (MED) começaram a ser comumente utilizados. O próximo apogeu alcançado foi quando os equipamentos de medição de ângulos foram combinados com instrumentos MED para formar as tão conhecidas ESTAÇÕES TOTAIS.

Logo em seguida surgem os coletores de dados automáticos para se combinar com a estação total utilizado na interface na transferência de dados direto ao computador, enfim surge o tão conhecido GPS que citado por MCCORMAC por quase inacreditável que traz da sigla GPS o significado de Sistema de Posicionamento Global. McCORMAC (2007).

2.5 Métodos de Posicionamento Global

O uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS) em levantamentos proporciona as coordenadas cartesianas geocêntricas (X, Y, Z). Estas coordenadas podem ser transformadas em latitude, longitude e altitude geométrica.

O GPS é um sistema de posicionamento baseado nos dados fornecidos por satélites operados pelo Departamento de Defesa (DoD) dos E.U.A. Os satélites em

operação fornecem informações sobre posição e horário 24 horas ao dia, a qualquer tempo e a nível mundial VETTORAZZI (1994).

Segundo Monico (2000), em 16 de junho de 2000, em uma busca simples no Google na internet com a sigla GPS foram encontrados 793.075 páginas e no Altavista foi encontrado 213.098. Hoje no Yahoo uma busca com a mesma sigla GPS foram encontradas 1.310.000.000 resultados e no Google foram encontradas 243.000.000 de páginas.

Para Bueno (1995), existem diversos métodos de utilização do sistema GPS, e todos têm por princípio a medida da distância entre o satélite e o receptor.

O sistema GPS vem provando, ao longo dos últimos anos, que é uma técnica efetiva de posicionamento, proporcionando a obtenção de coordenadas com precisão, principalmente as coordenadas geográficas latitude e longitude (SEGANTINI, 1999).

Segundo Newcomer e Asce (1990), alguns aspectos têm evidenciado o sistema GPS em relação a outros métodos convencionais de levantamentos topográficos, entretanto é importante salientar o trabalho tridimensional, permitindo alta precisão de medidas, e a não exigência de intervisibilidade entre os pontos, fator requerido entre os equipamentos topográficos convencionais.

O GPS, ou NAVSTAR – GPS (Navigation Sattelite with Time And Ranging), é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América – DoD (Department of Defense), com o intuito ser o principal sistema de navegação das forças armadas americanas. Ele resultou da fusão de dois programas financiados pelo Governo Norte-americano para desenvolver um sistema de navegação de abrangência global MONICO (2000).

Seu segmento espacial consiste de 24 satélites distribuídos em seis planos orbitais igualmente espaçados, com quatro satélites em cada plano, numa altitude aproximada de 20.200 Km. Os planos orbitais são inclinados 55° em relação ao Equador e período orbital é de aproximadamente 12 horas siderais. Dessa forma, a posição dos satélites se repete a cada dia, 4 minutos antes que o dia anterior. Essa configuração garante que, no mínimo, quatro satélites GPS sejam visíveis em qualquer local da superfície terrestre, a qualquer hora.

Segundo o Manual de operação (1997), ao atravessar ou permanecer fisicamente em um lugar, o receptor recebe sinais dos satélites GPS e então computa uma

posição, o que é visualizado como coordenadas no visor do coletor de dados. Os receptores GPS também computam velocidade e direção, permitindo a navegação entre posições. Após retornar do campo, o software pode transferir dados da posição e informações de características do coletor de dados para o computador.

Os receptores podem ser divididos segundo vários critérios. Um deles é de acordo com a comunidade usuária, a classificação em: receptor de uso militar e de uso civil, podendo ser classificado em: Receptor de navegação, geodésico e topográfico.

Uma outra classificação baseia-se no tipo de dados proporcionando pelos receptores, ou seja:

Código C/A.

Código C/A e portadora L1.

Código C/A e portadora L1, L2.

Código C/A e P e portadora L1, L2.

Portadora L1.

Portadora L1 e L2.

Para que se tenha um bom resultado durante a coleta dos dados, deve haver ao menos quatro satélites visíveis para calcular uma posição 3D (latitude, longitude e altitude). Para posições 2D, são necessários três satélites visíveis (latitude, longitude). Quando se coleta posições 3D é desejável ter cinco ou mais satélites visíveis. Quando cinco ou mais satélites estão disponíveis, o receptor GPS pode usar todos para calcular matematicamente uma solução melhor. Em geral, quanto mais satélites visíveis estão para o receptor, melhor será sua precisão para esse ponto coletado (HOFMANN-WELLENHOF, 1994).

O GPS foi declarado operacional em 27 de abril em 1995. Nessa época havia 25 satélites em órbita PRN 12 do BLOCO I e os demais do Bloco II. O satélite 12 foi retirado de operação no final de 1995, depois de ter sido declarado saudável varias vezes. De acordo com as diretivas do presidente dos Estados Unidos na época a respeito do GPS, já se dizia que é bem provável que a AS seja desativada dentro da próxima década o que realmente aconteceu. Nessa diretiva, ficou também assegurada a continuidade do serviço GPS globalmente, sem a cobrança de taxas diretas. Um outro aspecto importante foi a decisão de

desenvolver e implementar a ampliação do GPS, a fim de que seja usado como padrão para sistemas de transportes seja americano ou internacional MONICO (2000).

2.6 Introdução ao GLONASS

Similar ao GPS, o GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) foi concebido para proporcionar posicionamento 3-D e velocidade, bem como informações de tempo, sob quaisquer condições climáticas, em nível local, regional e global. Esse sistema também foi concebido no início da década de 1970, na antiga URSS, pelo (*Soviet Unions's Scientific Production Association of Applied Mechanics*), e atualmente é desenvolvido e operado pela *Russian Federation Space Forces*. Da mesma forma que o GPS, o GLONASS é um sistema militar, mas ocorreram várias declarações do governo russo oferecendo o sistema para uso civil, MONICO (2008).

2.7 Introdução ao GALILEO

Segundo Monico 2008, a decisão do governo norte-americano de não autorizar outras nações a participarem do controle de uma configuração básica do GPS levou a União Européia (UE) a desenvolver uma solução própria para o GNSS, e em junho de 1999, baseado nos trabalhos anteriores realizados pelo Fórum Europeu do GNSS, o Ministério dos Transportes Europeu concordou com a fase de definição desse sistema, denominado Galileo, que é a contribuição européia para o GNSS. Este será um sistema aberto e global, com controle civil, que deverá ser completamente compatível com o GPS, mas independente.

2.8 Precisão do GPS em diversas utilizações

Segundo AMORIN (2004), o termo precisão é o grau de referenciamento com o qual uma grandeza é medida. Em outras palavras, significa quanto os

valores de uma série de medida varias vezes e os resultados dessa operação forem valores muito próximos um dos outros, diz-se que a precisão é alta. Normalmente, a precisão é expressa em termos de desvio padrão ou variância das medições.

Já no caso da acurácia, existem diferentes tipos e conceitos, entre eles destaca-se acurácia posicional a geométrica, produto da medição de quanto o dado difere espacialmente (em termos de posição absoluta, relativa de forma) daquele tomado, então, como referência.

Acurácia temporal; diz-se da medida de atualidade dos dados, em geral é descrito pela data ou época de produção dos dados.

Acurácia de atributos; mostra a fidelidade dos dados descritos, avaliando de forma sucinta a identificação de entidades e atribuição de valores de atributo no conjunto de dados.

Segundo Gomes et al, 2001, o PDOP (Diluição da Posição da Precisão) é uma figura sem unidades que expressa a relação entre o erro na posição do usuário e o erro na posição do satélite. Indica o momento em que a geometria do satélite pode facilitar os resultados mais exatos.

O melhor tempo para recolher os dados pode ser selecionado baseado em relatórios gráficos que mostram o PDOP. É o resultado de um cálculo que considera a situação da cada satélite em relação aos outros satélites da constelação. Um DOP baixo indica uma maior probabilidade de precisão. Um DOP alto indica uma menor probabilidade de precisão. Um DOP de 4 ou inferior fornece posições excelentes. Um DOP entre 5 e 8, é aceitável e maior que 9 é um sinal pobre. Pode-se estabelecer um parâmetro como mascara PDOP no receptor para ignorar as constelações que tem um PDOP superior a ao limite que se especifica.

Segundo o Manual de Operação (1997), a máscara de elevação é o ângulo de elevação acima do horizonte, abaixo do qual os satélites não são utilizados. Para aplicações baseadas na Terra onde há obstruções locais (como folhagens, edifícios, etc.), o funcionamento do sistema obtém melhores resultados com uma máscara de elevação de 15 e 20° acima da linha do horizonte.

Numa elevação mais baixa, em graus, na qual o receptor pode rastrear um satélite, os sinais dos satélites de baixa elevação tendem a refletir em superfícies próximas,

de forma que se recebe tanto os sinais originais como os refletidos. Este efeito tem o nome de *multipath* (multicaminho) e a maior contribuição para erros no receptor GPS e não é corrigido pela correção diferencial (MANUAL DE OPERAÇÃO, 1997).

É bom lembrar que o aumento da máscara de elevação limita o número de satélites que o receptor rastreia e podem resultar em um PDOP maior.

Comparando alguns modelos de GPS em polígona fechada com uma Estação Total, o seguinte modelo de GPS o PRÓ XR TRIMBLE apresentou dados não tão satisfatórios em poligonais fechadas, mas possíveis de serem considerados em anteprojetos RODRIGUES (2006).

Conforme BLITZKOW (1995) apud Rodrigues 2006, a expectativa é de usar o sistema GPS para determinação de cotas, evitando assim a onerosa operação de nivelamento. CORSEVIL e ROBAINA (2003), estudando a influência do tempo de coleta de dados com receptores GPS nas determinações altimétricas, constataram precisão centimétrica em altitudes, com tempos de 5, 10 e 15 minutos de ocupação.

Ainda segundo Rodrigues (2006), o Equipamento GPS TRIMBLE topográfico, modelo PRÓ XR, não apresentou precisão aceitável comparando ao equipamento Estação Total DTM 3000. Em altimetria, deverá ter associação com um nível de precisão para correção de valores necessários à execução de plantas planialtimétricas básicas para projetos rurais.

Em função da legislação em vigor, Lei 10.267/2001 e portaria INCRA/P/Nº 954 de 2002 as regras estabelecidas por esta norma têm como referência a determinação para cada par de coordenadas com precisão posicional melhor que 0,50m. Entende-se por precisão posicional a resultante em termos das componentes horizontais ao nível de confiança de 68,3%.

2.9 Cartografia e SIG/GIS.

Dentre os vários desenvolvimentos tecnológicos ocorridos na área que envolve a topografia, nas ultimas décadas, o GPS e o GIS (Geographic Information System) estão, sem dúvida entre os mais importantes. O termo GIS, cuja tradução para a língua portuguesa é sistema da informação geográfica, será designado por SIG.

A integração das tecnologias SIG e GPS, se implementada e empregada adequadamente, com toda certeza possibilitará aos usuários uma maior eficiência na capacidade de elaboração de análise, no gerenciamento e otimização dos trabalhos em todas as fases que integram atividades desenvolvidas que têm, como componente, o espaço geográfico.

A tecnologia SIG abrange um campo amplo e complexo, envolvendo entrada, armazenagem, recuperação, análise e representação da informação geográfica, que depende do conceito de localização MONICO (2000).

A caracterização do relevo em uma microbacia é a base fundamental para o delineamento do manejo sustentável da terra em áreas com características semelhantes.

Segundo Santos (2002), o conhecimento da heterogeneidade da paisagem também é importante para desenvolver esquemas de amostragem de solo e definir práticas de manejo. Os Sistemas de informações Geográficas (SIG's) demonstraram sua viabilidade para esse tipo de estudos ambientais (Burrough, 1986; Burrough et al., 1996; Formaggio et al., 1992; Assad, 1995; Brown et al., 2000; Rodrigues et al., 2001; Valério Filho, 1992). Para isso se fez uso as cartas cadastrais.

Ainda Santos (2002), além do relevo, o conhecimento da forma de ocupação da terra, quanto à sua natureza e localização, são de grande valia para programar o desenvolvimento agrícola, econômico e social de uma região (Politano ET al., 1980; Mielniczuk, 1999). Para que essas informações se traduzam em uma preservação ambiental significativa, as pesquisas desenvolvidas em uma escala comunitária ou de microbacia precisam ser priorizadas (Castro Filho, 1994).

Como prova das diversas utilizações das tecnologias SIG, GPS com apoio das cartas cadastrais cita-se um deles o trabalho de Santos (2002), que estudando a ocupação das áreas de uma microbacia, foi realizado um levantamento planialtimétrico

georreferenciado. A partir de aproximadamente 300 pontos de apoio foram realizadas cerca de 12.000 visadas de toda a microbacia. A maioria dos pontos foi nas áreas sob atividade agropecuária, devido às áreas sob vegetação nativa apresentarem limitações ao trabalho com GPS topográfico (Global Positioning System) e Estação Total.

Simultaneamente com as leituras mencionadas, foram levantadas informações adicionais (presença de pontes, casa, estábulos, estradas, etc.). A partir dos dados topográficos foi realizada a digitalização da microbacia, em escala de 1:5000.

Após os trabalhos realizados por Santos (2002), chegou ao seguinte resultado conforme Figura 1 e 2, que mostra as curvas de nível da carta cadastral e conseqüente sua visualização em forma de mapa e também a visualização tridimensional da área da microbacia de acordo com sua ocupação, embora a mesma não apresente as cotas das curvas de nível a visualização dos seus contornos mostra grandeza de detalhes dos dados obtidos para geração da Altimetria do local.

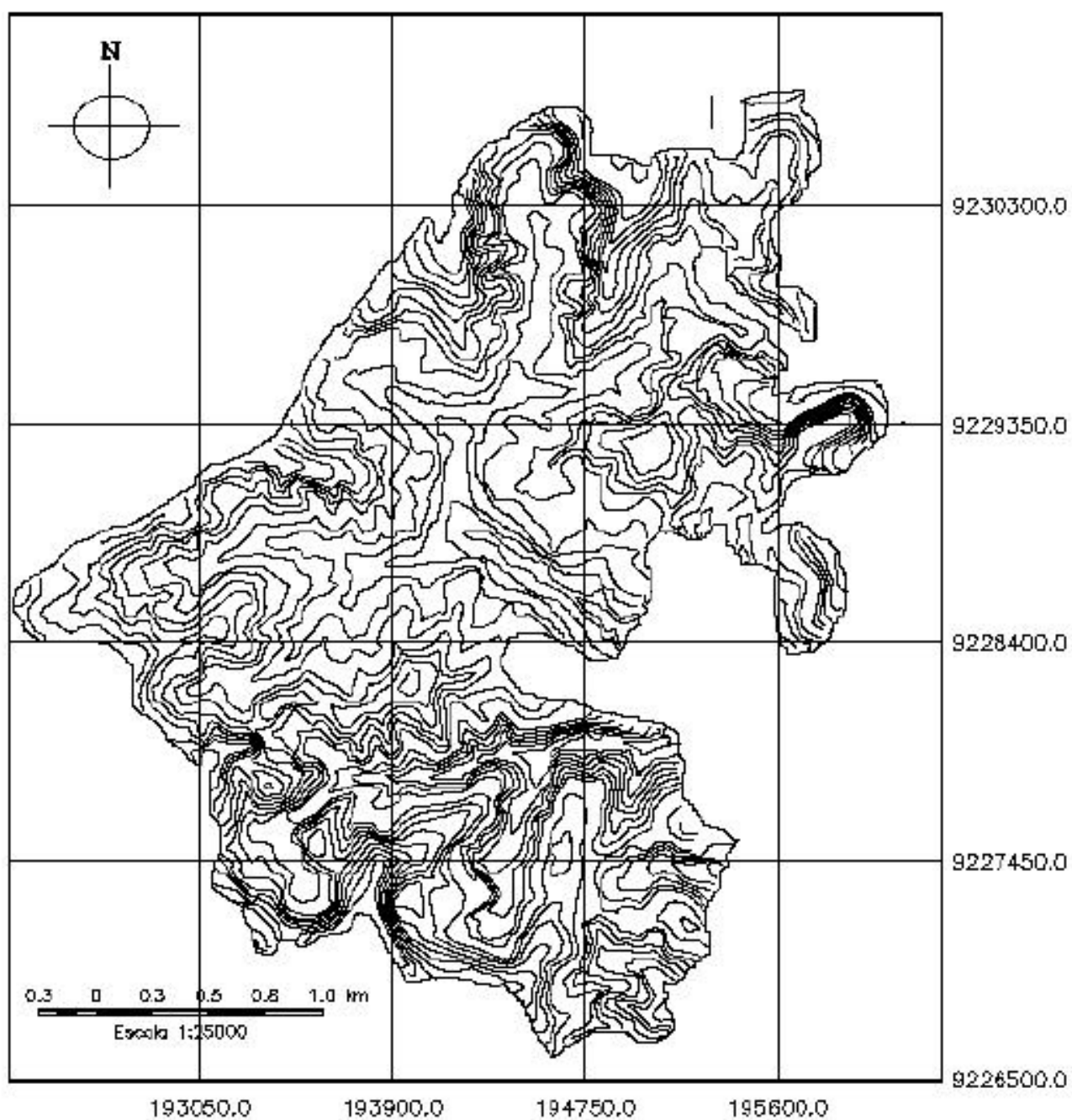


Figura 1- Curvas de nível equidistantes 5m da microbacia digitalizadas.

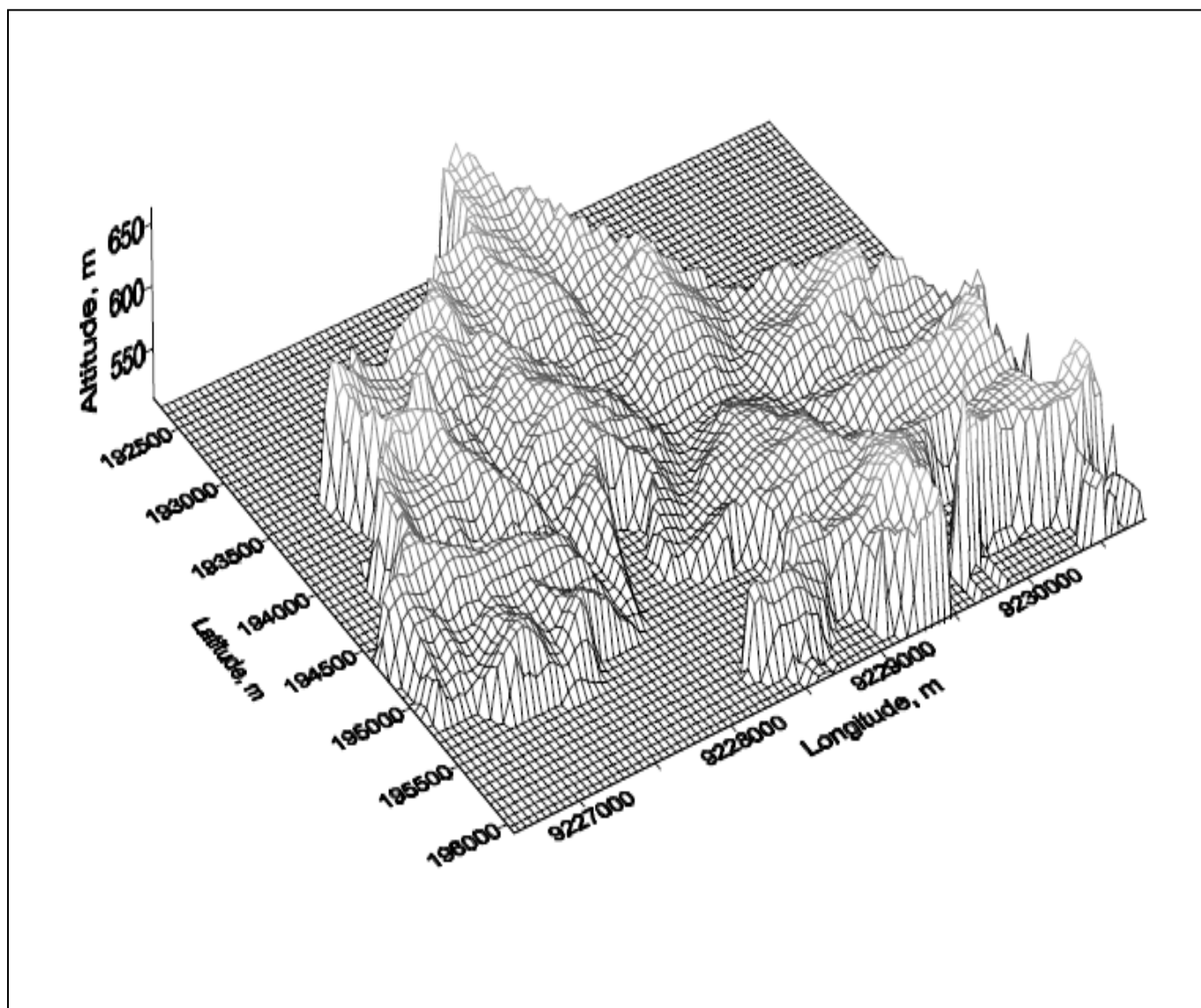


Figura 2- Representação tridimensional da área agrícola da microbacia.

2.10 Cartografia

A definição apresentada em 1973 pela Associação Internacional de Cartografia (ICA) refere-se que a cartografia: é a arte, ciência, técnica de elaborar cartas, conjuntamente com seu estudo como documento científico e obra de arte. Neste contexto as cartas são vistas como a inclusão de todos os tipos de mapas, plantas, modelos tridimensionais e globos representando a Terra ou qualquer corpo Celeste a qualquer escala. Assim uma carta é uma representação

geométrica, plana, simplificada e convencional de toda a superfície terrestre ou qualquer corpo celeste, CATALÃO (1997). O mesmo autor em (1997), comenta que a cartografia engloba todas as operações que vão desde o levantamento do terreno até a impressão definitiva e difusão do documento cartográfico. Neste sentido a Cartografia compreende duas etapas conceitualmente distintas. A primeira etapa, etapa científica, situa-se ao nível do conhecimento aprofundado dos elementos a cartografar e dos meios gráficos e matemáticos que permitem a transmissão eficaz da informação, abrangendo as operações de aquisição de dados e representação sobre o plano. A segunda etapa, etapa técnica, situa-se no nível da execução material, da transformação de uma minuta cartográfica numa reprodução pelos meios usuais do desenho, ou de impressão.

Segundo Rosa (1994), o próprio conceito de Cartografia se modificou com o passar do tempo onde as facilidades de obtenção de recursos de Informática puderam incorporar também a possibilidade de utilizar em mapas e outros documentos o uso das curvas pelas Cartas.

2.11 Modelo Numérico do Terreno (MNT)

Modelo Numérico do Terreno ou MNT, é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre de uma região de superfície terrestre. Dados de relevo, informação geológicas, levantamentos de profundidades do mar ou de um rio, informações meteorológicas e dados geofísicos e geoquímicos são exemplos típicos de fenômenos representados por um MNT. Dentre alguns usos do MNT, Felgueiras (1999) cita: armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos, análises de corte-aterro para projetos de estradas e barragens, elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio e análise de geomorfologia e erodibilidade, apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Para Almeida (1994), modelos de dados são representações que generalizam e simplificam objetos e suas interações a partir do mundo real, incorporando os conceitos de generalização e simplificação ao de modelagem.

A amostragem compreende a aquisição de um conjunto de amostras representativas do fenômeno de interesse. Geralmente essas amostras são representadas por

curvas de isovalores e pontos tridimensionais. As aplicações são procedimentos de análise executados sobre os modelos digitais. As aplicações podem ser qualitativas, tais como a visualização do modelo usando-se projeções geométricas planares ou quantitativas tais como cálculos de volumes e geração de mapas de declividades FELGUEIRAS (1999).

As fontes mais comuns de amostras de modelos digitais de terrenos são: arquivos digitais importados de outros sistemas, bases topográficas com isolinhas e pontos notáveis de máximos e mínimos, e levantamentos e campos transformados de alguma forma em informações digitais.

Ainda Felgueiras (1999), o cuidado na escolha dos pontos e a quantidade de dados amostrados estão diretamente relacionados com a qualidade do produto final de uma aplicação sobre o modelo. Para aplicações onde se requer um grau de realismo maior, a quantidade de pontos amostrados, bem como o cuidado na escolha desses pontos, ou seja, a qualidade dos dados, são decisivos.

O modelo de dados vetorial é aquele em que os elementos geográficos são representados por meio de coordenadas. De acordo com Fontes (2001), seus objetos são definidos graficamente através dos pontos ligados por segmentos de reta. Esses pontos possuem coordenadas (x, y) correspondentes, por exemplo, ao sistema de coordenadas do mapa original (altitude/longitude ou UTM).

Segundo Pezzoti et al (1995), os três elementos geográficos básicos são representados na forma vetorial seguinte:

Ponto; objetos existentes no terreno que podem ser posicionados por um único par de coordenadas (x,y);

Linha; objetos do terreno de extensão linear que para serem representados necessitam de pelo menos dois pontos de coordenadas (x, y);

Polígono; Objetos do terreno que são representados por um conjunto de coordenadas de pontos, distribuídos de maneira a delimitarem uma região.

O polígono é formado por uma cadeia fechada de segmentos de linha, podendo ou não, ter outros polígonos embutidos em seu interior.

2.12 Lei 10.267 (Lei do Georreferenciamento)

Seu objetivo específico é estabelecer os preceitos técnicos aplicáveis aos serviços de agrimensura, relacionados com as atividades de natureza fundiária, objetivando a caracterização e o georreferenciamento de imóveis rurais por meio de levantamento e materialização de seus limites e posterior certificação junto ao INCRA .

O Objetivo geral é padronizar os trabalhos de agrimensura, destinados ao levantamento de imóveis rurais, permitindo a inserção desses produtos no sistema nacional de cadastro rural – SNCR instuído pela lei Federal 5.868 de 12 de dezembro de 1972, de forma a se ter fiel conhecimento da malha fundiária rural do Brasil em atendimento aos preceitos estabelecidos na Lei Federal nº10.267 de 28/08/2001 publicada no DOU de 29/08/2001, Decretos nº4449 de 30/10/2002 publicada no DOU de 01/11/2005, como também definir padrões técnicos aos profissionais de agrimensura que atuam na área de georreferenciamento de imóveis rurais e áreas afins.

Levantamentos planimétricos topográficos ou geodésicos quer seja nas áreas de irrigação ou drenagem, execução de barragens, sistemas de abastecimentos de água e esgoto sanitário ou área civil, são fundamentais, tendo em vista que todo o projeto necessita de planta topográfica (SILVEIRA, 2000).

2.13 Identificação dos Limites para o Georreferenciamento

As referências citadas entre os itens 2.13 a 2.13.12 foram extraídas da MINUTA DA 2ª EDIÇÃO de NORMA TÉCNICA PARA GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS – GERADA EM 01 de agosto de 2008 – O.S./INCRA/DF/N.15-2007.

A execução dos serviços de identificação das divisas do imóvel deverá ser sempre acompanhada pelos proprietários confinantes ou seus representantes legais, devidamente identificados, para que não paire qualquer dúvida quanto aos limites comuns levantados.

Ao final dos serviços de identificação, o proprietário do imóvel objeto da medição, deverá obter de cada confrontante, uma declaração de que não há discordância

quanto aos respectivos limites comuns percorridos pelo profissional responsável técnico pelo serviço de georreferenciamento.

2.13.1 Identificação dos Limites em Linha Seca

Linha que liga dois vértices do limite de um imóvel rural e não possui elementos físicos para sua identificação, portanto sua caracterização em campo será por meio da monumentalização dos vértices tipo M de seus extremos. A identificação dos tipos dos vértices será descrito no item dos Vértices 2.8.3.

Nos imóveis rurais confrontantes com estradas públicas federais, estaduais ou municipais e ferrovias, a identificação de seus limites deverá estar de acordo com a faixa de domínio fixada pelo órgão ou empresa responsável (DNIT, DER, RFFSA, FEPASA, VALE, dentre outros) ou legislação específica. Sua identificação poderá ser feita analiticamente através de linha paralela ao eixo ou bordo levantado, com inflexões identificadas por vértices tipo O como segue na figura 3.

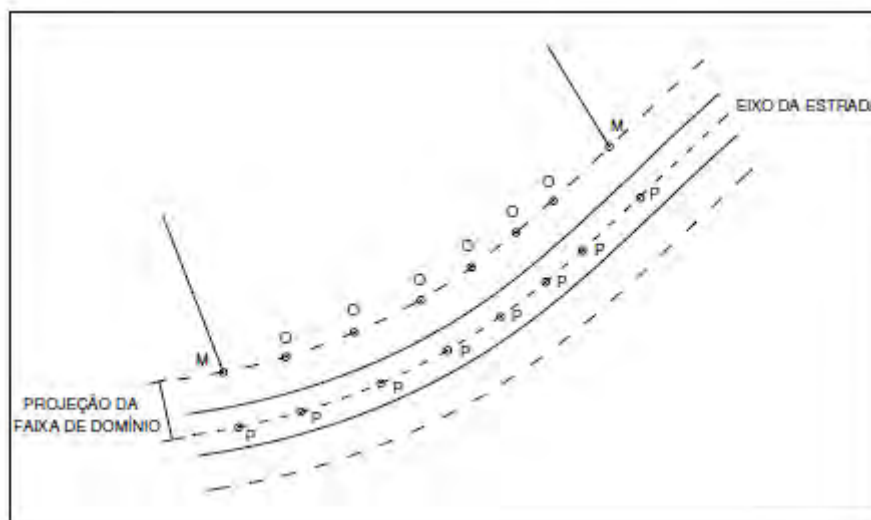


Figura 3- Faixa de Domínio para identificação dos Marcos Tipo O.

Nos imóveis atravessados por acidentes artificiais como linhas de transmissão, oleodutos, gás oduto, cabos óticos entre outros, deverão ser observadas as características das faixas de domínio ou servidão junto às respectivas concessionárias,

portanto, neste caso, estes acidentes não precisarão ser codificados e materializados atendendo às especificações desta norma, mas deverão constar na planta sem ter a sua área descontada da área total do imóvel.

Nos pontos onde estas feições atravessam os limites do imóvel, esses se caracterizarão vértices do perímetro e, portanto, deverão ser codificados como vértices do tipo O, P ou M e deverão ser incluídos no memorial descritivo.

A figura 4 ilustra a passagem de um acidente artificial interno a uma propriedade rural.

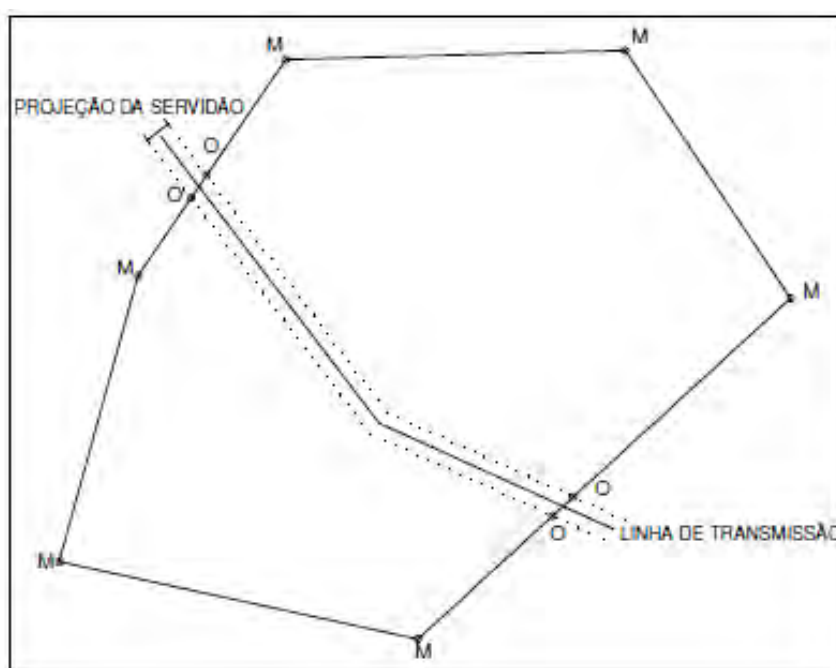


Figura 4- Projeção da Linha de transmissão

2.13.2 Cursos d'água

A identificação dos cursos d'água terá que seguir rigorosamente o Código de Águas em vigor, observando-se os seus reflexos na dominialidade do imóvel de acordo com as suas características.

O limite nos imóveis definidos por cursos d'água será determinado pela margem do respectivo curso d'água, independente de ser navegável ou não, exceto se estabelecido de forma contrária pela sua matrícula ou transcrição.

2.13.3 Vértices

É todo local onde a linha limítrofe do imóvel muda de direção ou onde existe interseção desta linha com qualquer outra linha limítrofe de imóveis contíguos ou servidões de passagem.

Podem ser representados de quatro formas distintas:

- a) Tipo M (materializado e ocupado)
- b) Tipo P (ocupado, mas não materializado)
- c) Tipo V (não ocupado nem materializado)
- d) Tipo O (paralelo a eixo levantado)

A disposição dos vértices pode ser mais bem observada conforme mostra a figura 5.

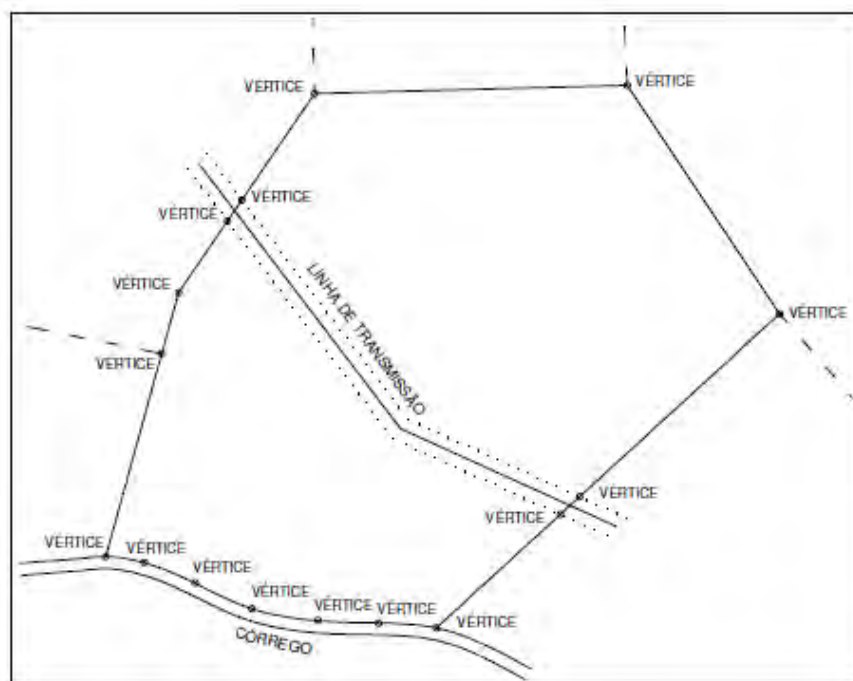


Figura 5- Conceito de Vértices

2.13.4 Vértice tipo M

Os vértices tipo M são aqueles que foram materializados a fim de preservar a identificação e localização do limite fundiário no terreno.

2.13.5 Vértice tipo P

São vértices não materializados na divisa do imóvel, ao longo de acidentes, tais como: cursos e lâminas d'água, estradas de rodagem, estradas de ferro, linhas de transmissão, oleoduto, gasoduto, cabos óticos e outros. Embora não sejam materializados de forma perene, deverão ser codificados de acordo com as instruções estabelecidas pelos órgãos competentes. Na figura 6 a representação desses Vértices.

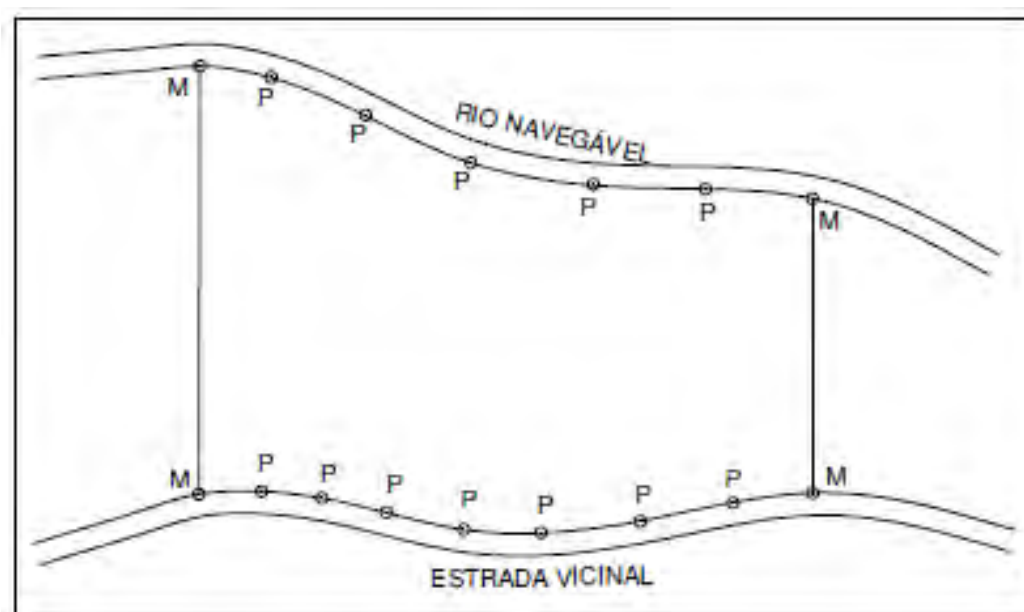


Figura 6- Vértice do Tipo P

2.13.6 Vértice tipo V

São vértices cujas coordenadas foram determinadas sem a sua ocupação física, podendo ser obtidos por uma das seguintes formas:

2.13.7 Vértice Extraído por determinação analítica

Vértice obtido pela interseção de alinhamentos de marcos testemunhos com vértices de limite, conforme apresentado na Figura 7.

Todo marco testemunho, quando constituir perímetro, deverá ser um vértice do tipo M, dependendo da necessidade de definição das divisas.

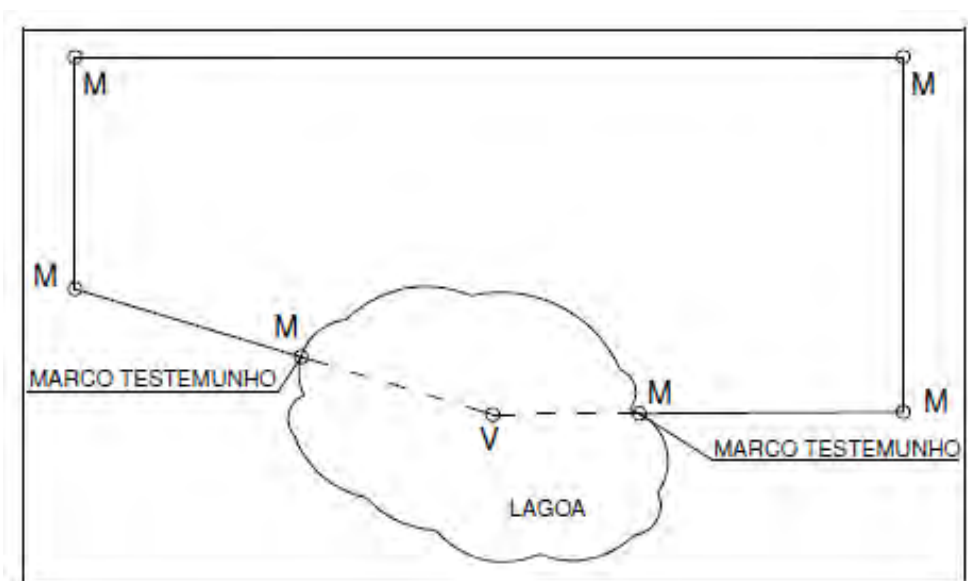


Figura 7- Vértice tipo V por determinação Analítica

2.13.8 Vértice Extraído de base Cartográfica (C5)

O Sistema Cartográfico Nacional adota, para a Cartografia Sistemática Terrestre Básica, nas escalas de 1:250.000 até a de 1:25.000, a projeção UTM (Universal Transversa de Mercator).

As cartas com escalas superiores (1:10.000, 1:5.000, 1:2.000, etc), nas quais incluem-se as cartas cadastrais, não possuem regulamentação sistemática no Brasil. Para efeito desta Norma, adota-se para cálculo de distância, área e azimuth o plano de projeção UTM.

O Sistema de Referência Geodésico Brasileiro é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS), em sua realização do ano de 2000 (SIRGAS 2000).

2.13.9 Vértice Projetado

Vértice obtido pelo projeto de limite que se fizer necessário, p.ex., representação das matrículas (não materializadas) no interior de um imóvel, abaixo a figura 8 com a demarcação dos vértices do tipo projetado.

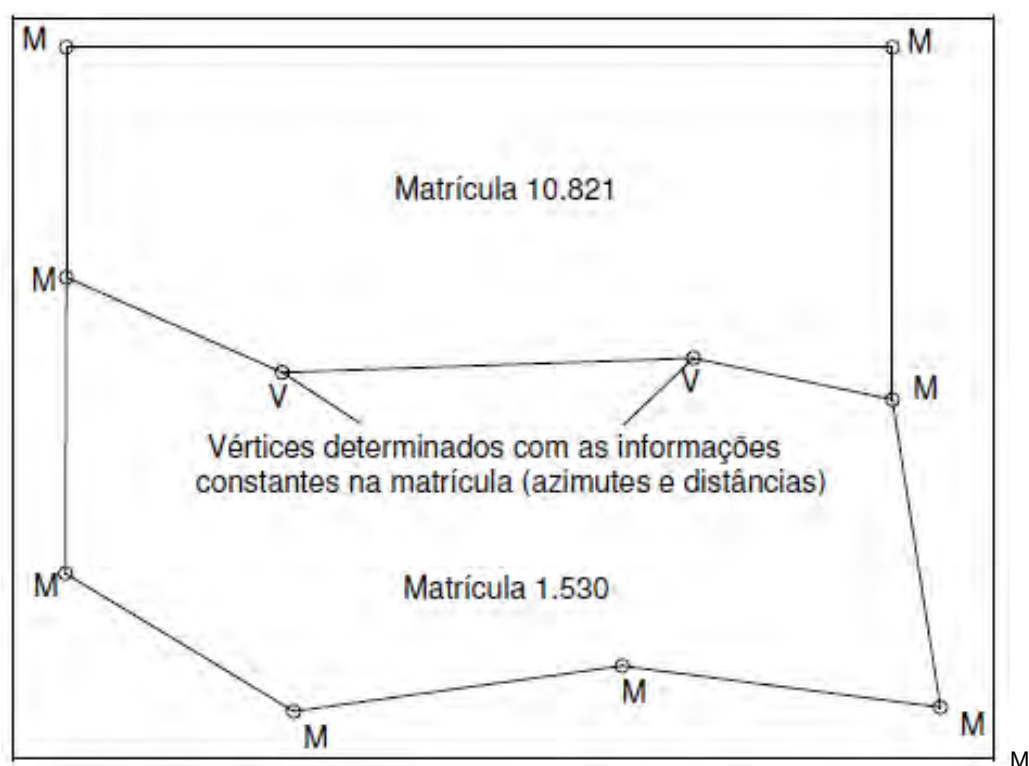


Figura 8- Vértice Tipo V projetado

2.13.10 Vértice tipo O

Vértice determinado de forma analítica nos locais onde a ocupação limítrofe do imóvel se torna difícil ou inviáveis, e a obtenção de suas coordenadas se dão a partir da projeção de linhas paralelas ao levantamento efetuado sobre delineamentos sinuosos, tais como: estradas, ferrovias e cursos d'água, dentre outros como segue na figura 9.

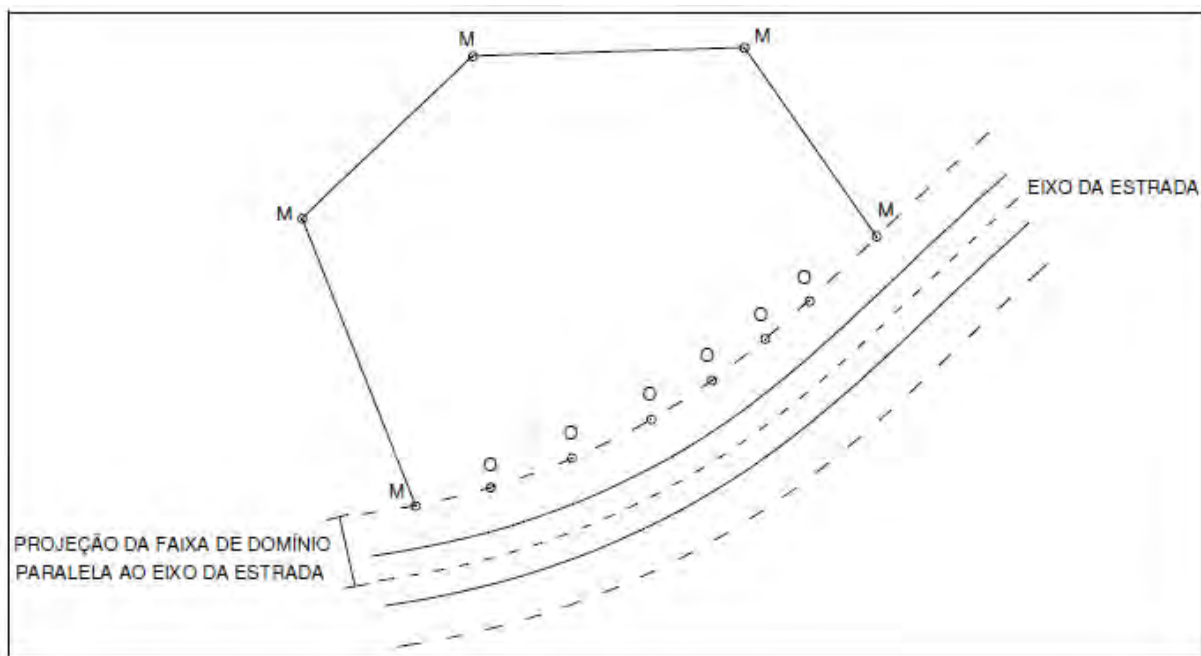


Figura 9- Vértice tipo O

2.14 Datum

Datum é um modelo matemático projetado para melhor descrever o geóide, definido pela relação entre um elipsóide e um ponto da superfície topográfica estabelecida como origem de *datum*. As coordenadas também chamadas *Earth Centered*, é um sistema de coordenadas tridimensionais utilizado para o posicionamento do satélite (MANUAL DE OPERAÇÃO, 1997).

A forma e tamanho da Terra podem ser fisicamente descritos de duas maneiras. Uma considera o terreno real da terra, incluindo superfícies com água, colinas e montanhas e a segunda mede a gravidade. Um geóide é uma representação da superfície da

terra sobre a qual a gravidade terrestre é constante. Se o valor da gravidade terrestre no geóide é valor aproximado da gravidade sobre o nível médio do oceano, considera-se que o geóide representa o nível médio do mar. A posição vertical de uma característica sobre a superfície terrestre tem sido identificada ao medir a gravidade e ao compará-la com a gravidade do nível médio do mar (GORGULHO, 2002).

Ainda Gorgulho (2002), um *Datum* representa um modelo de referência da Terra, mas não especifica como se identifica uma zona em particular da terra. Uma vez que se seleciona um Datum, deve-se decidir como representar um ponto da terra com respeito a esse datum. As coordenadas geográficas são comumente utilizadas já que os dados existentes em um SIG (Sistemas de Coordenadas Geográficas) utilizem posições expressadas em um sistema de coordenadas local, é importante entender que existe uma diferença entre o datum WGS 84 mundialmente e outros como o SAD 69 utilizado no Brasil.

2.15 Correção Diferencial

De acordo com Monico (2000), a correção diferencial pode ser obtida em tempo real, através de rádio transmissor na base fixa e de um rádio receptor no GPS de campo.

Em GPS diferencial em tempo real, a estação de base calcula e transmite (através de sinais de rádio) o erro de cada satélite enquanto recebe os dados. Essa correção é recebida pelo receptor de campo, que aplica a correção para a posição que está calculando. Assim a posição vista no visor é a posição corrigida diferencialmente. Isto é muito útil quando se precisa saber onde se está quando se encontra no campo, e muito usado também em sistemas de lavouras quando aplicada à agricultura de precisão, comenta Alberbo e Thylen (1997).

No Manual de operação (1997), em GPS diferencial pós-processado, a estação de base registra o erro para cada satélite diretamente em um arquivo de computador. O receptor de campo registra suas próprias posições em um arquivo. Depois de retornar do campo, os dois arquivos são processados e o resultado é um arquivo de campo corrigido diferencialmente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo: localização e caracterização.

A área de estudo conforme constante da figura 10 está localizada entre os municípios de Lençóis Paulista e Pratânia Estado de São Paulo, aproximadamente 20 km do centro do município de Lençóis Paulista, tendo sua posição central definida pelas coordenadas plano retangulares, sistema UTM 733.368,2560m 7.477.404,736m com uma altitude média de 700 metros e adotado como Datum o SAD 69.

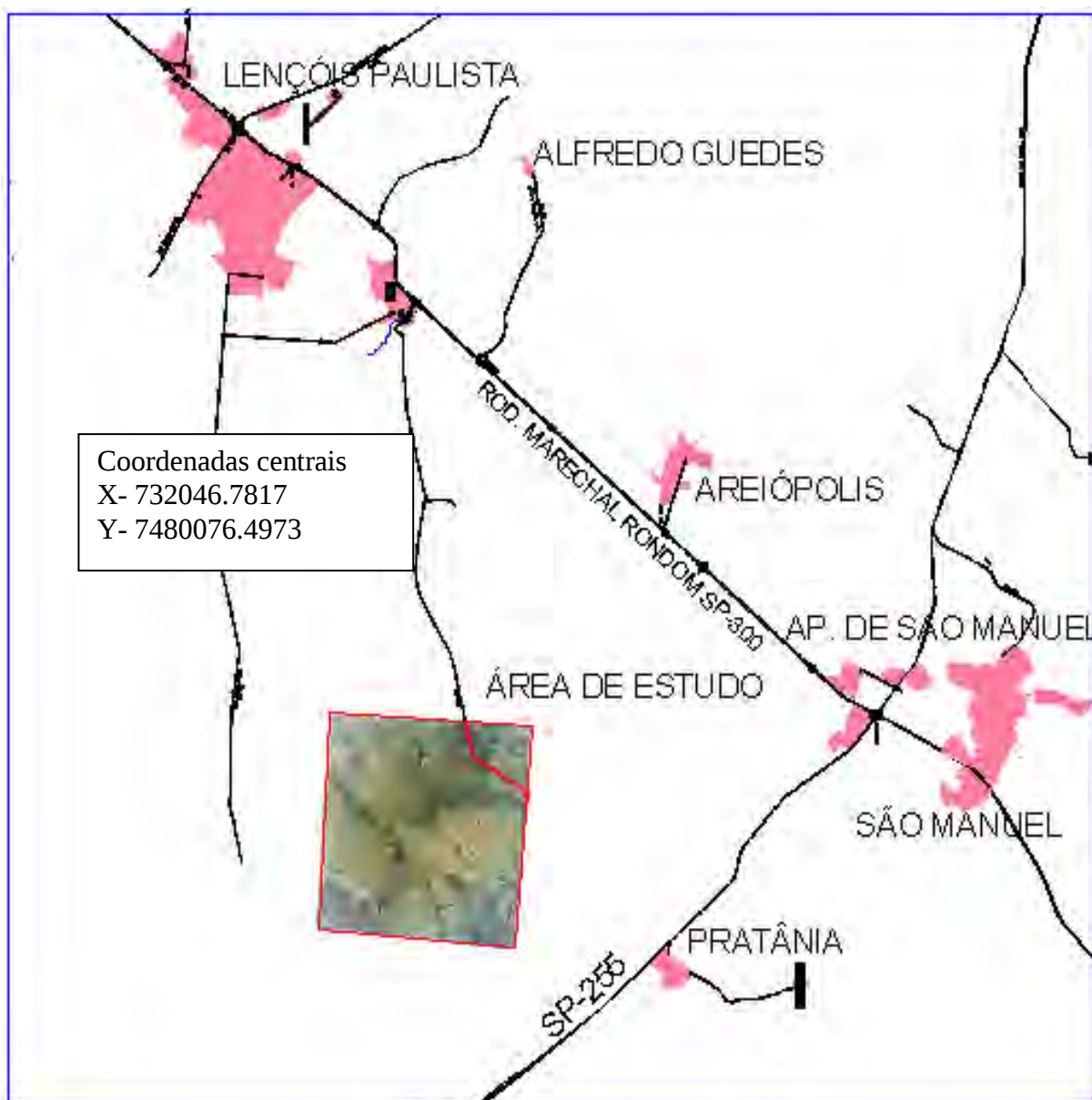


Figura 10 – Posicionamento da área em relação às rodovias regionais

A área de estudo possui aproximadamente 4.000 ha, com declividades variando entre 0 a 15%, cultivada em toda sua extensão com cana-de-açúcar. A mesma possui estradas internas separando os talhões dos lotes como mostra a figura 11.

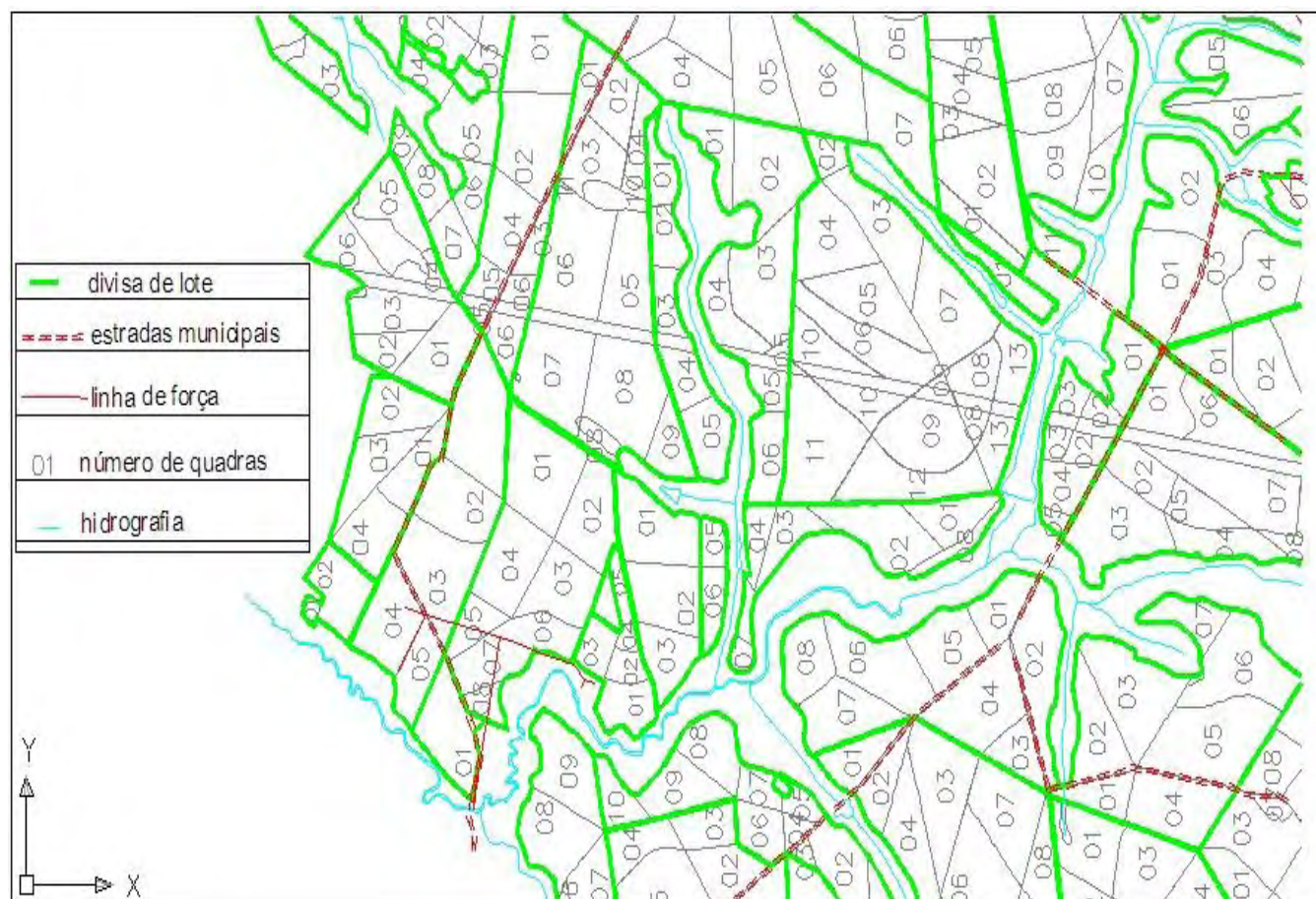


Figura 11– Vista geral da área em mapa

3.1.1 Equipamentos e softwares utilizados

Receptor GPS PATHFINDER TRIMBLE, modelo PRÓ XR, portadora L1 e código C/A, 12 canais. Coletora de dados RECON.

Aparelho de nível marca NIKON, modelo AX 2S, com precisão de 2,5 mm em até 1 km com aproximação de 20 vezes e foco mínimo de até 0,75 cm de distância.

TopoEVN fácil 5.4 CAD.

Autodesk Map 2004.

GPS Pathfinder Office 3.0

3.1.2 Base de Correção de dados

O método de levantamento utilizado foi o cinemático, esse método de coleta de dados é realizado com o receptor em movimento e a cada tempo estabelecido o receptor coleta um ponto obtendo as coordenadas geográficas X, Y e Z.

Para este levantamento toda a área foi percorrida com intervalos de gravação de pontos a cada 5 segundos.

Na figura 12, é possível identificar os carregadores internos dos lotes, perímetro dos lotes, estradas principais, áreas de redes de energia e hidrografia da região.

Para a correção dos dados coletados em campo foi utilizada a estação de Base de referência de Rio Claro, localizado nas dependências do Laboratório de Estudo de Bacias no Campus da UNESP de Rio Claro.

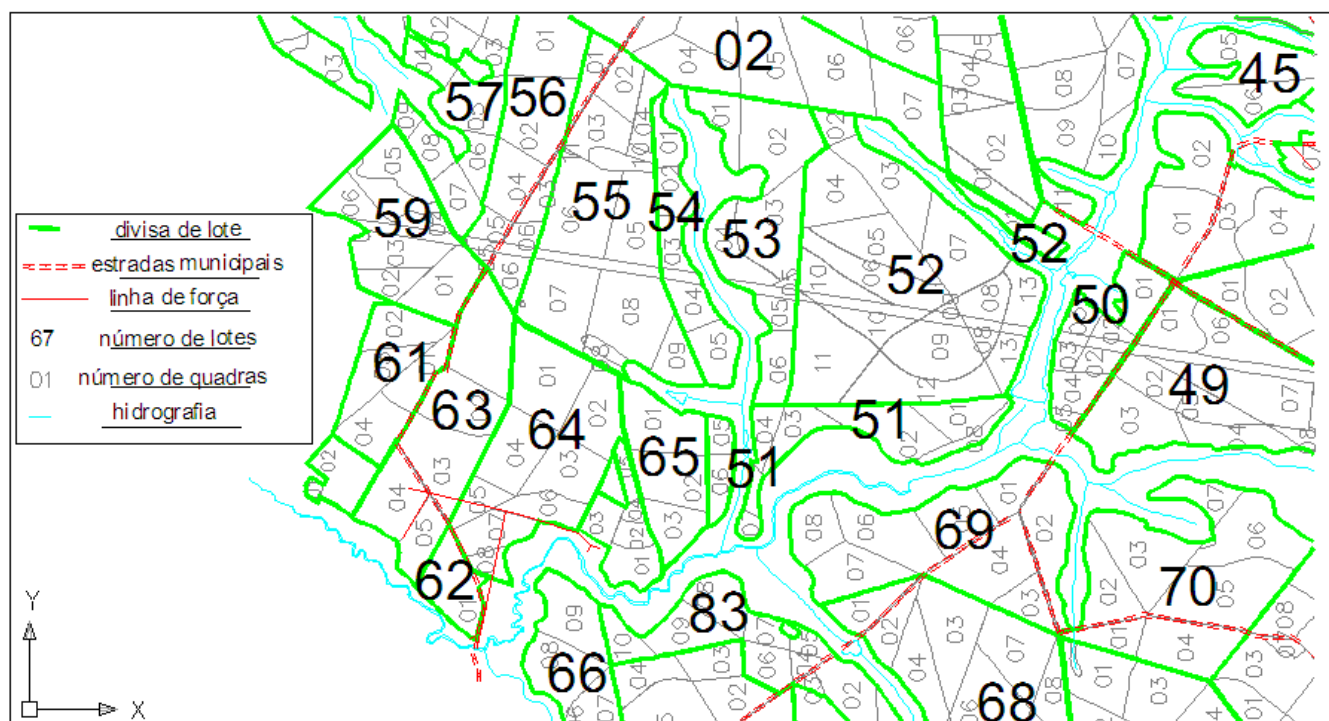


Figura 12- Vista geral da área em estudo com os lotes discriminados

A Base fornece arquivos com uma hora de rastreio. A mesma pode ser encontrada na posição de referência pelo *Datum* WGS 84, na Latitude 22°23'48,46756"S, na Longitude 47°32'55,25328"W e na Altitude 631,510m. A estação está homologada ao sistema Geodésico Brasileiro pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), com o vértice nº 93971.

A Figura 13 mostra a localização das Estações de referência existentes, disponibilizadas pela empresa Santiago & Cintra, uma vez que se recomenda a utilização da base mais próxima a do levantamento de campo. Os dados para correção diferencial de arquivos de campo estão disponíveis diariamente e de hora em hora pelo site dessa empresa (www.santiagoecintra.com.br).

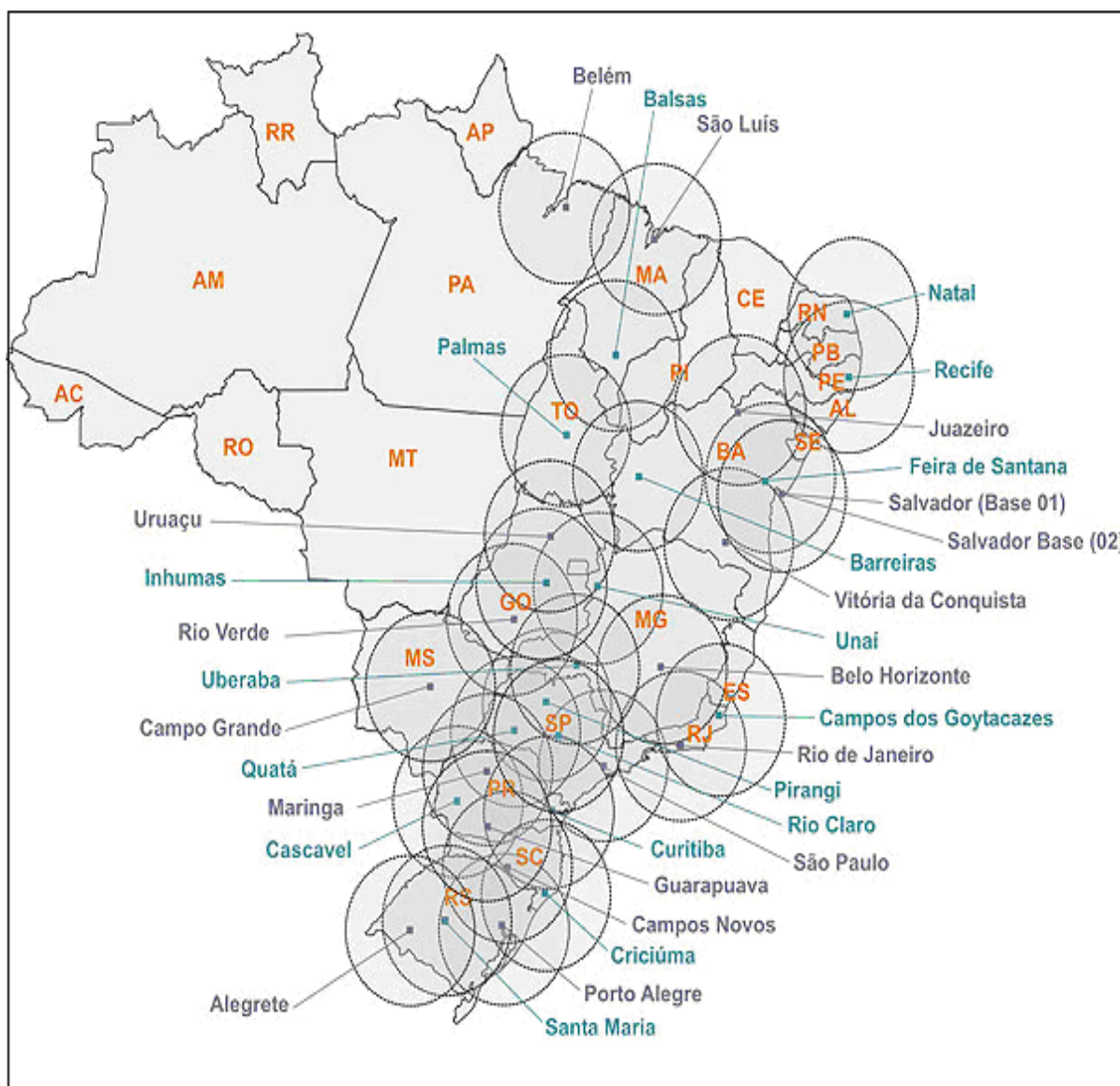


Figura 13- Localização das Estações de Referência.

3.1.3 Referências Cartográficas

Cartas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo, com escala 1:10.000, eqüidistância das curvas de nível de 5 metros.

Projeção UTM (Universe Transversa Mercator), quadrículas de 1000 metros encontradas do Fuso 22, e Meridiano Central 51°.

Referência Horizontal Córrego Alegre – MG.

Referência Vertical Marégrafo de Imbituba - SC.

3.2 Coleta de dados com receptor GPS

Com o receptor em movimento e coletando pontos a cada 5 segundos obtendo as três coordenadas de referência, latitude, longitude e altitude o receptor percorreu todo o perímetro da referida área utilizando-se como referência o perímetro dos lotes e também os carregadores internos que dividem os talhões de cada lote.

As áreas utilizadas para a realização desse trabalho são terras arrendadas por uma das usinas da região, estas áreas têm por característica um levantamento topográfico padrão onde são localizadas por mapa o perímetro, divisas entre os talhões, locação dos terraços existentes ou curvas de nível, como também a indicação de várzeas ou nascentes próximas as áreas, conforme figura 14.

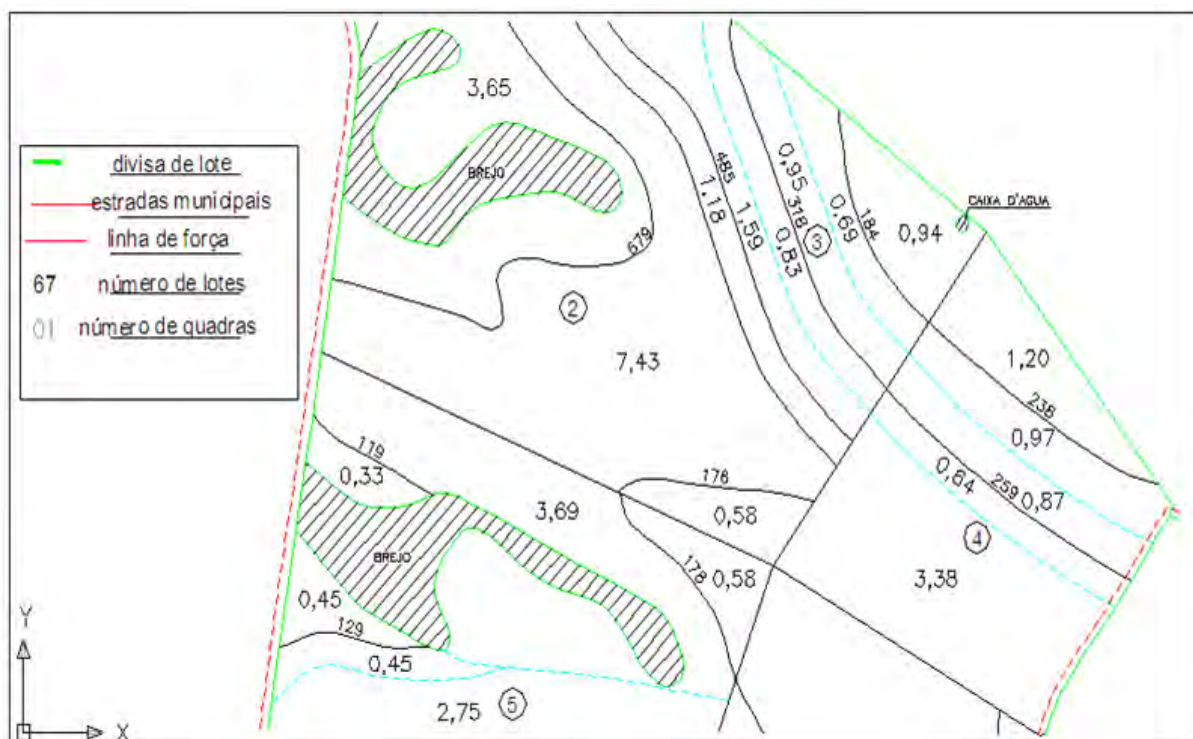


Figura 14- Mapa e detalhes internos

Cada talhão dessas áreas é dimensionado para possibilitar o manejo operacional de máquinas e caminhões dentro do talhão uma vez que na cultura de cana-de-açúcar o modo convencional de preparo de solo como também do seu cultivo é sempre intenso.

Segundo o Manual de operação (1997), que acompanha o receptor topográfico, umas das configurações necessárias a se fazer ajuste é quanto a máscara de elevação que nesse estudo foi de 15° acima do horizonte.

Quanto ao PDOP utilizado os valores para coleta de pontos foram entre 4.0 para mínimo e 7.0 para o máximo, com o mesmo coletando pontos a cada 5 segundos.

O terraço construído nessas áreas tem fundamental importância tanto na contenção de enxurradas das águas de chuvas e também papel importante no zoneamento dos carreadores internos para distribuição do transporte da colheita e no dimensionamento operacional quando o corte se faz pelo modo mecanizado com o uso das colhedoras de cana-de-açúcar. Dada essa importância surge então a necessidade de se localizar em mapa os contornos dos terraços internos as áreas de plantio como o mostrado na figura 14.

3.2.1 Processamento dos dados para Correção Diferencial

Após a obtenção dos dados de campo o arquivo de pontos necessita passar pela correção diferencial dos dados utilizando as bases de referência.

O equipamento utilizado acompanha de fábrica um software capaz de realizar essa operação sem a necessidade de uma base colocada pelo operador do equipamento citado como rover, o método de pós-processamento é utilizado usando uma estação de referência.

Essas estações de referências fazem parte de um sistema mantido pela empresa representante desses equipamentos no País. As mesmas são monitoradas diariamente e possuem o mesmo receptor utilizado nesse trabalho durante a coleta de dados de campo e gravam códigos C/A e portadora L1, a uma taxa de 5 segundos em arquivos a cada 1 hora.

Para utilizar esse serviço de correção diferencial dos dados de campo, é necessário preencher o formulário de cadastro no site da empresa referida na internet e comprovar algumas informações pedidas. Os dados fornecidos pelas Bases são distribuídos a todos que obtiverem o cadastro aprovado, não sendo controlado seu uso.

A figura 15 mostra os primeiros passos para a realização dessa correção. Dentro do software Pathfinder é selecionada a ferramenta de correção diferencial e logo em seguida na janela aberta o programa pede para ser escolhido o arquivo a ser corrigido.

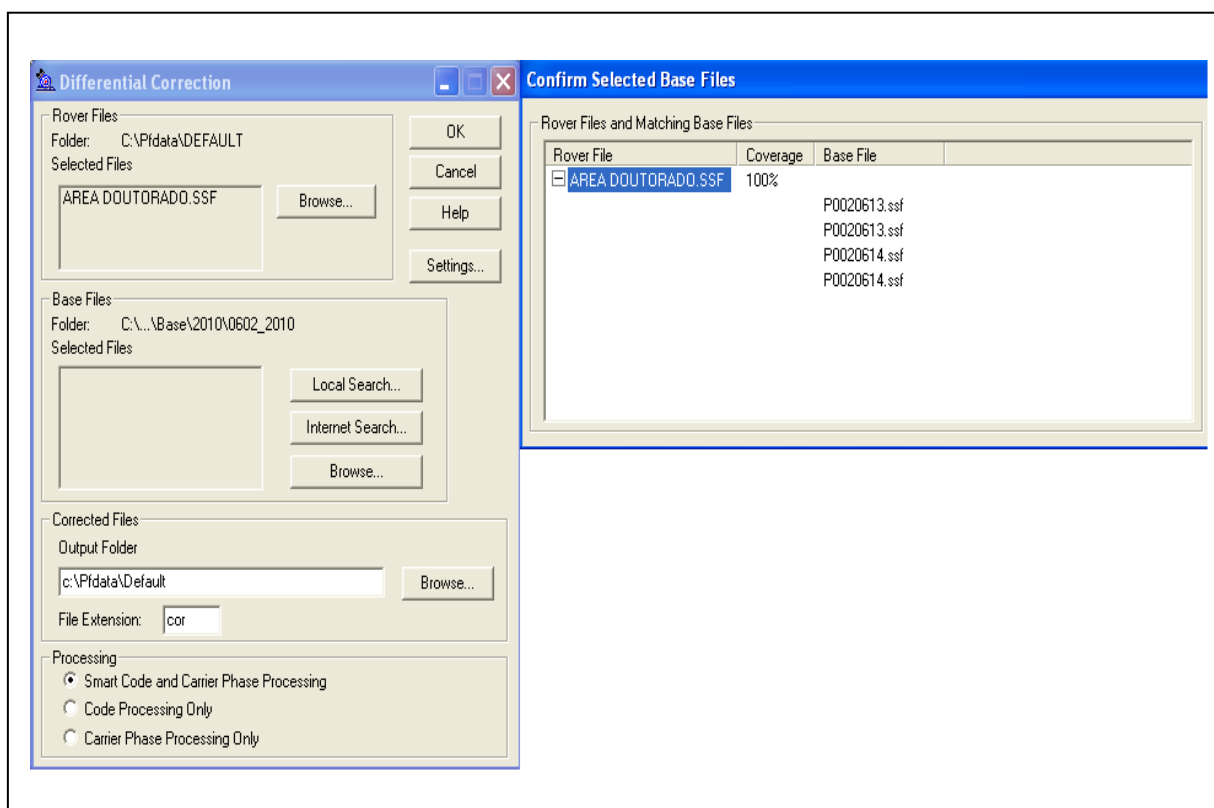


Figura 15- Primeiro passo para a Correção Diferencial dos dados de campo

Na figura 16 tem-se o nome do arquivo de campo selecionado para a correção juntamente com os arquivos de base obtidos via internet a partir do site da empresa representante do GPS Trimble Pró Xr no Brasil. www.santiagoecintra.com.br

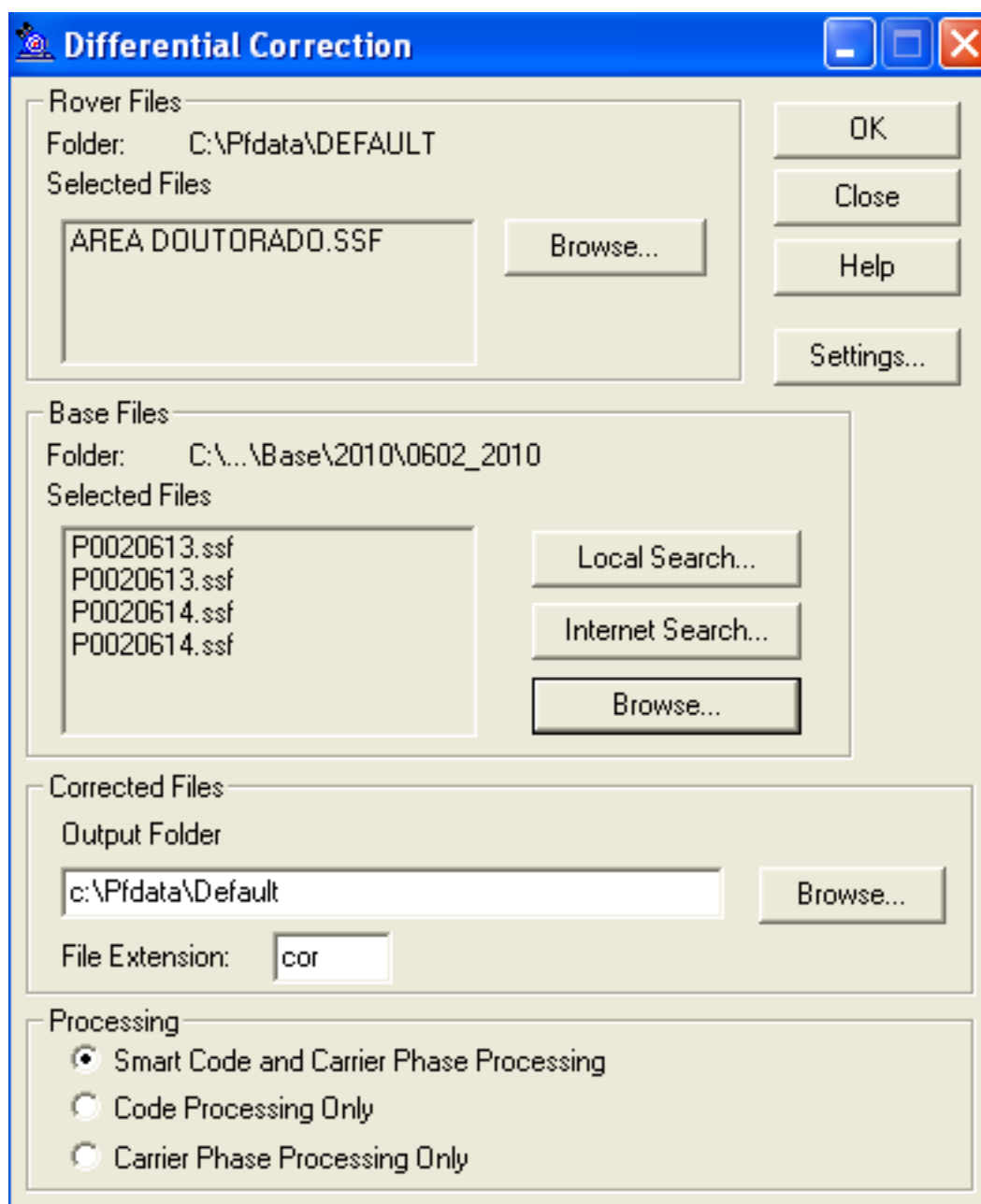


Figura 16- Janela aberta dentro da operação de Correção Diferencial dos dados.

Na figura 17, o programa de correção após o seu término como os ajustes das horas de início e fim dos trabalhos de campo, é possível identificar a porcentagem de arquivos processados e corrigidos através dos códigos de correção.

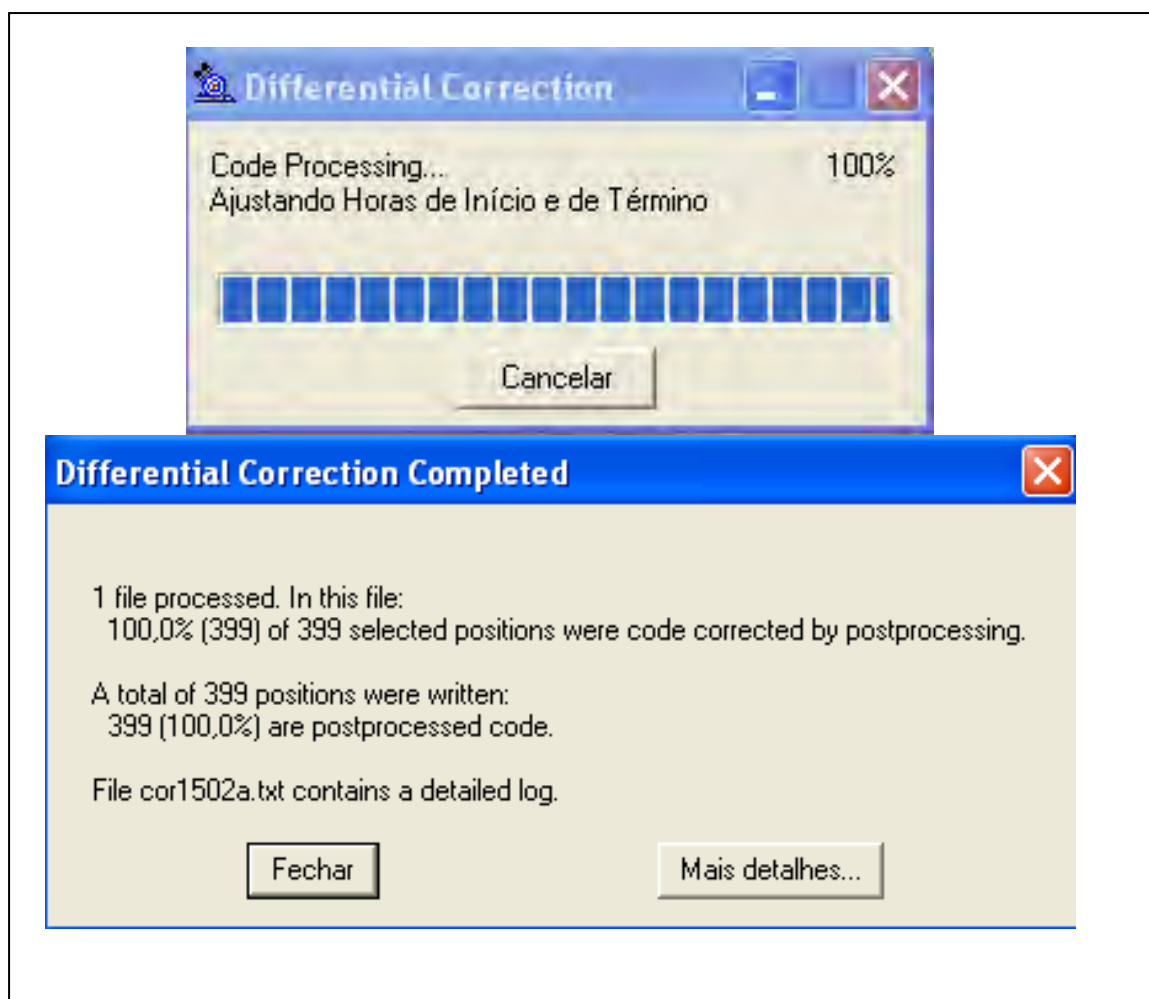


Figura 17- Representação da parte final da correção dos dados de campo

3.2.2 Utilizando o levantamento de campo na criação de mapas

Os dados depois do processo de correção passam então para a parte final de confecção dos mapas. Alguns softwares são muito conhecidos para essa finalidade os quais se diferenciam pela alta gama de funcionalidades para cada tipo de trabalho a ser executado.

O software utilizado para tratamento final das plantas foi o TOPOEVN 6.0.

A figura 18 mostra a página principal do software TOPOEVN 6.0 em um ambiente CAD.

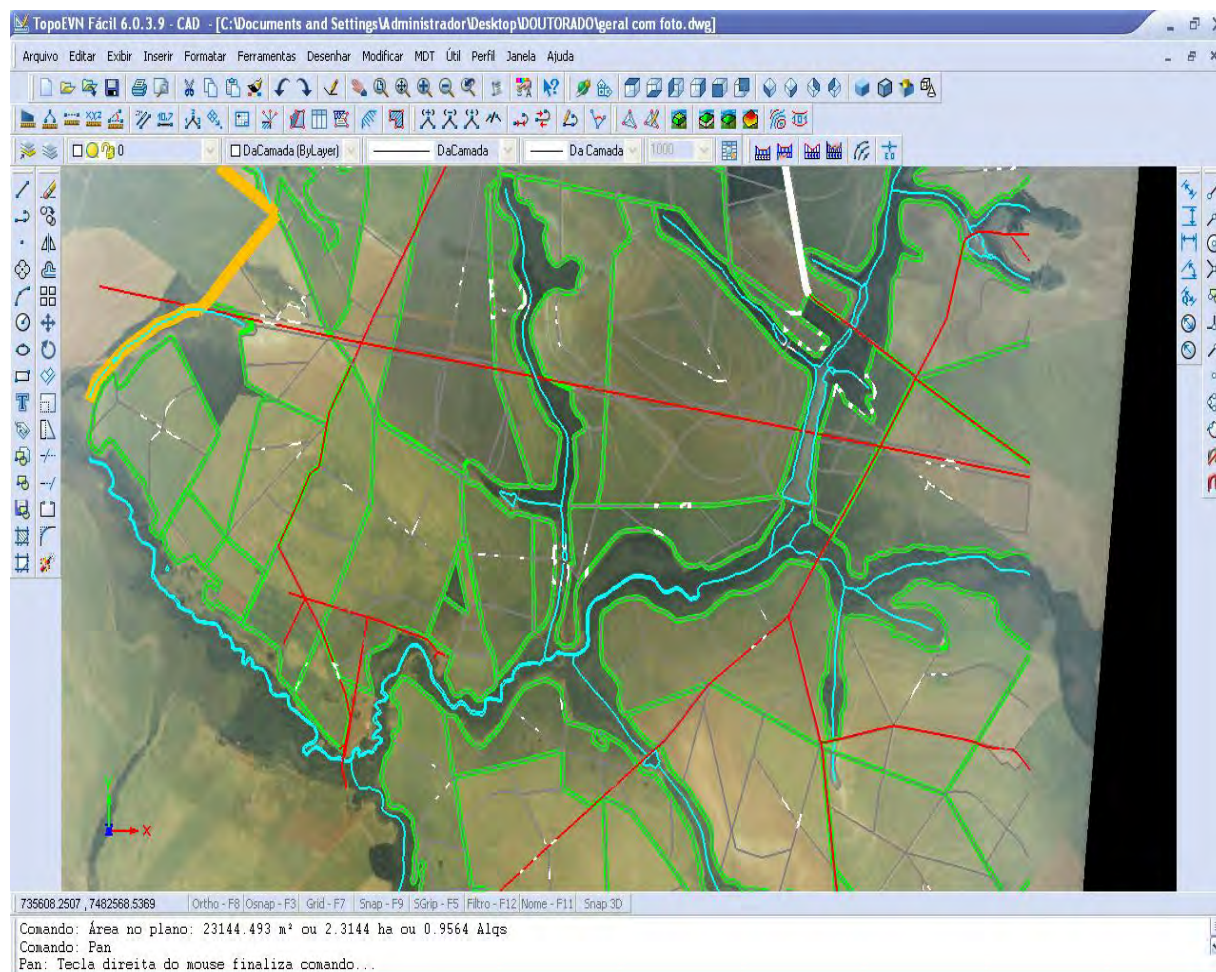


Figura 18- TOPOEVN 6.0

3.2.3 Identificação das Cartas

A criação de uma malha georreferenciada pode facilitar o trabalho de localização das cartas cadastrais correspondentes dos locais de levantamento a partir de coordenadas coletadas em campo com o uso do GPS, o que torna simples a tarefa de localizar qual carta representa a área de qualquer objeto em estudo.

A figura 19 apresenta a malha retangular criada para a localização das cartas cadastrais.

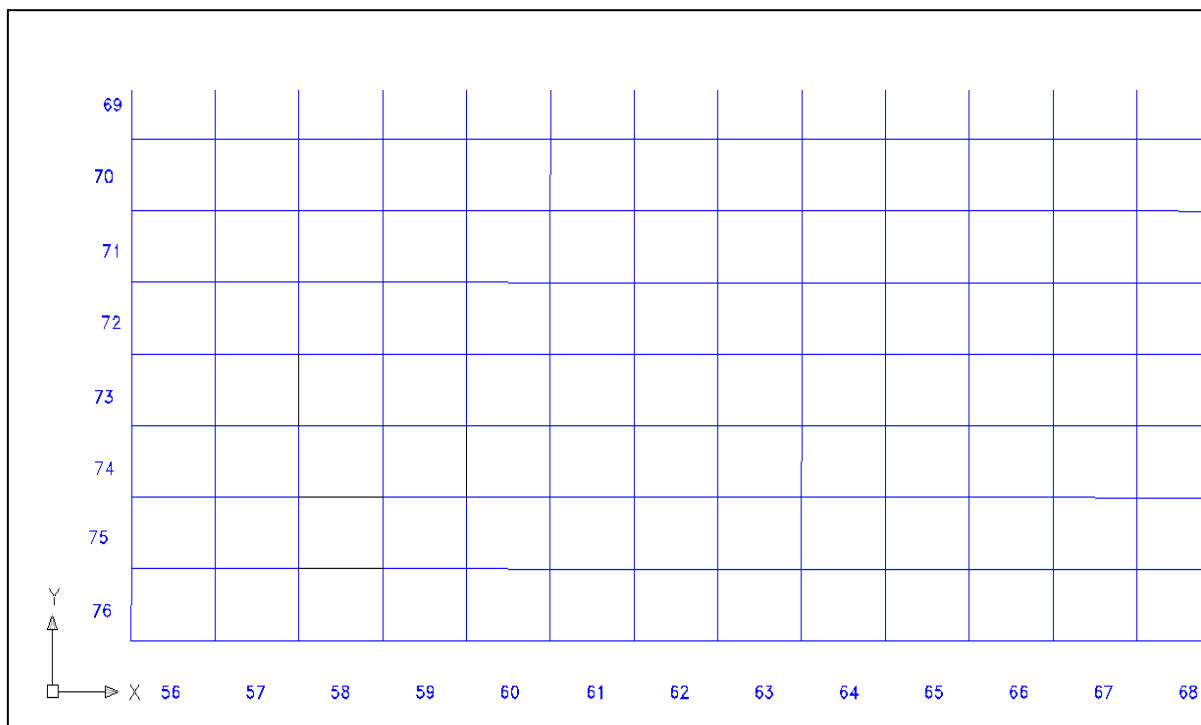


Figura 19- Malha de identificação das cartas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo

O plano Horizontal de referência das cartas cadastrais é o Córrego Alegre e o Levantamento realizado pelo GPS onde se encontram as áreas em estudo esta referenciadas ao Datum SAD 69, esses dois sistemas de referência encontram-se em certos pontos com diferenças horizontais de -5 metros para Este ou X e +37 metros para Norte ou Y. Sabendo dessas informações é preciso primeiro identificar as cartas a serem utilizadas para posterior escalonamento do levantamento de campo que foi realizado em SAD 69 e somente assim sobrepor as cartas que se encontram referenciadas sobre o sistema Córrego Alegre.

Para identificar as Cartas Cadastrais a serem utilizadas é necessário após ter realizado a correção diferencial utilizar a malha de coordenadas conforme segue passos abaixo:

Dentro do ambiente CAD os procedimentos para identificação das cartas seguem a seguinte sequência de comandos:

Selecionar o desenho georreferenciado: Utilizando sempre como referência ao selecionar dados dentro do Cad utilizar a seleção sempre da esquerda para a

direita em seguida clique com o botão direito do mouse e selecione *copy with base point*: e em seguida acione *Enter*.

Minimize a tela com o desenho georreferenciado e abra a tela com a malha para identificação de cartas, em seguida, clique com o botão direito do mouse e selecione *Paste to Original Coordinates*.

Ao fim desses comandos a área de desenho georreferenciado irá sobrepor a malha de identificação de cartas, em seguida é deve-se identificar os quadrantes das cartas que representam a área ocupada pelo desenho como ilustra a figura 20.

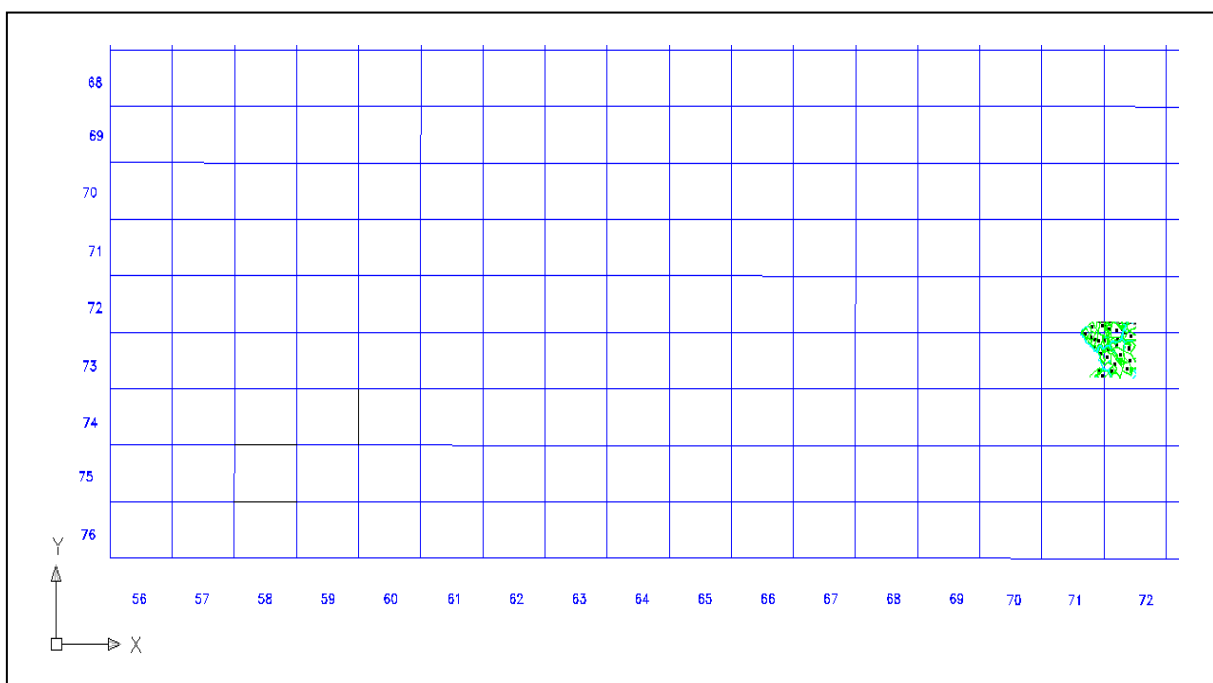


Figura 20- Malha de identificação das cartas cadastrais com o desenho georreferenciado sobreposto

Na figura 20, o desenho aparece compondo sua área em quatro quadrantes. Após Identificar às cartas que compõe a área ocupada pelo desenho torna-se obrigatória a realização do escalonamento das cartas que são referenciadas pelo plano horizontal Córrego Alegre e assim referenciá-las ao plano de referência SAD 69 no qual se encontra o desenho da área levantada em campo com uso do GPS.

3.2.4 Georreferenciamento das cartas

As cartas topográficas necessárias, como identificadas na figura 19 estavam arquivadas em um sistema de ordem numérica no qual a área de cobertura do levantamento encontrou quatro possíveis cartas que recobrem a área de estudo.

A identificação numérica das cartas encontradas foi: 72/71, 72/72, 73/71 e 73/72.

Após referenciá-las ao plano de referência SAD 69 as cartas que fizeram parte da cobertura foram às numéricas 73/71 e a 73/72 como ilustra as respectivas figuras 21 e 22.

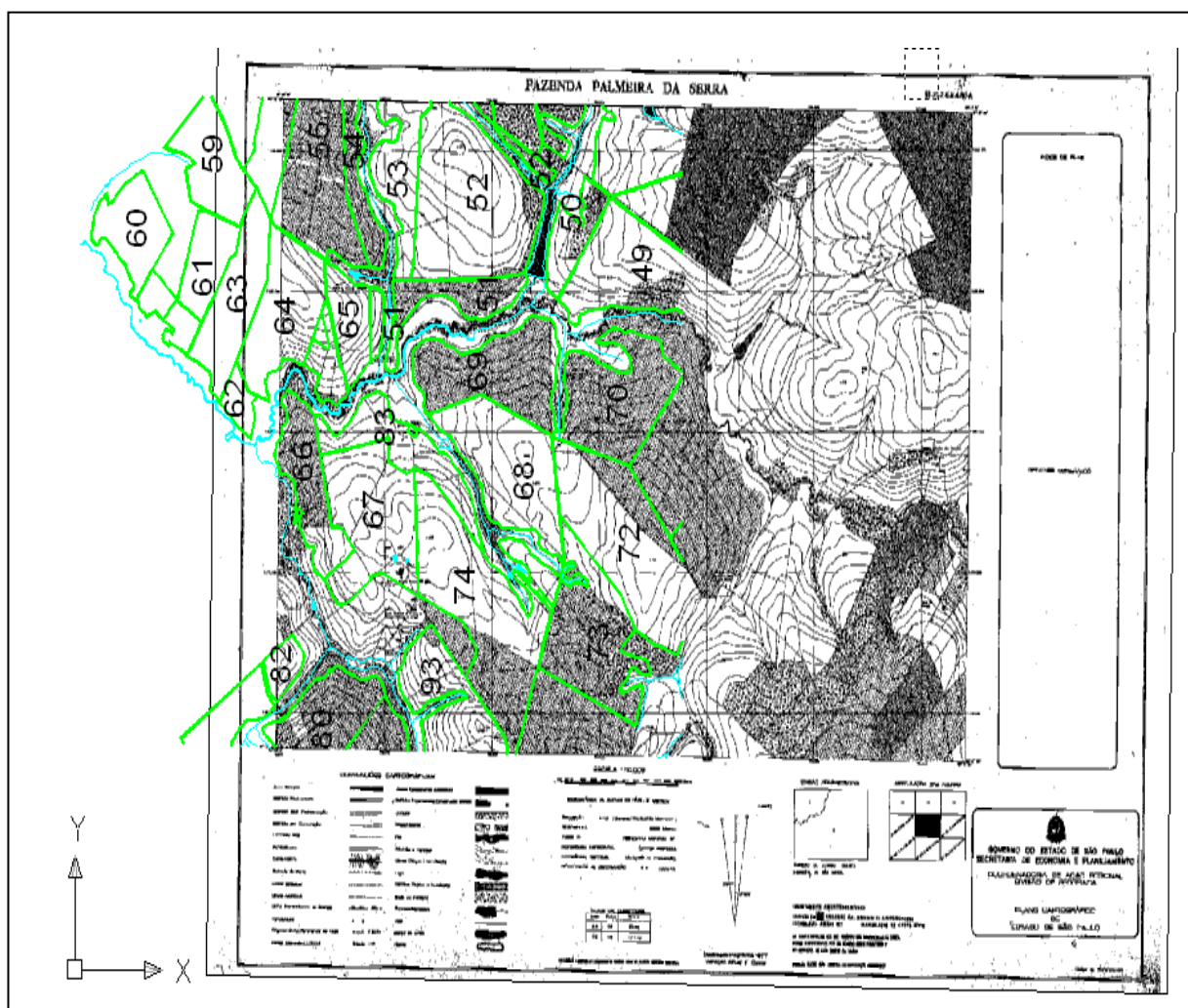


Figura 21- Área de sobreposição da Carta geográfica 73/71

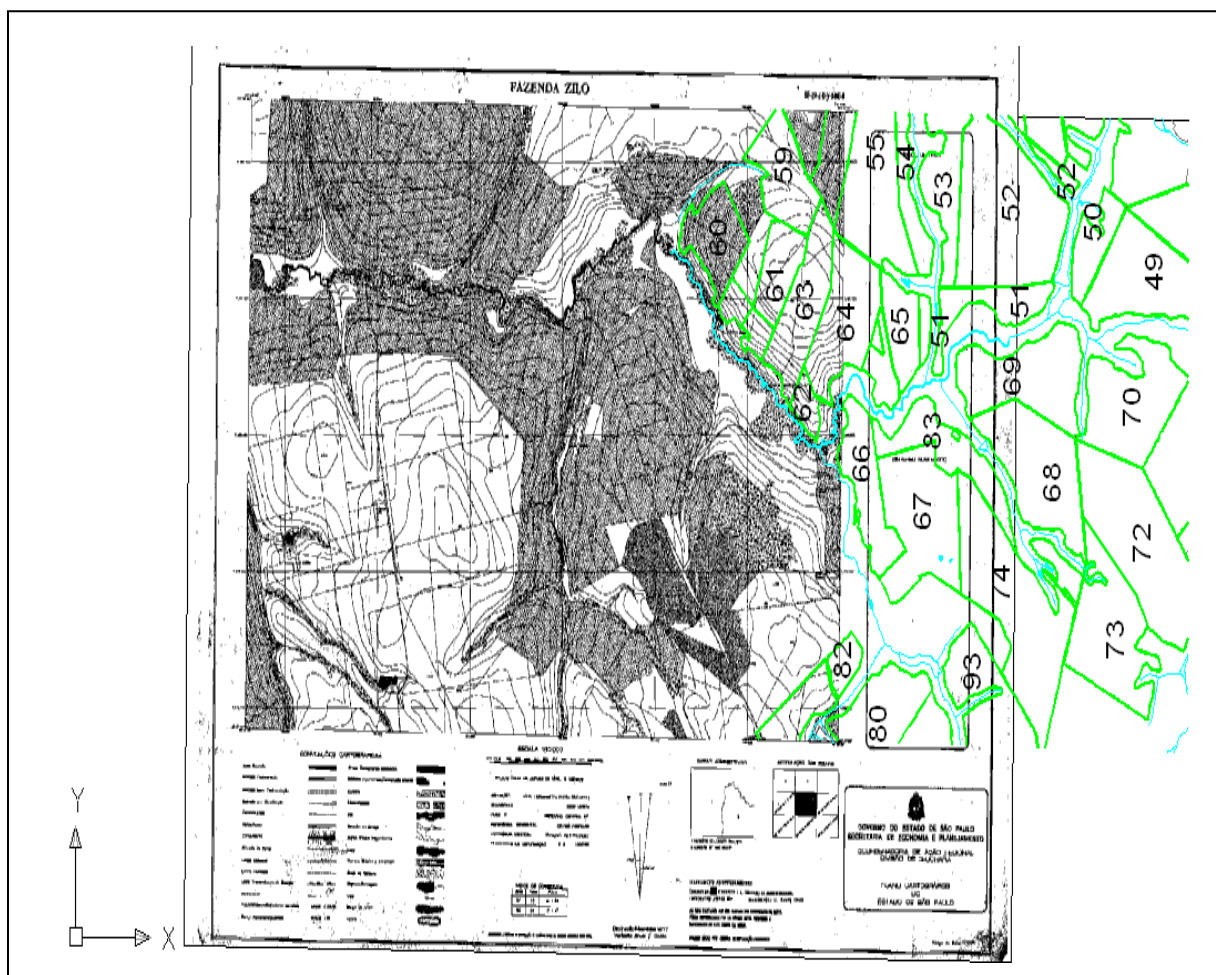


Figura 22- Área de sobreposição da Carta geográfica 73/72

A figura 23 mostra as duas cartas utilizadas como referência da área levantada para estudo neste projeto.

As cartas na figura 23 estão georreferenciadas ao Datum de referência SAD 69.

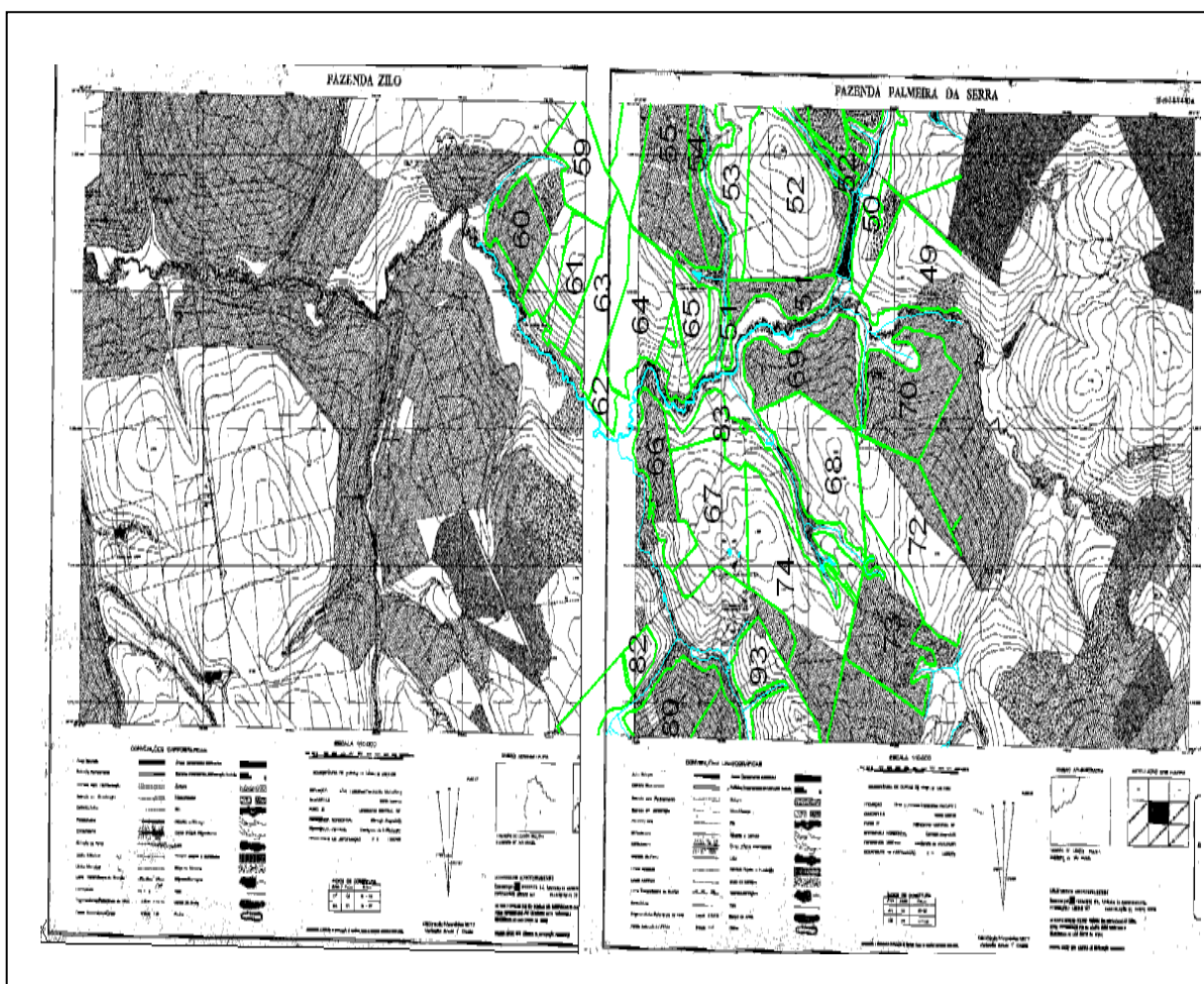


Figura 23- Cartas Cadastrais georreferenciadas ao SAD 69.

Para alinhar as cartas se faz necessário uma série de comandos que serão descritos a seguir.

De posse das diferenças entre os sistemas de referência SAD 69 e o Córrego Alegre que é de -5 metros para Este ou X e +37 metros para Norte ou Y, as cartas identificadas devem ser alinhadas ao desenho que esta georreferenciado sobre o DATUM SAD 69.

Na barra de comandos do CAD digitou-se:

align > Enter Selecionar o objeto a ser alinhado, ou seja, uma das cartas.

Selecionado uma das cartas clicar em um ponto de intersecção das cartas no eixo x e y da mesma como ilustra a figura 24.

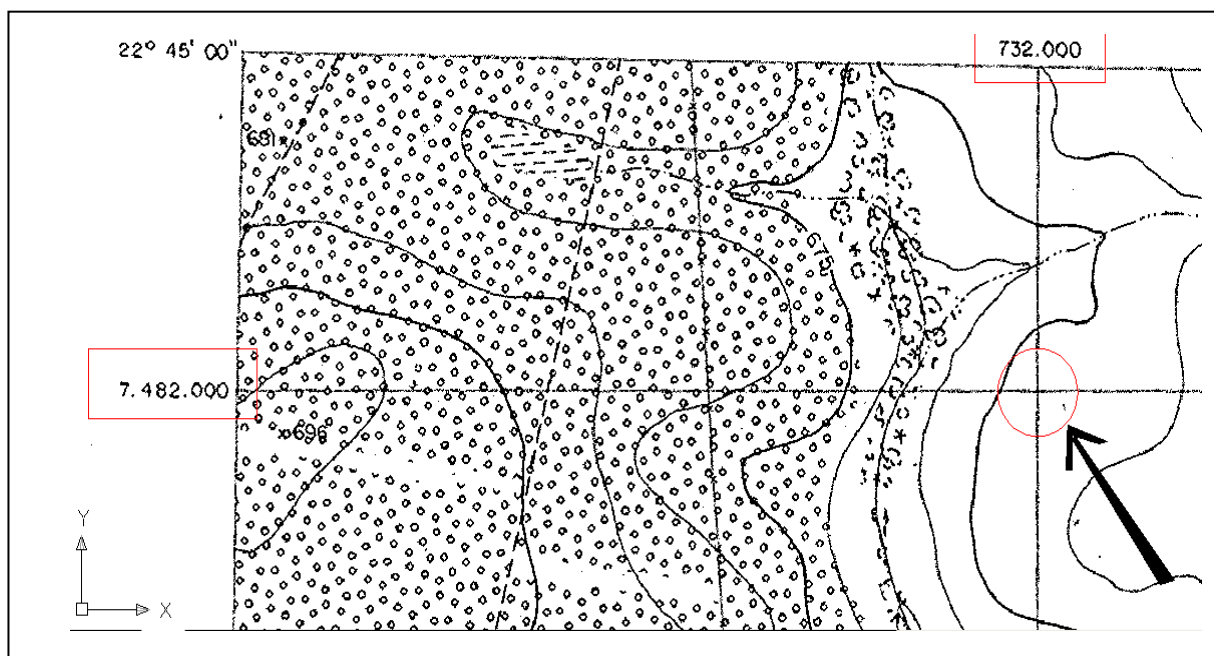


Figura 24- Intersecção das linhas de referência da carta geográfica

Após acionado na linha de intersecção da carta, na barra de comandos digitou-se o valor correspondente para referenciar ao DATUM SAD 69, como exposto anteriormente que o valor de correção do DATUM Córrego Alegre para o SAD 69 é de -5 para y e de $+37$ para x, digitou-se na barra de comandos o valor 731995 para y e 7482037 para x.

Logo na barra de comandos: *731995,7482037 > Enter*

Em seguida especificou-se um segundo ponto da mesma forma na intersecção de uma das linhas de referência da carta. (Figura 25).

Barra de comandos: *736995,7478037 > Enter*

Enter > Enter >

Barra de comandos: *Specify Third Point or <Continue>: Enter*

Barra de comandos: *Scale objects based on alignment points?*

[Yes/No]: Y > Enter

Após essa sequência de comandos a carta seguiu automaticamente para a posição correta, agora com base na referência do DATUM SAD 69.

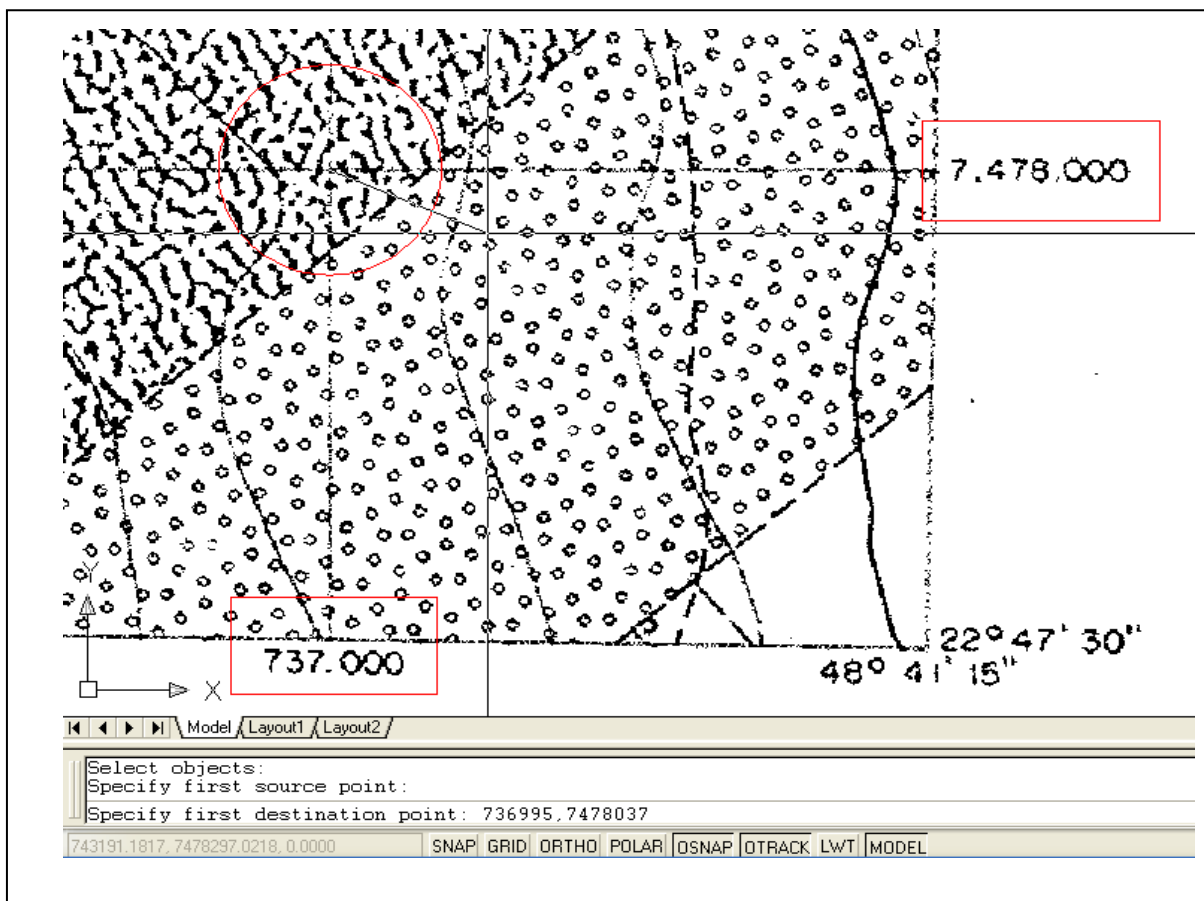


Figura 25- Segundo ponto de referência para georreferenciamento da imagem

Após essa sequência de comandos a carta seguirá automaticamente para a posição correta, agora com base na referência do DATUM SAD 69.

Seguir o mesmo procedimento para as duas cartas encontradas através da grade de localização e a partir daí as mesmas passam a estar georreferenciadas ao DATUM SAD 69, o Datum de referência escolhido para a realização do desenho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 26 mostra a área total em estudo, no desenho da figura citada conforme legenda é possível encontrar os detalhes dos contornos de lote, números de quadra, linhas de força existentes no interior dos lotes e toda hidrografia da região.

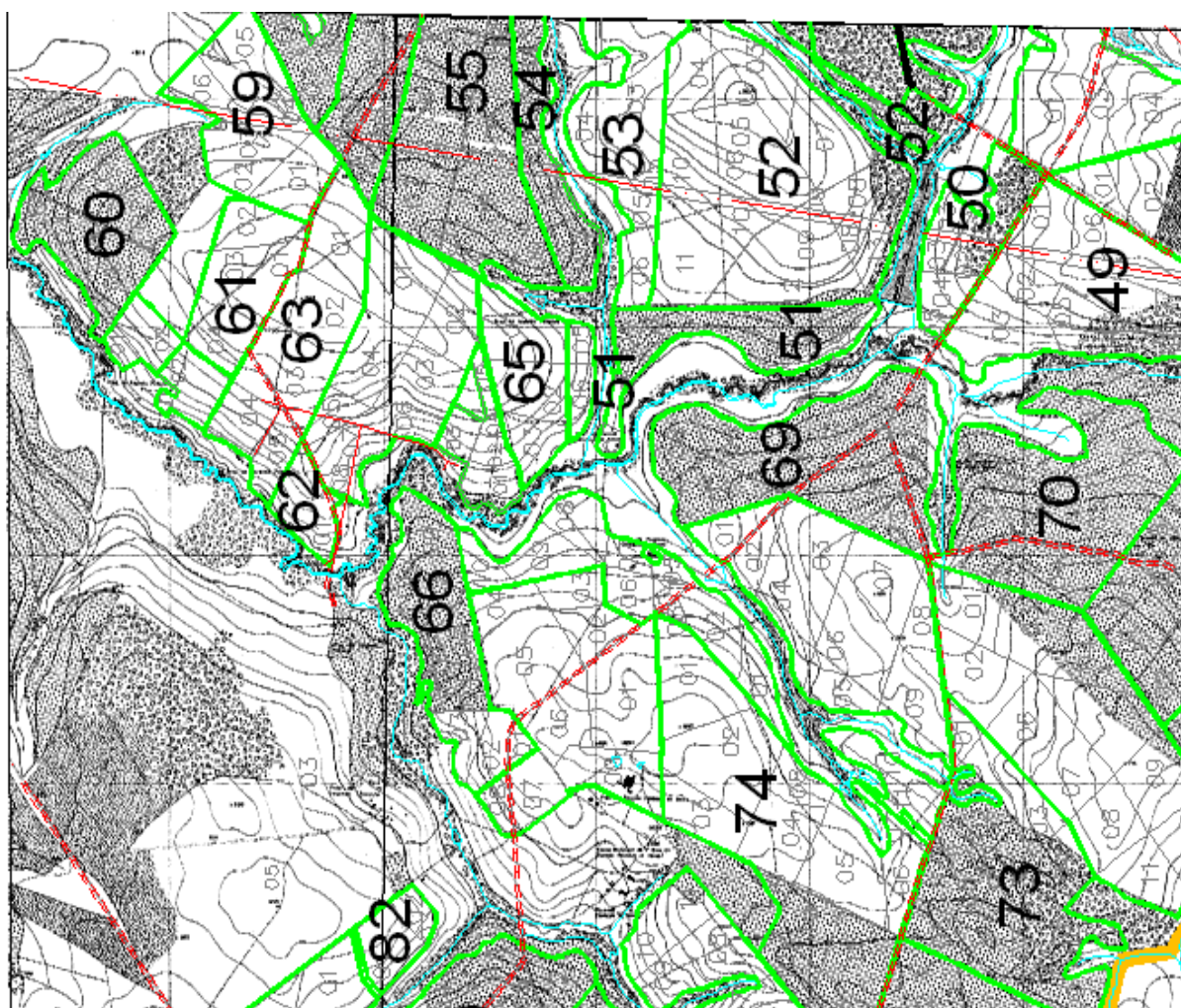


Figura 26- Carta Cadastral ao fundo como referência e a posição de cada lote no interior do mapa

O modelo digital do terreno tem sua utilização em diversas áreas da topografia e uma das suas principais utilizações é auxiliar o dimensionamento de estradas

onde é utilizado como referência no conhecimento do relevo através dos contornos das curvas de nível a fim de construir trajetos que possibilitem desvios de altos declives e topos de morro.

Com a adoção da colheita mecanizada em várias empresas do setor agrícola principalmente pelas usinas de cana-de-açúcar, algumas estradas internas chamadas de carreadores puderam ser planejadas de forma a se seguir os níveis do terreno, tendo por base também na construção dessas estradas podem citar o uso das cartas cadastrais.

Observando a figura 26, na parte alta da imagem localiza-se o lote 52. Para um olhar mais detalhado na figura 27, as curvas de nível locadas em campo e as curvas de nível de referência das cartas cadastrais.

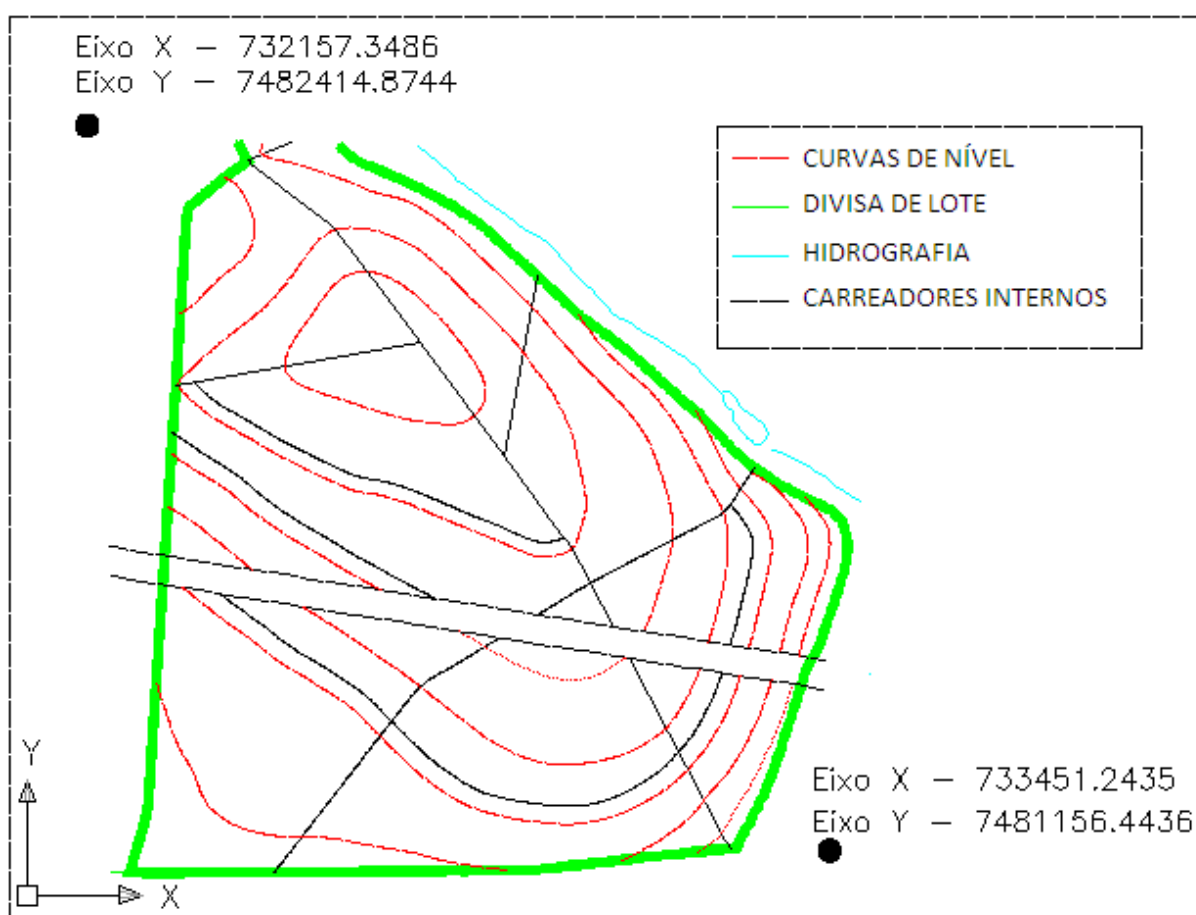


Figura 27- Lote 52; detalhes internos do mapa

Na figura 27 observa-se a linha em vermelho das curvas de nível locadas em campo com aparelho de nível e medidas por receptor topográfico GPS. As curvas

de nível quando locadas em campo tem por finalidade principal conter o escoamento das águas de chuva a fim de evitar erosões e arrastamento do solo por enxurradas.

Em preto ainda na mesma figura as estradas internas utilizadas para deslocamento da produção e manejo de máquinas durante o seu preparo e cultivo dentro das áreas.

As estradas internas de culturas como a cana-de-açúcar levam algumas referências e cuidados antes do seu planejamento: Tamanho da área, topografia do terreno, contornos das curvas de nível no planejamento de plantio.

As Figuras 27, 28 e 29 trazem de forma mais detalhada os contornos internos como curvas, estradas e hidrografias.

Na figura 28, o contorno do lote, hidrografia e ao fundo a carta cadastral do local utilizado como referência no estudo abaixo.

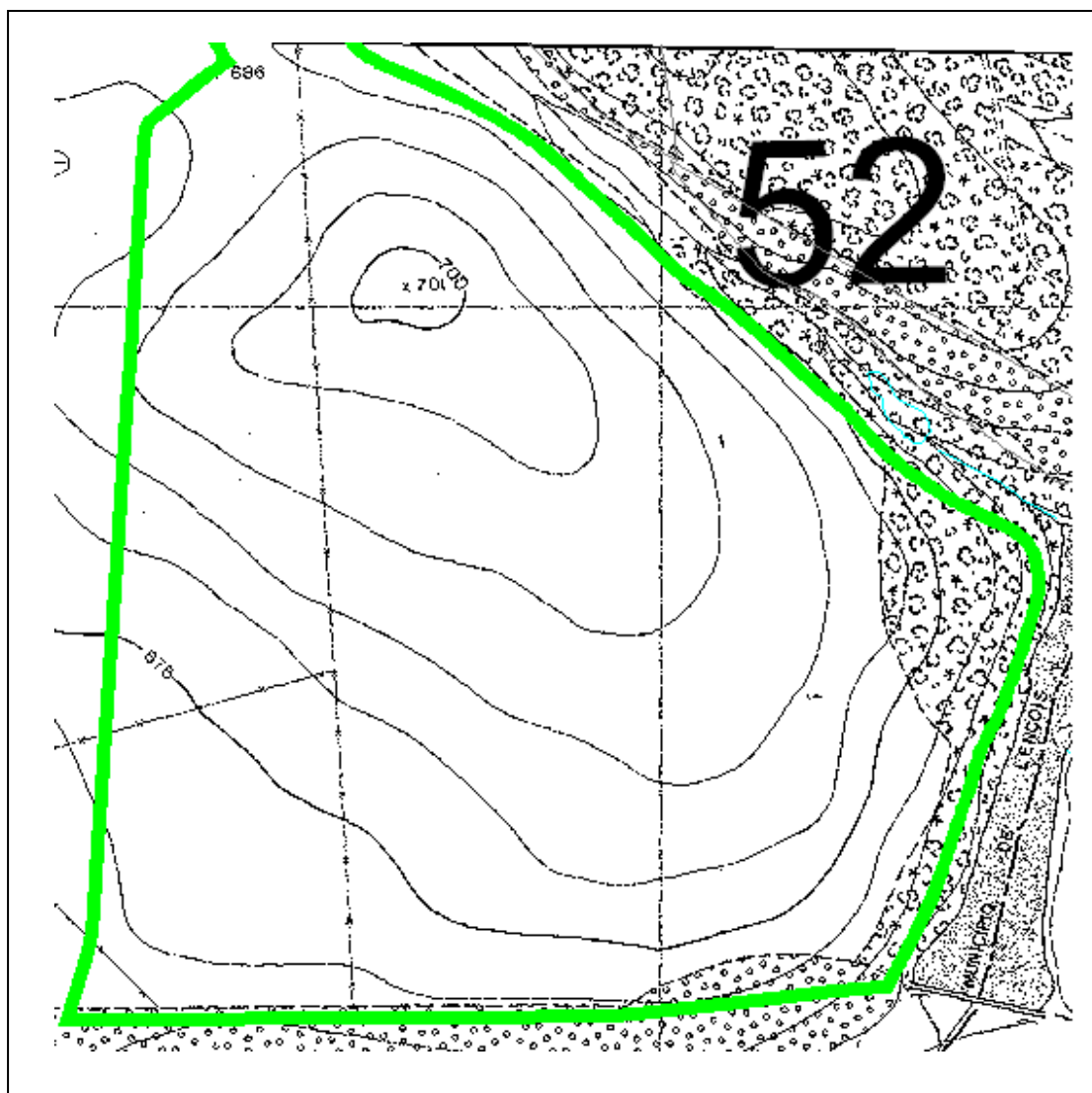


Figura 28- Carta Cadastral e perímetro do lote 52

A figura 29 mostra através dos contornos suaves das curvas de nível um terreno plano com utilização total da sua área para a agricultura respeitando todas as normas ambientais.

Notadamente na figura 29, o lote 52 compara às curvas de nível da carta cadastral com as curvas de nível locadas em campo através de aparelho de nível de precisão.

Considerando correta a localização em nível das curvas locada com aparelho, a curva retirada da carta apresenta boa representatividade do relevo em campo através dos contornos das curvas.

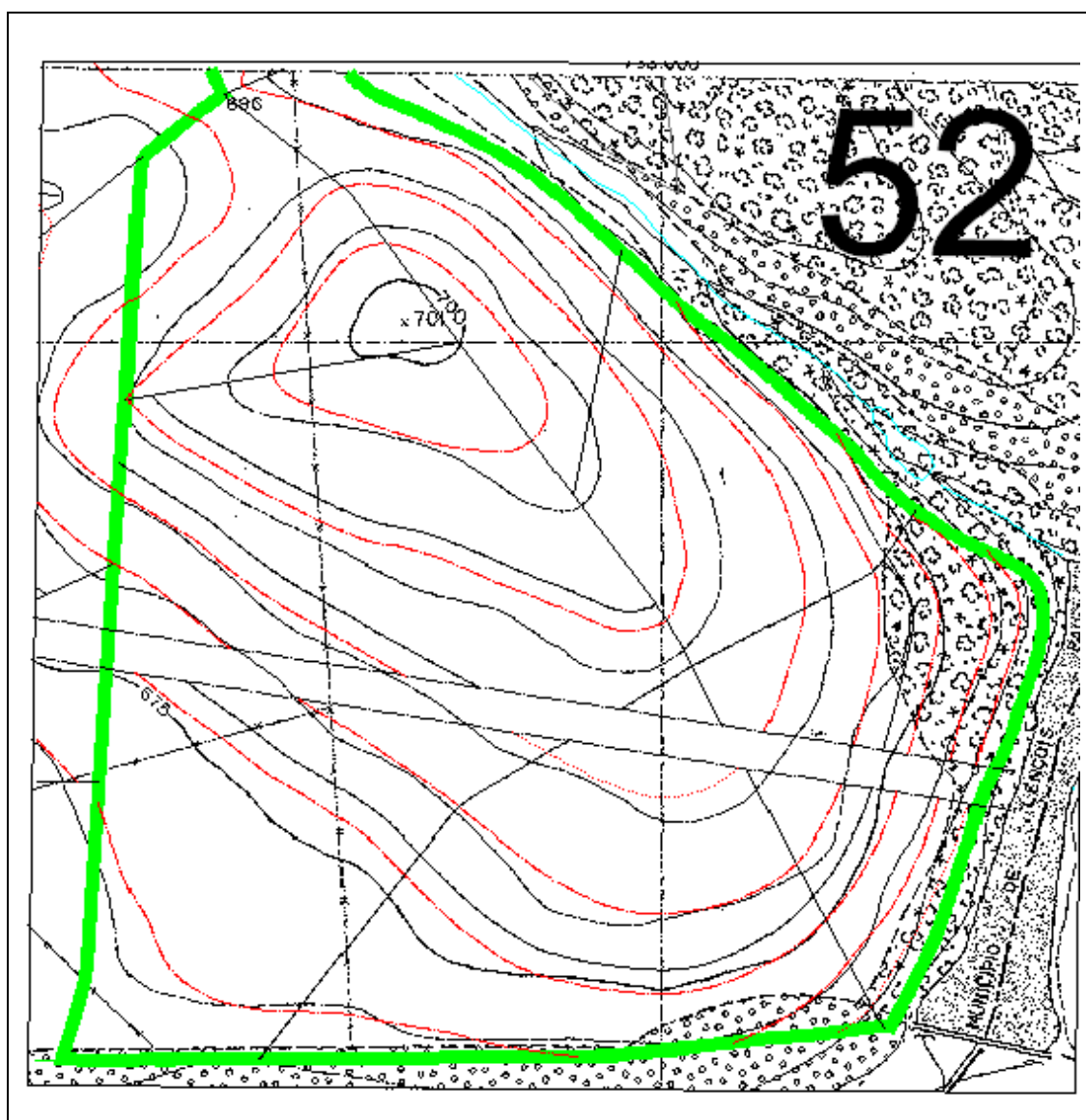


Figura 29- Perímetro, curvas de carta, curvas locadas em campo e estradas

As figuras de 30 a 56 comparam quadro a quadro, os lotes desenhados com as curvas de nível locadas em campo com uso de nível de precisão, observa-se também que os mapas a seguir nas figuras de 30 a 56 encontram-se fora de escala.

As próximas imagens devem ilustrar bem a acurácia das curvas geradas por cartas quando comparadas com as curvas de nível de campo. As curvas que foram criadas com finalidade de segurar as possíveis enxurradas causadas por água de chuvas, e também servindo de guia para o preparo de solo uma vez que se recomenda o uso do preparo sempre em nível.

A figura 30 mostra o lote 73, a figura mostra os detalhes internos da área onde a mesma contempla as curvas de nível locadas em campo, estradas internas, áreas de várzea e demais detalhes utilizados topograficamente em cadastro de áreas de utilização agrícola.

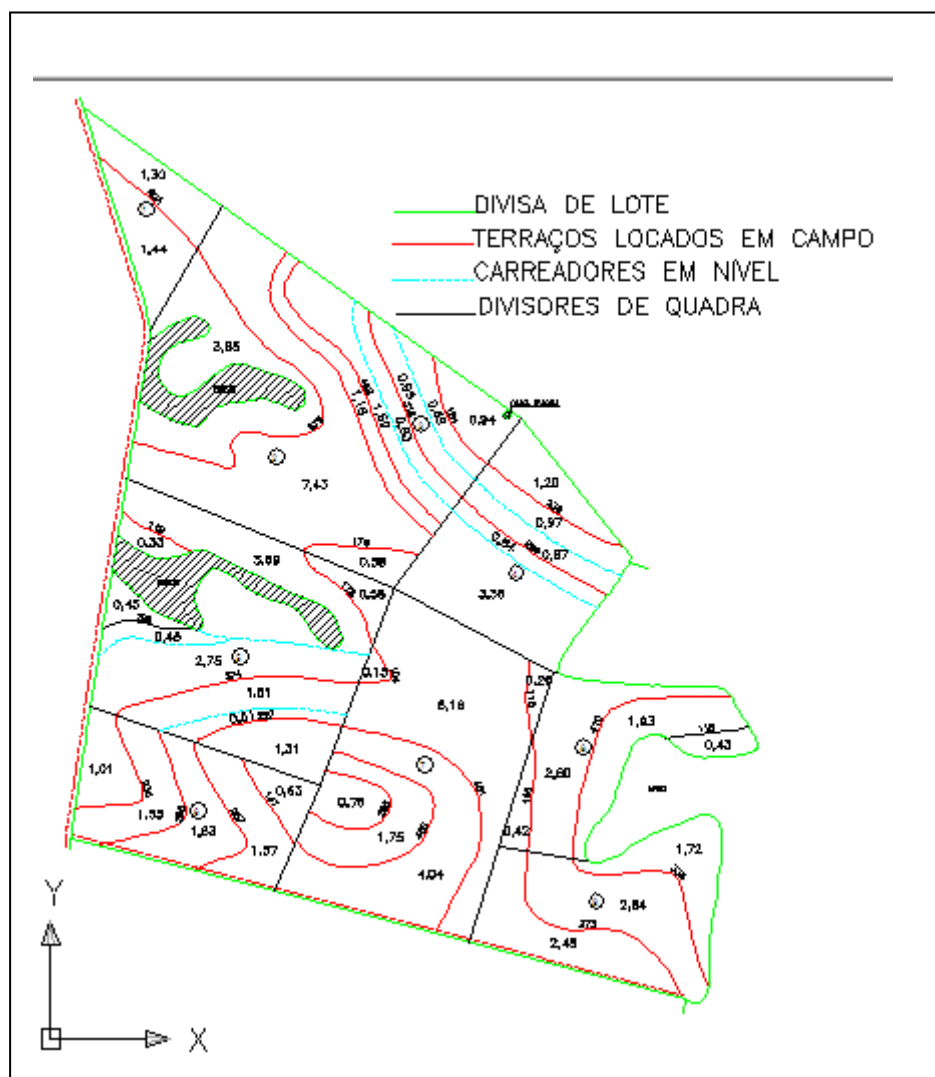


Figura 30- Área com sua representação topográfica

Observa-se na figura 30 que em vermelho encontra-se o traçado das curvas de nível locadas em campo.

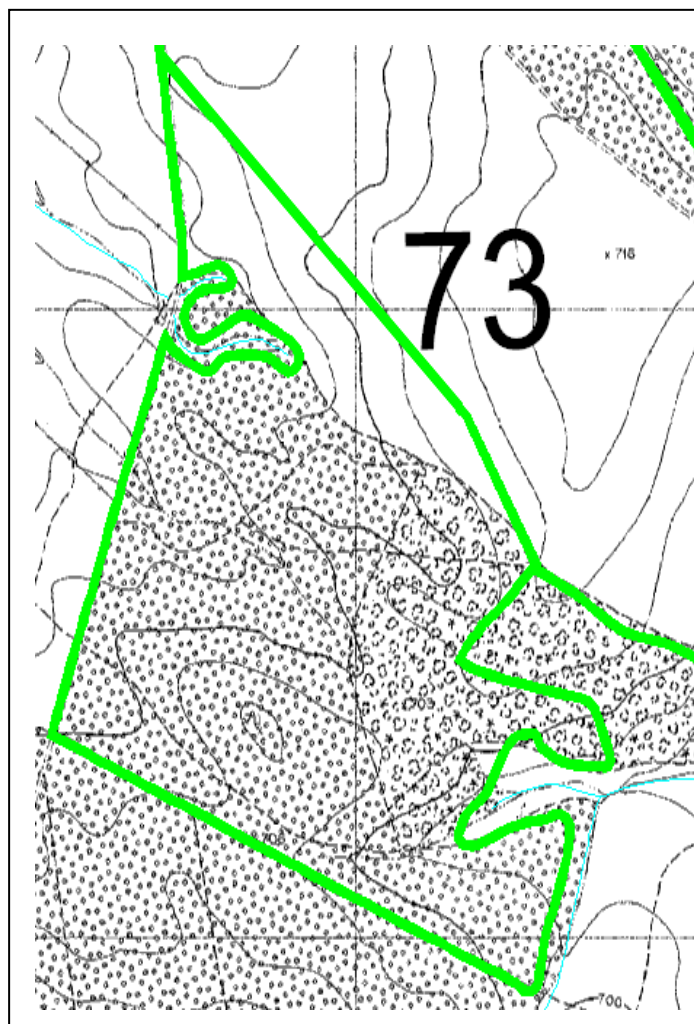


Figura 31- Perímetro do lote e carta cadastral ao fundo

Figura 31, perímetro do lote 73 com o a carta cadastral referenciada ao fundo.

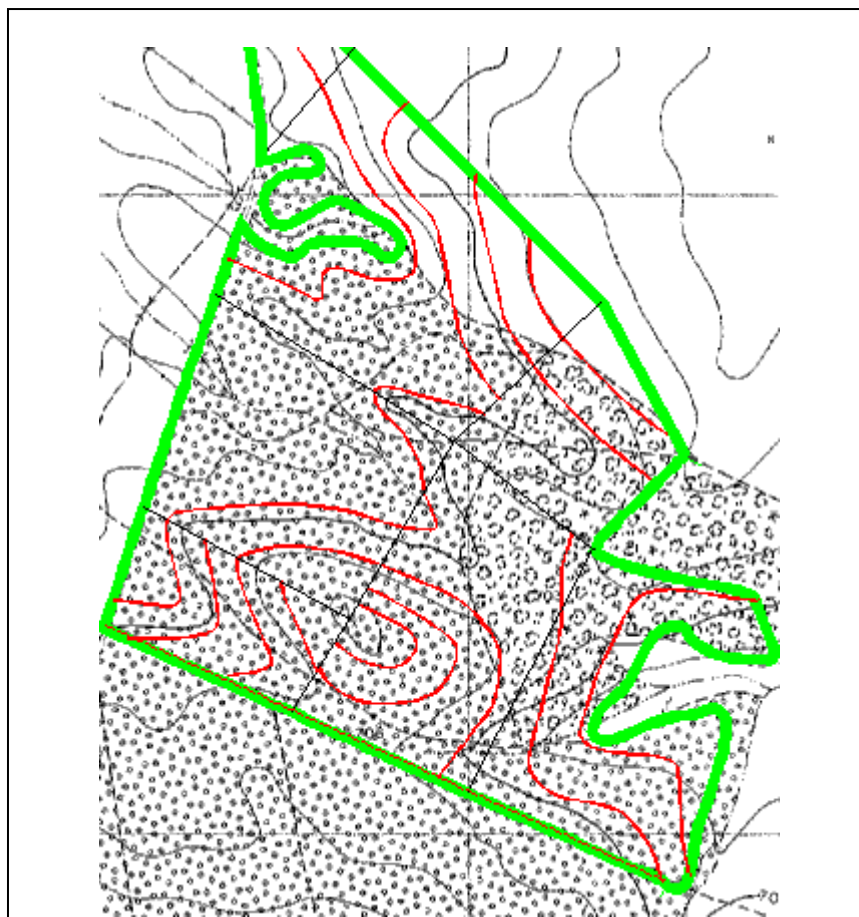


Figura 32- Lote 73, vista geral das curvas sobrepostas

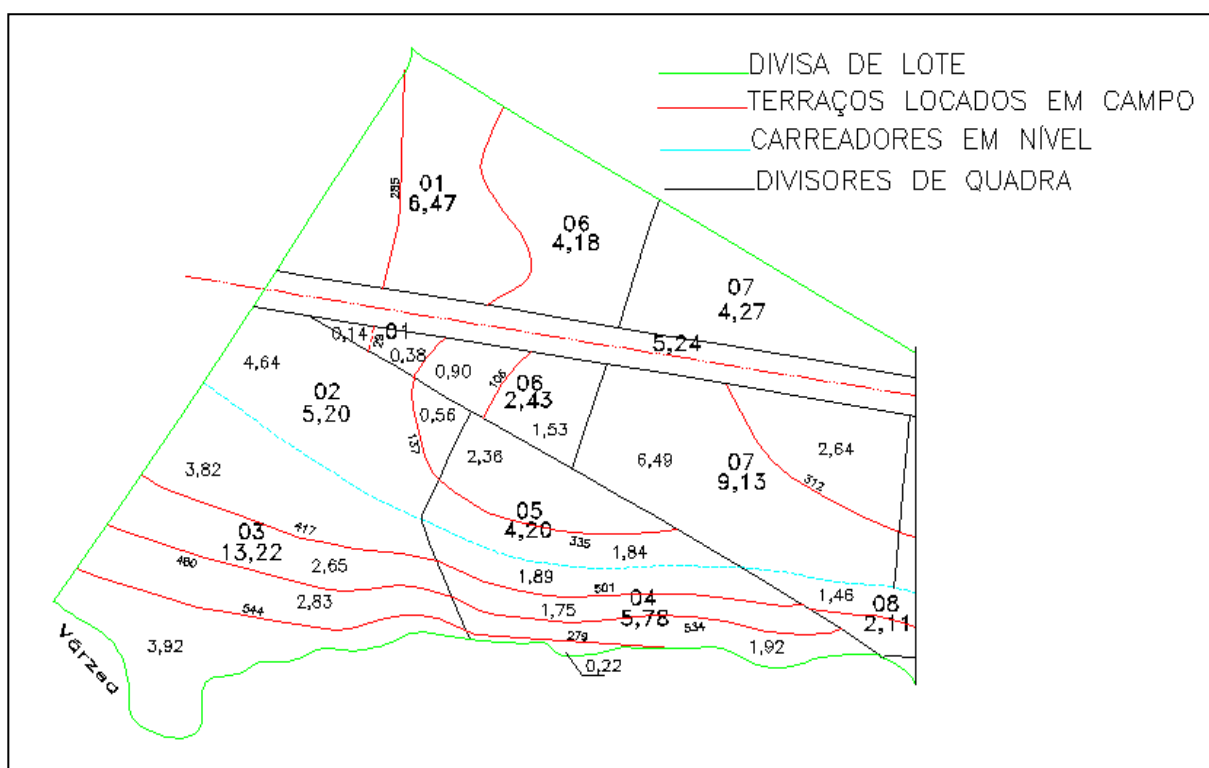


Figura 33- Mapa do lote 49

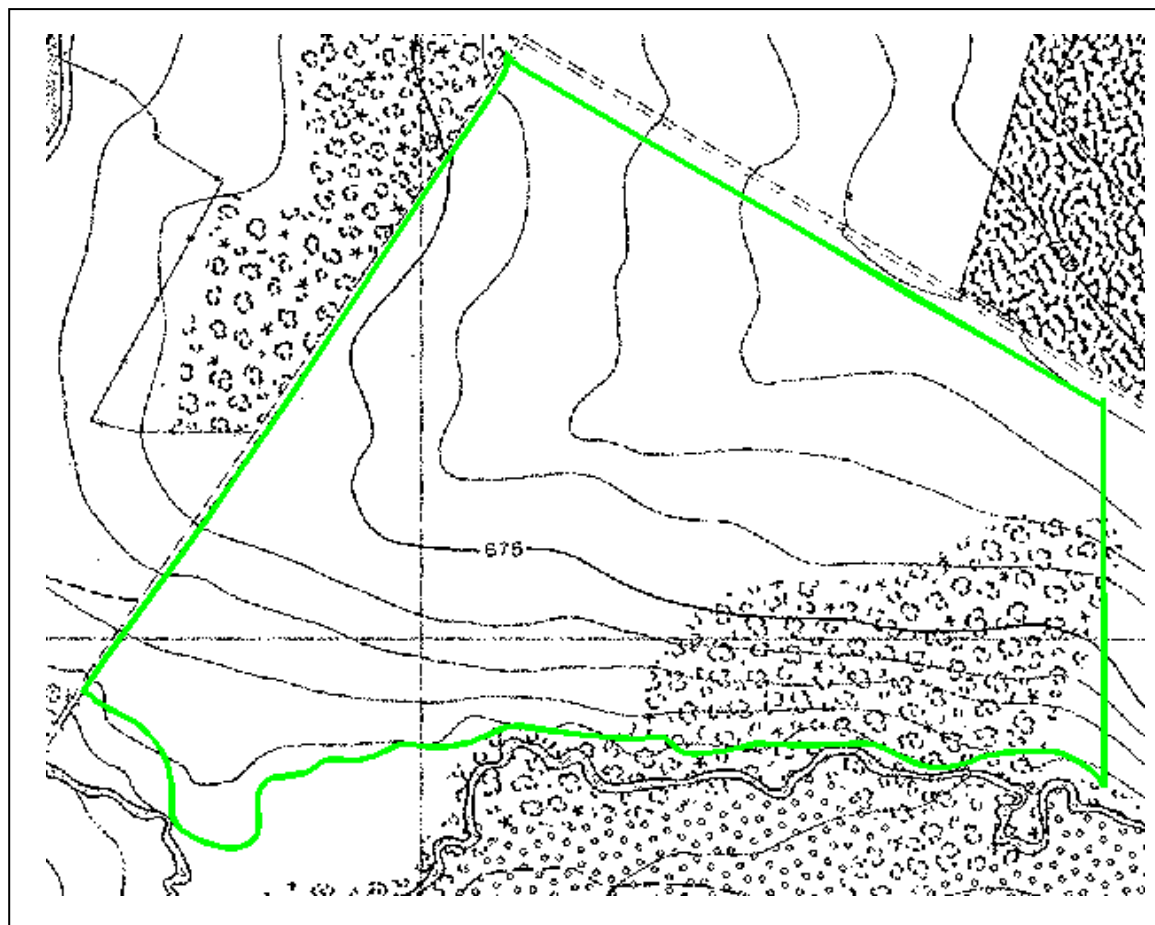


Figura 34- Parte da Carta cadastral referente ao lote 49

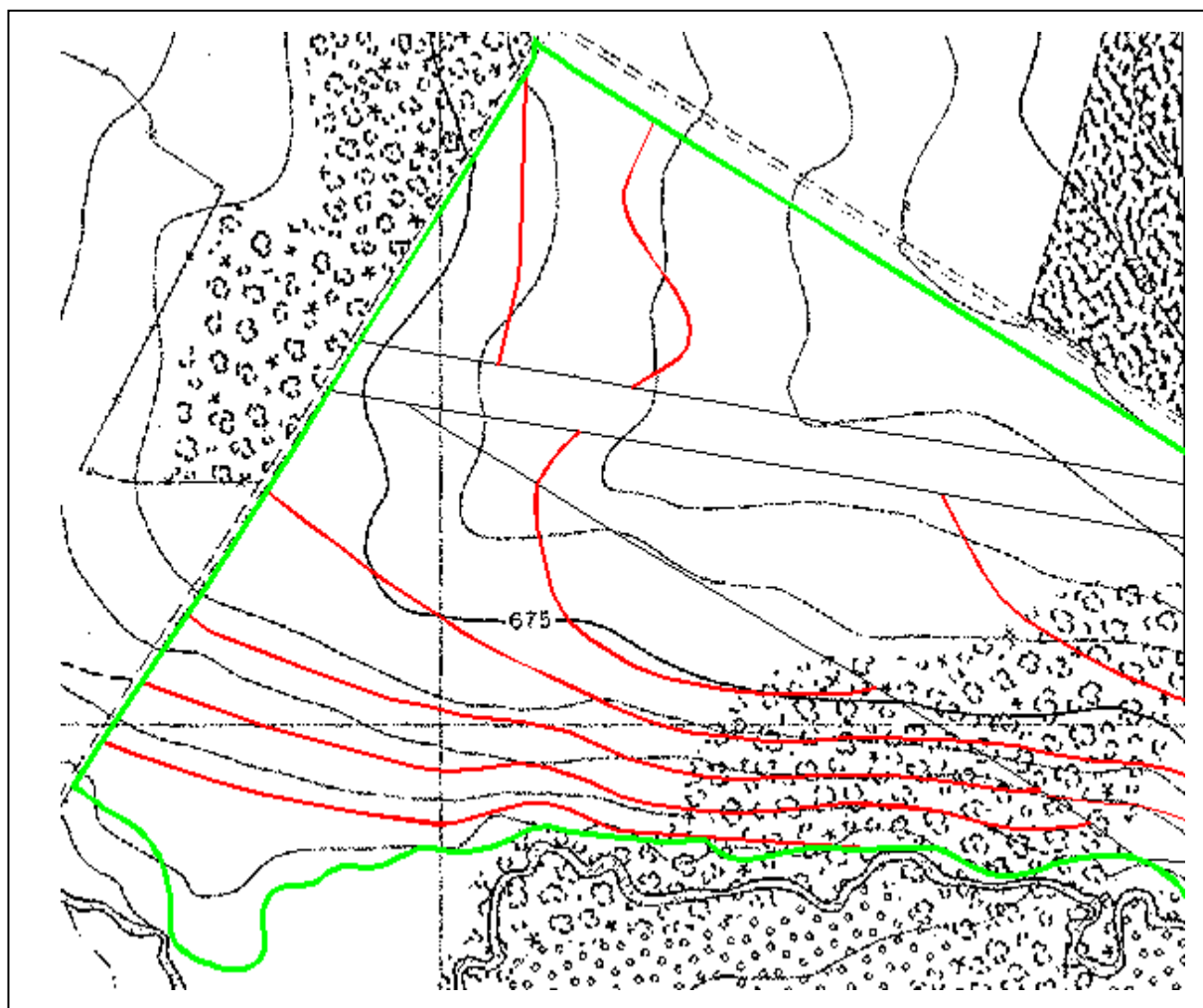


Figura 35- Sobreposição do lote 49 a Carta cadastral

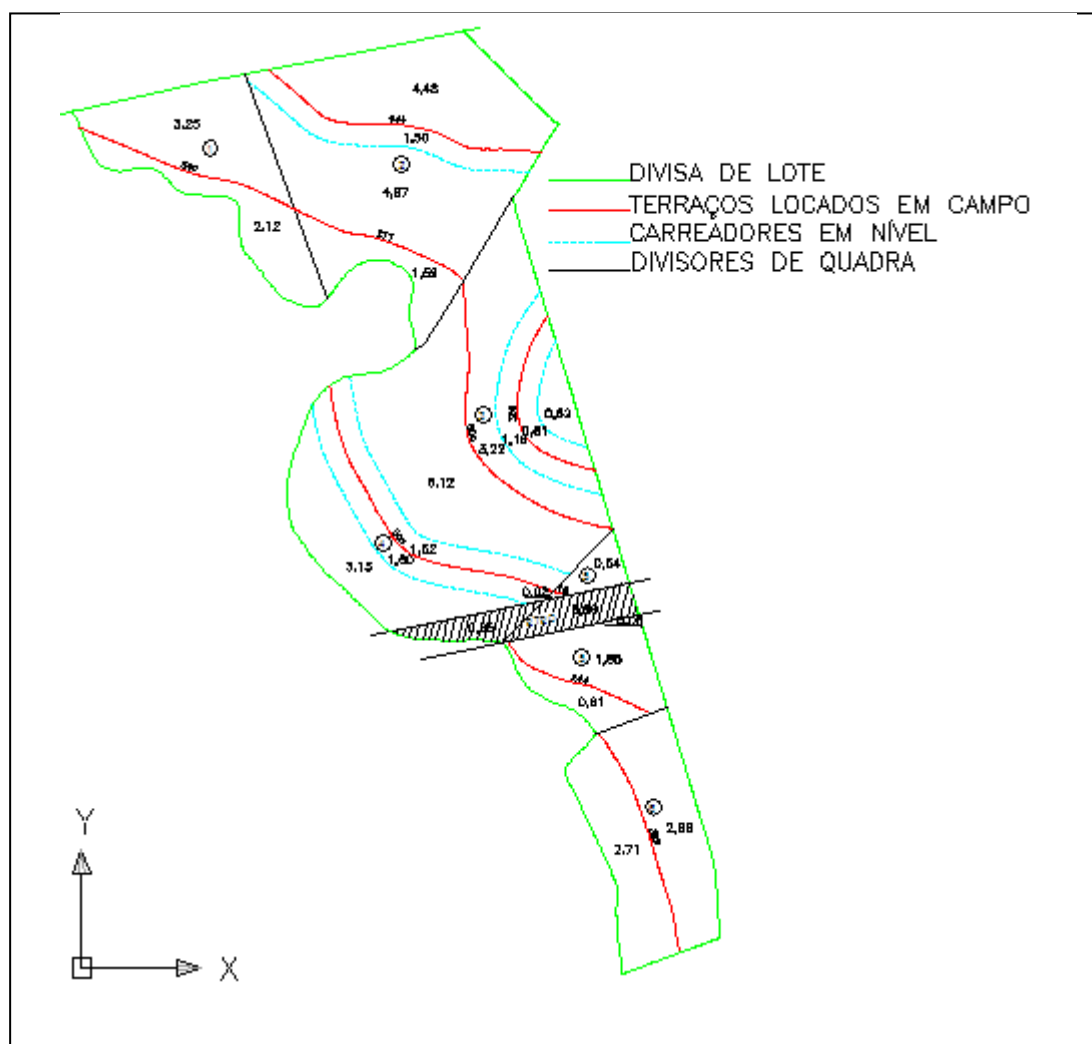


Figura 36- Mapa do lote 53

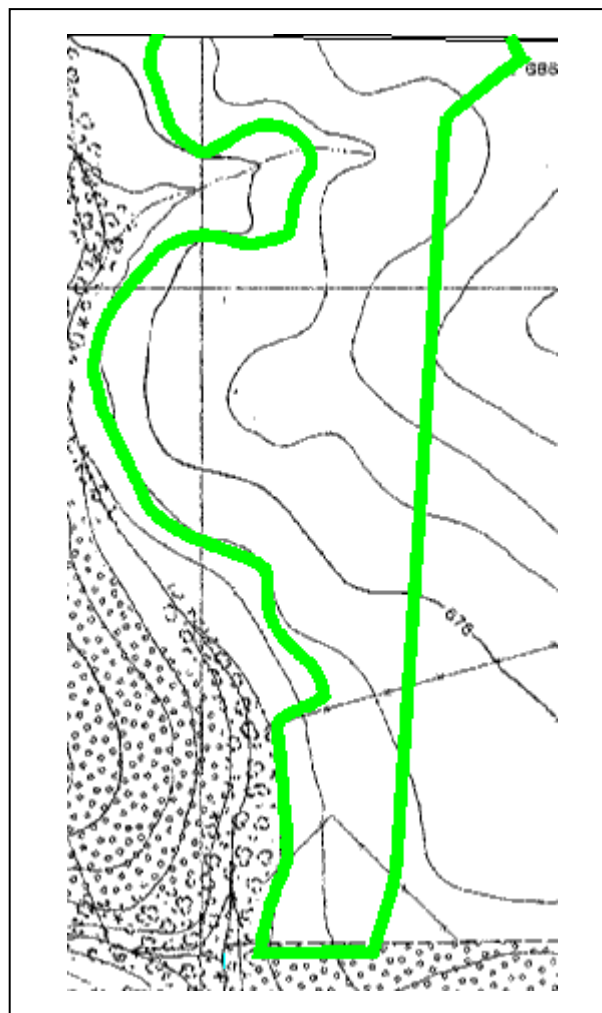


Figura 37- Carta cadastral referente ao lote 53

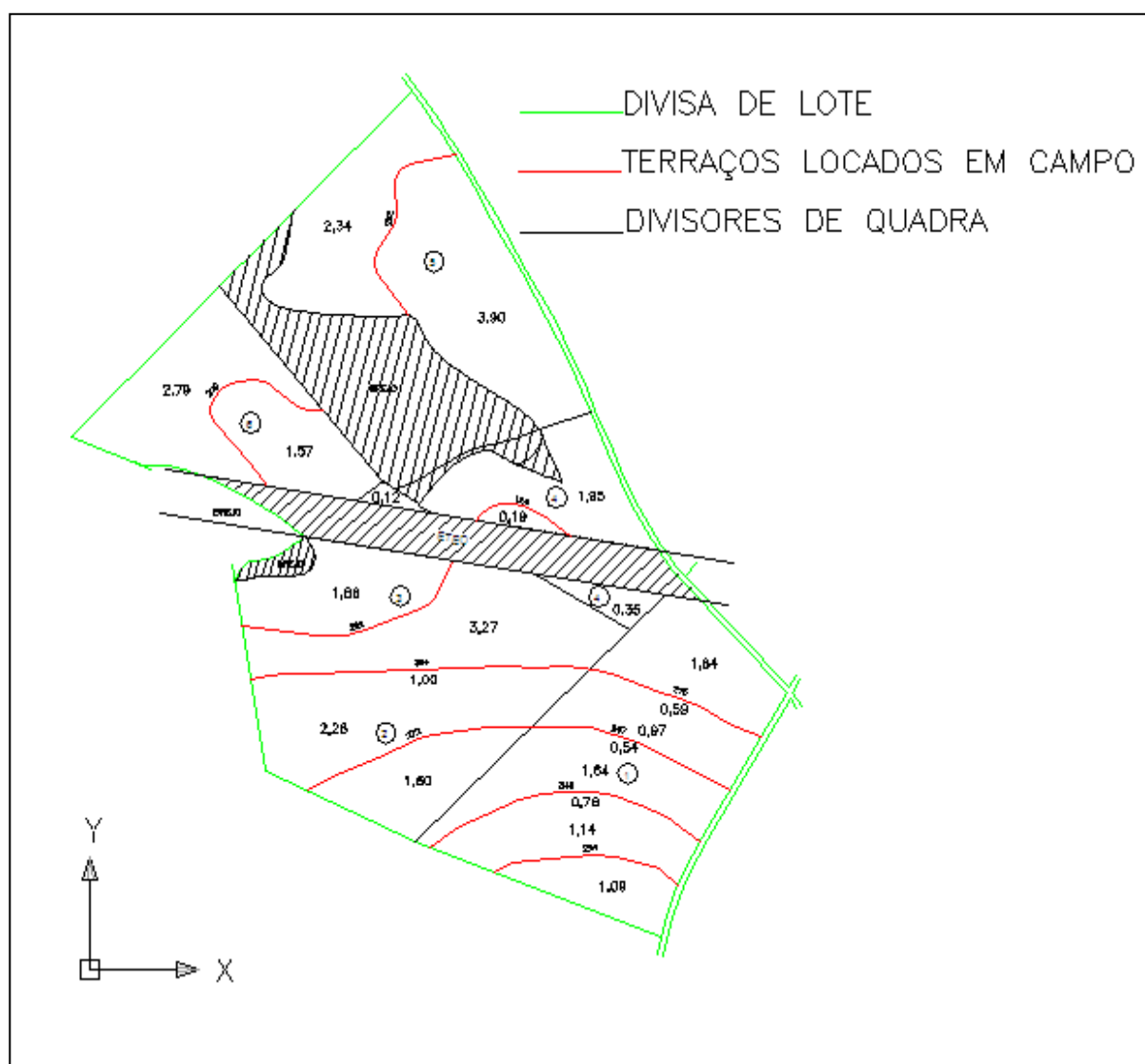


Figura 39- Mapa do Lote 59

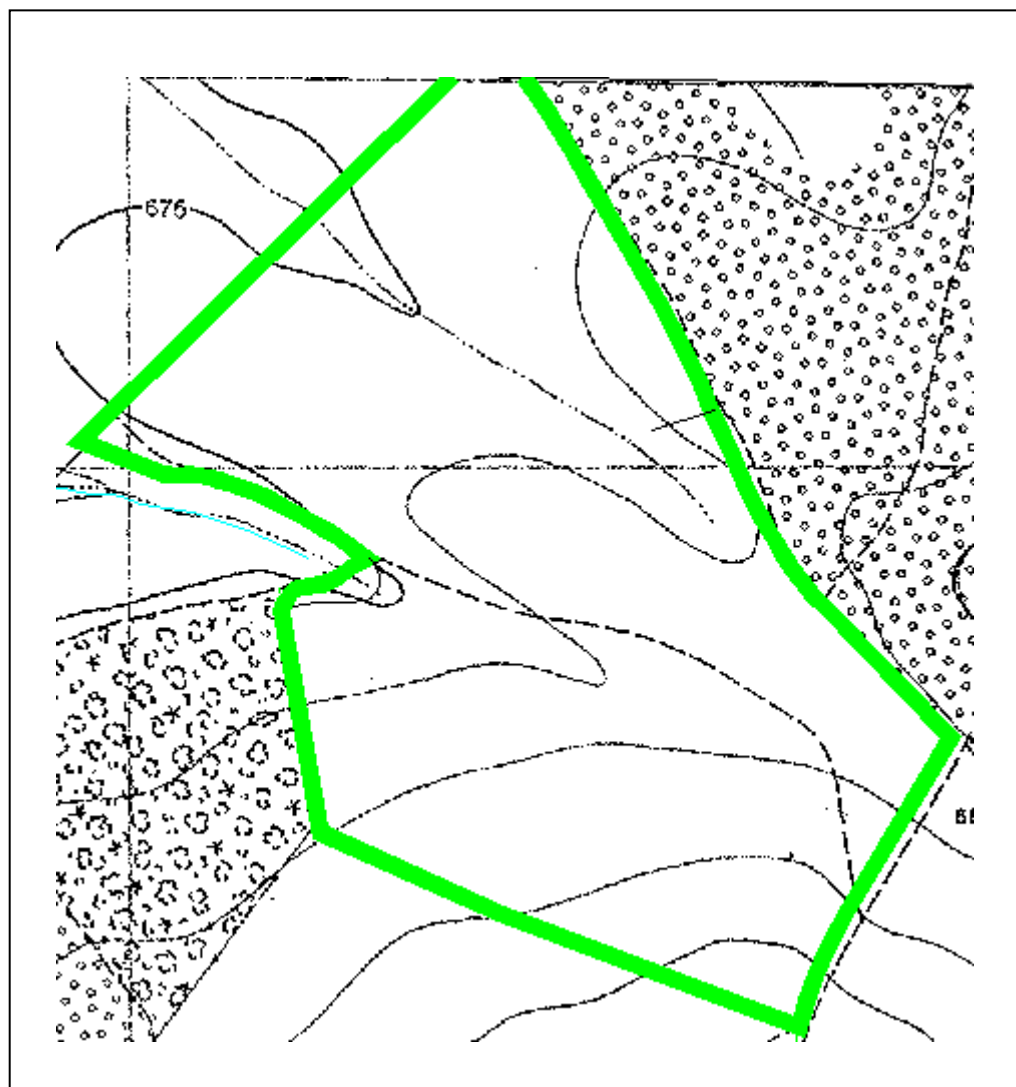


Figura 40- Carta cadastral referente ao lote 59

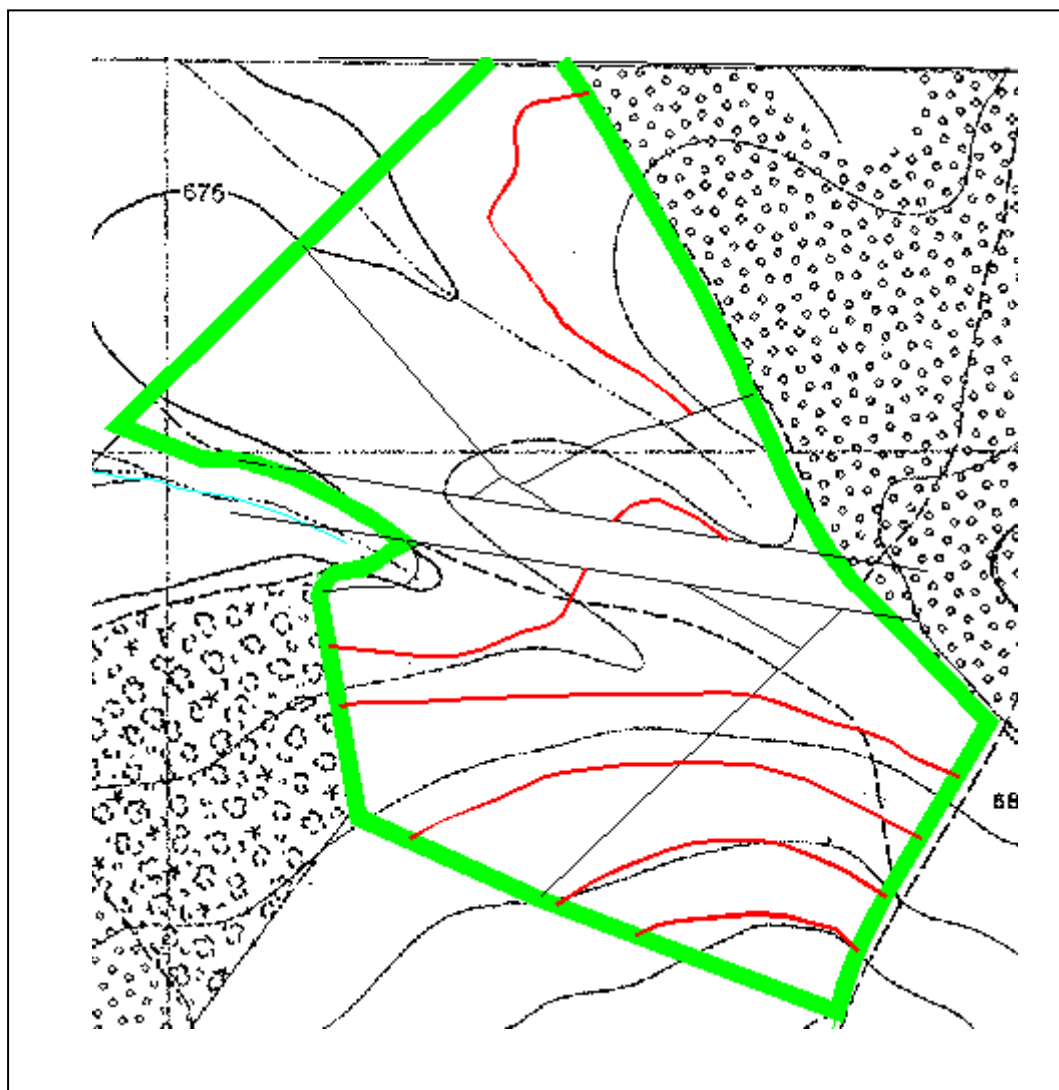


Figura 41- Sobreposição do lote 59 a Carta cadastral

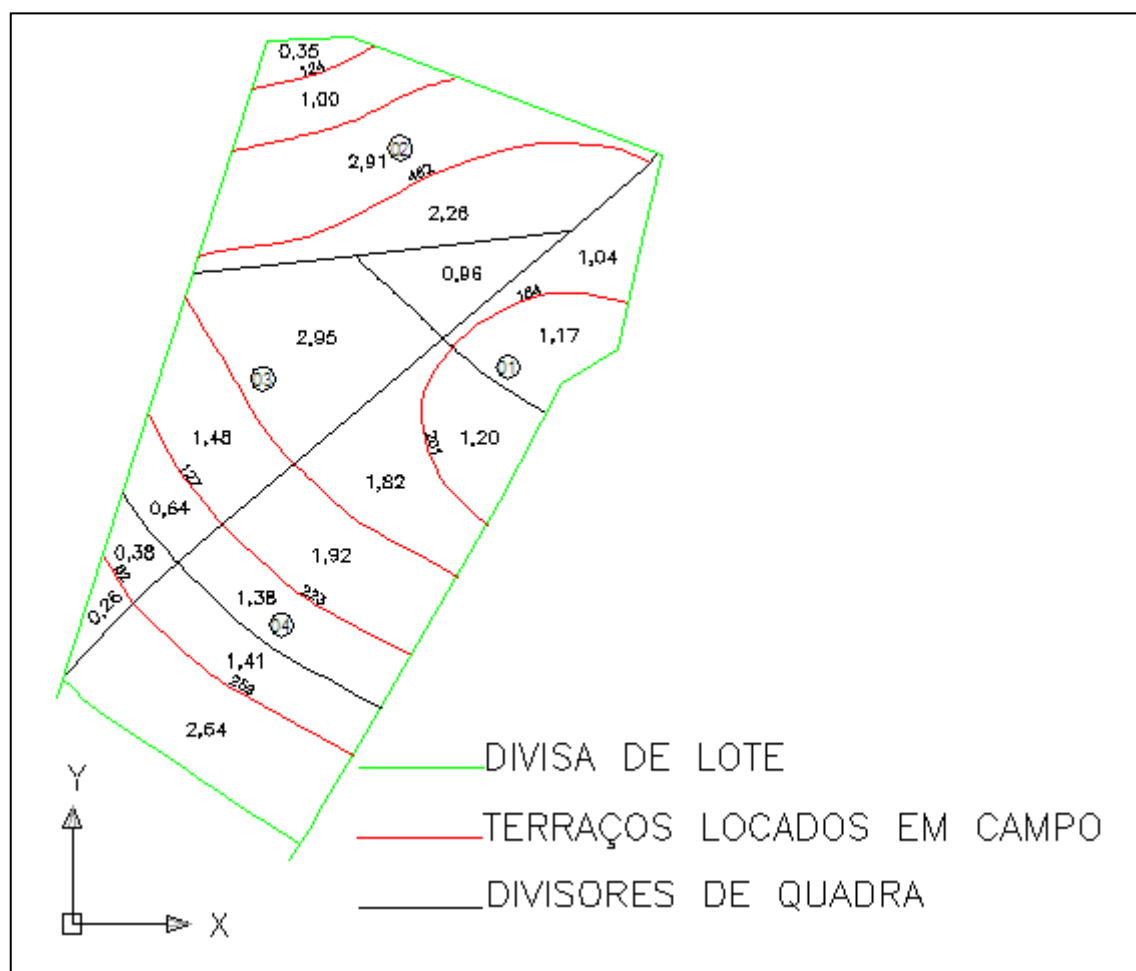


Figura 42- Mapa do lote 61

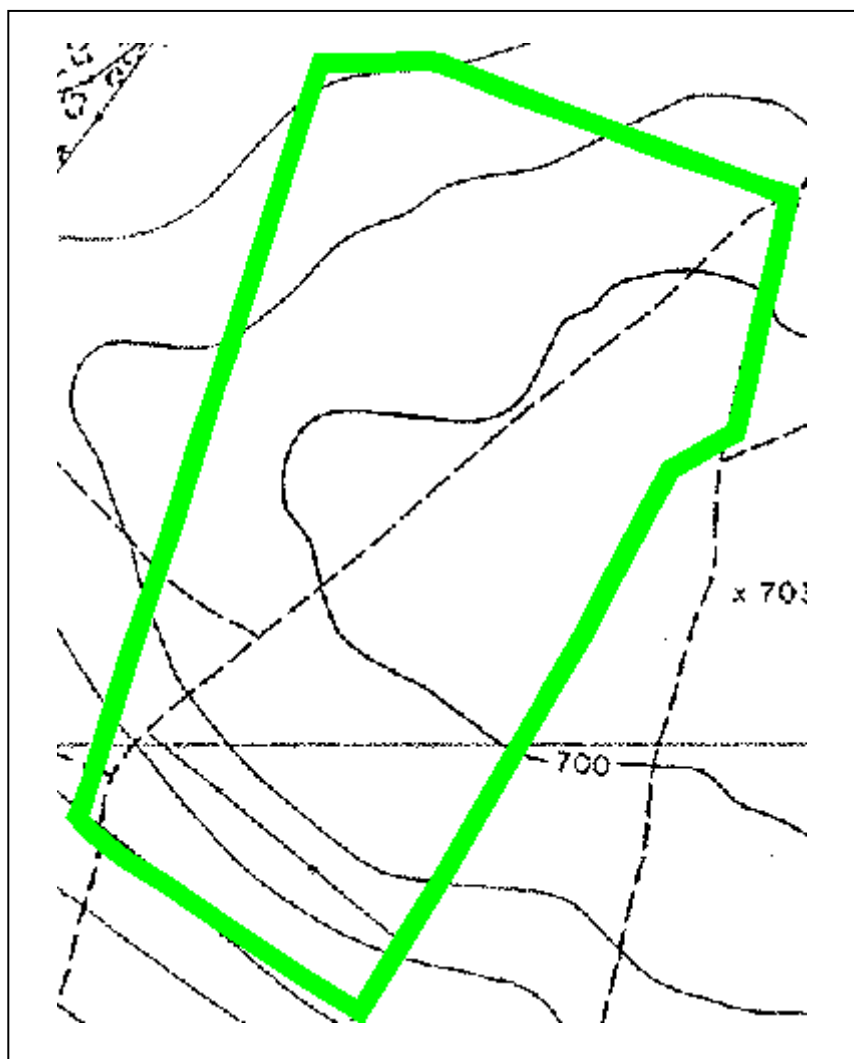


Figura 43- Carta cadastral referente ao lote 61

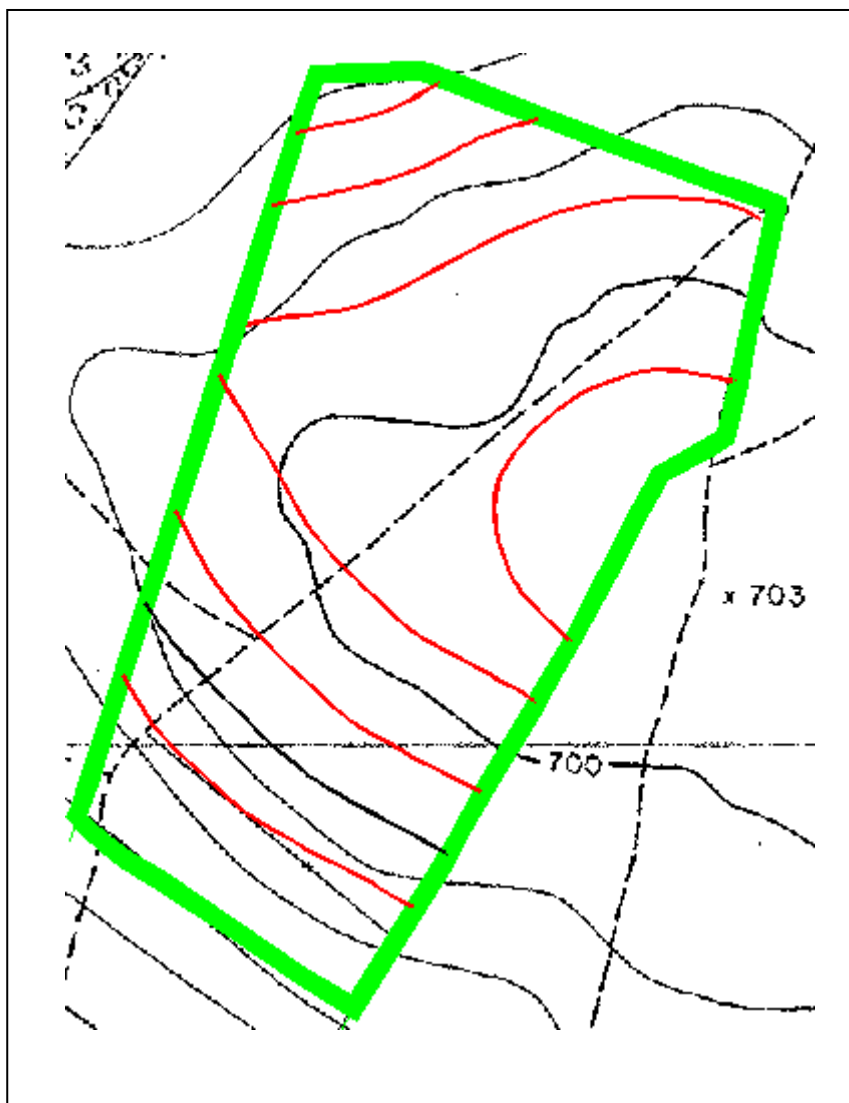


Figura 44- Área de Sobreposição do lote 61 a Carta cadastral

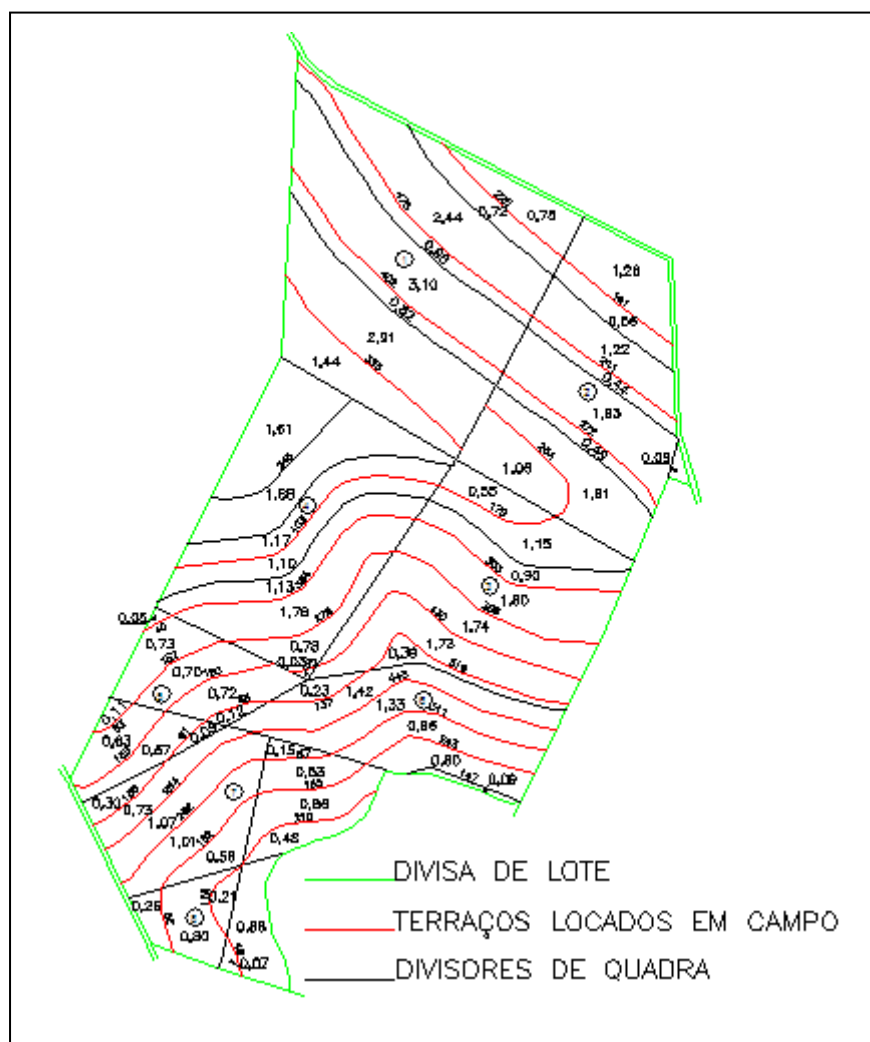


Figura 45- Mapa do lote 64

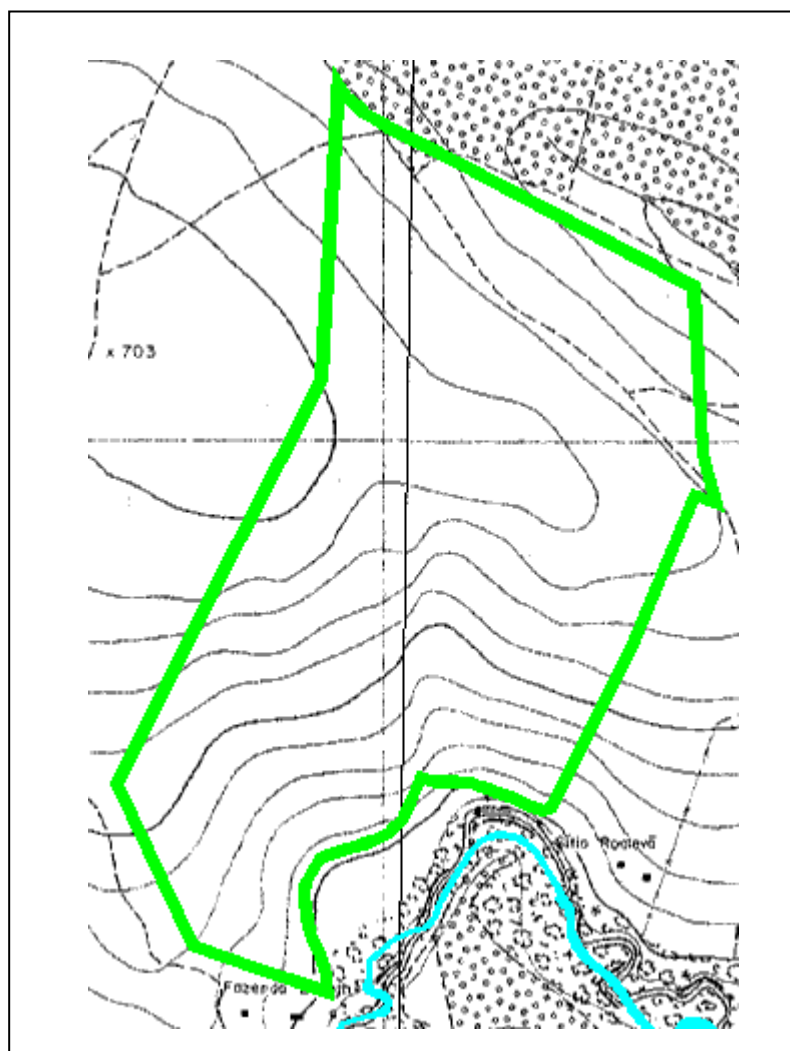


Figura 46- Carta cadastral referente ao lote 64

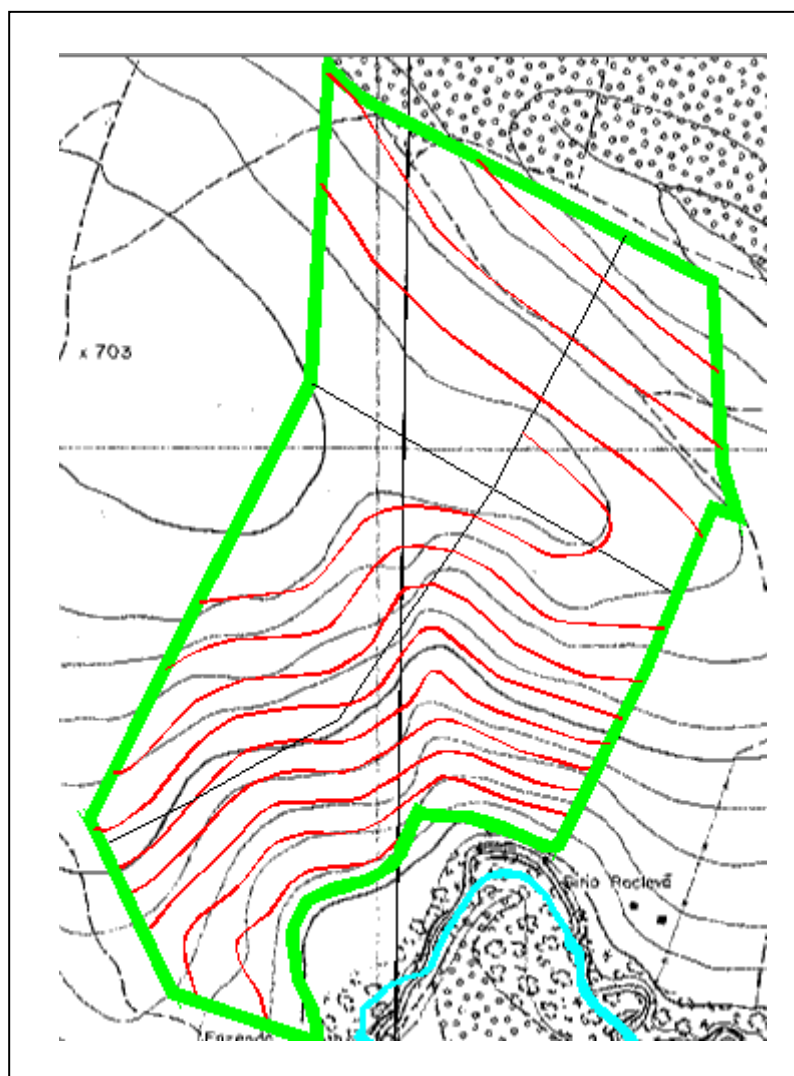


Figura 47- Sobreposição do lote 64 a Carta cadastral

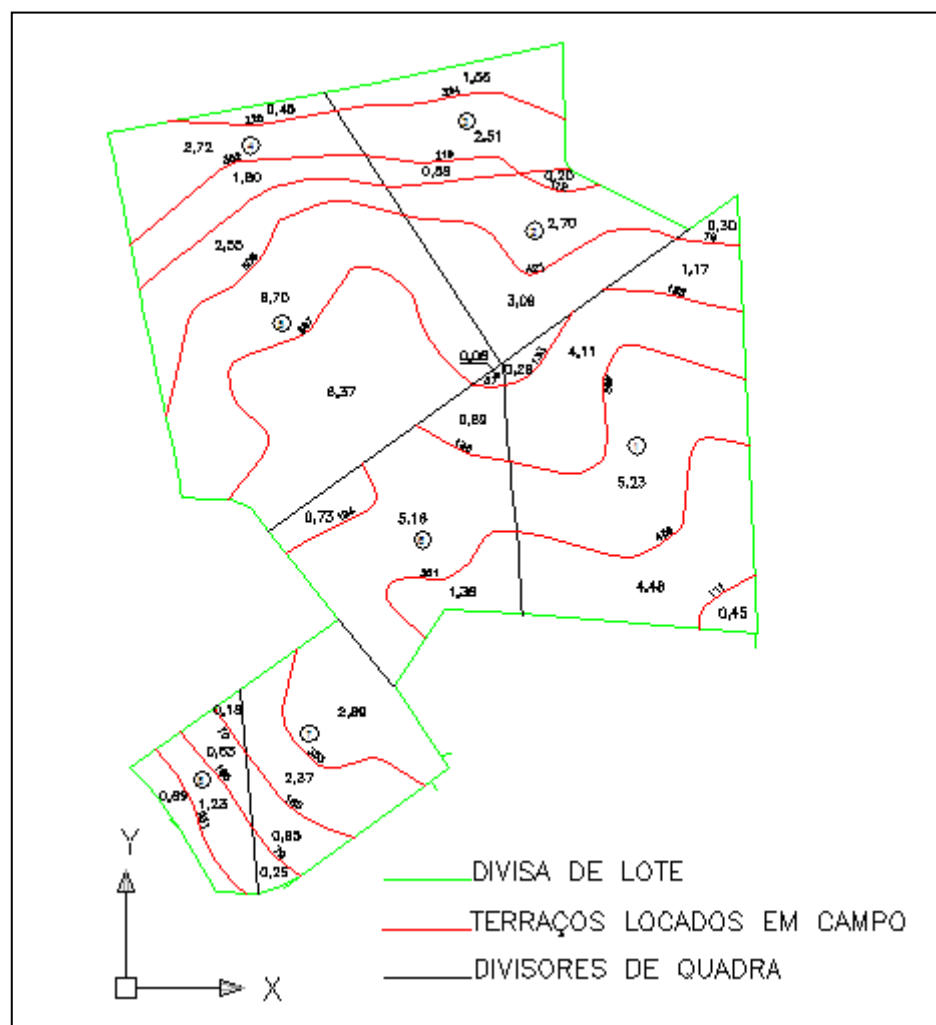


Figura 48- Mapa do Lote 67

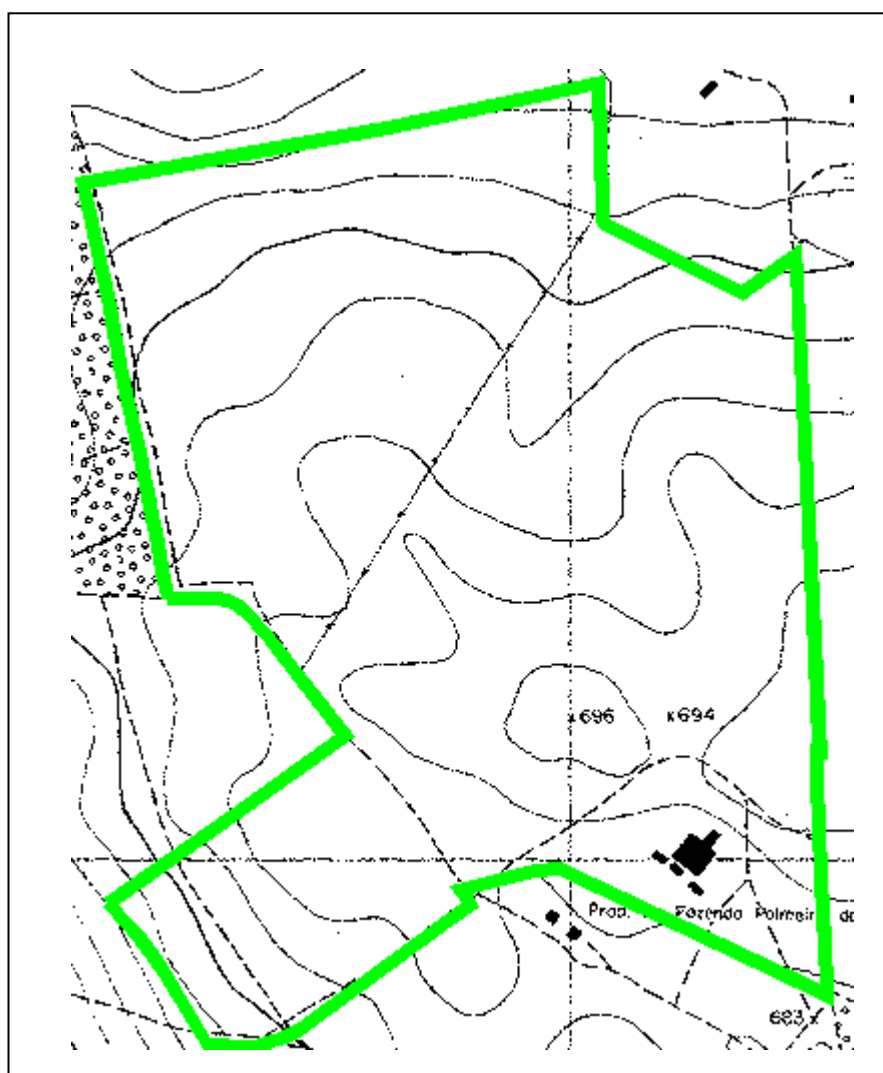


Figura 49- Carta cadastral referente ao lote 67

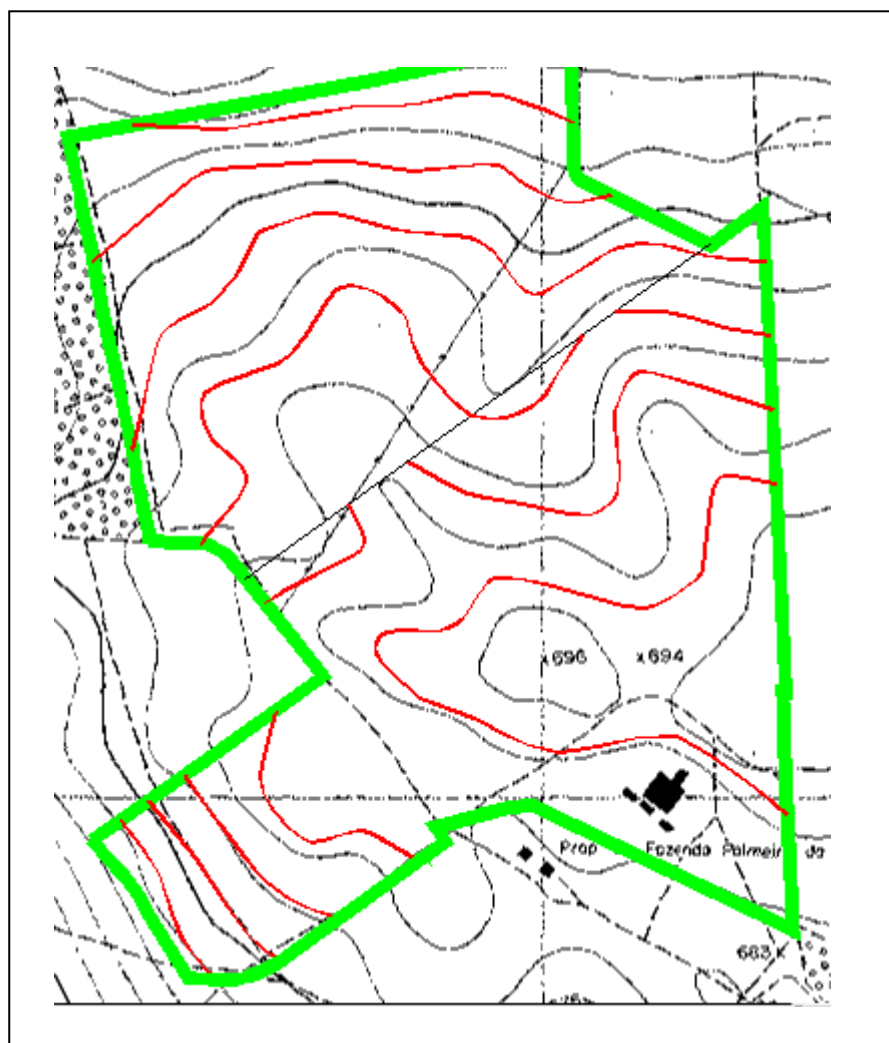


Figura 50- Sobreposição do lote 67 a Carta cadastral

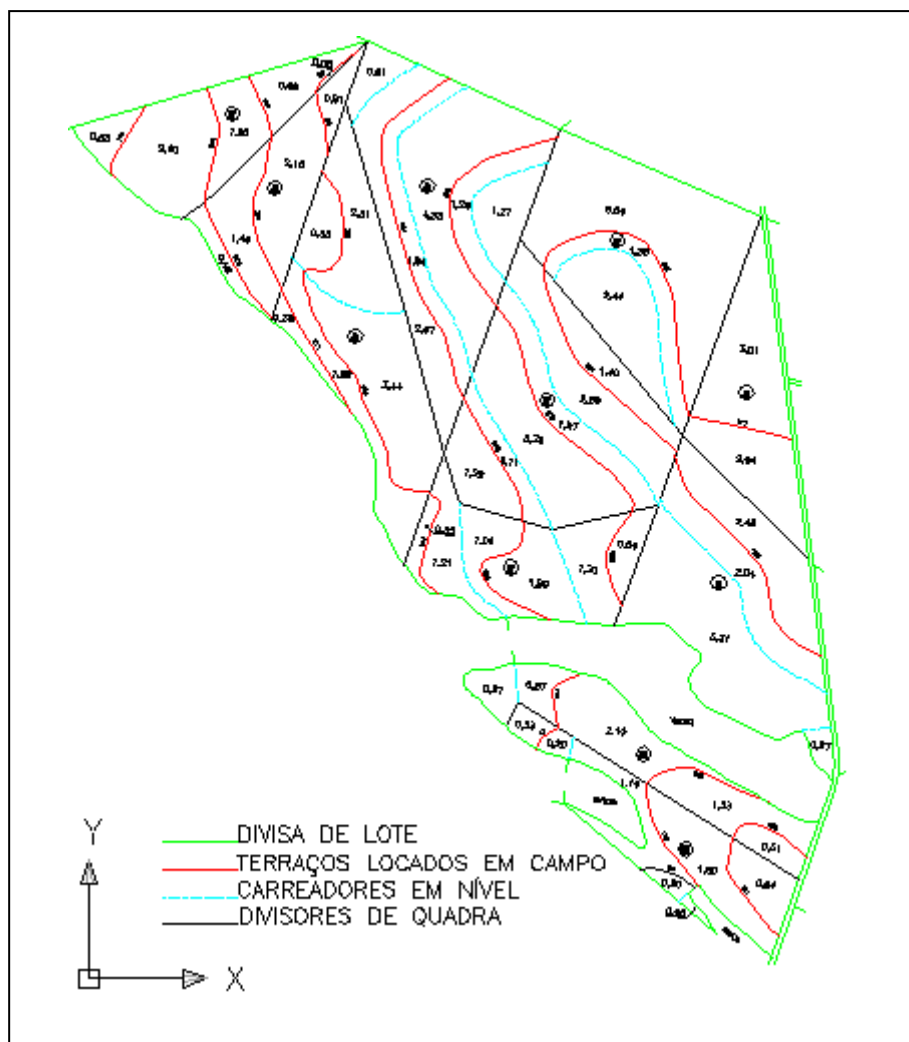


Figura 51- Mapa do lote 68

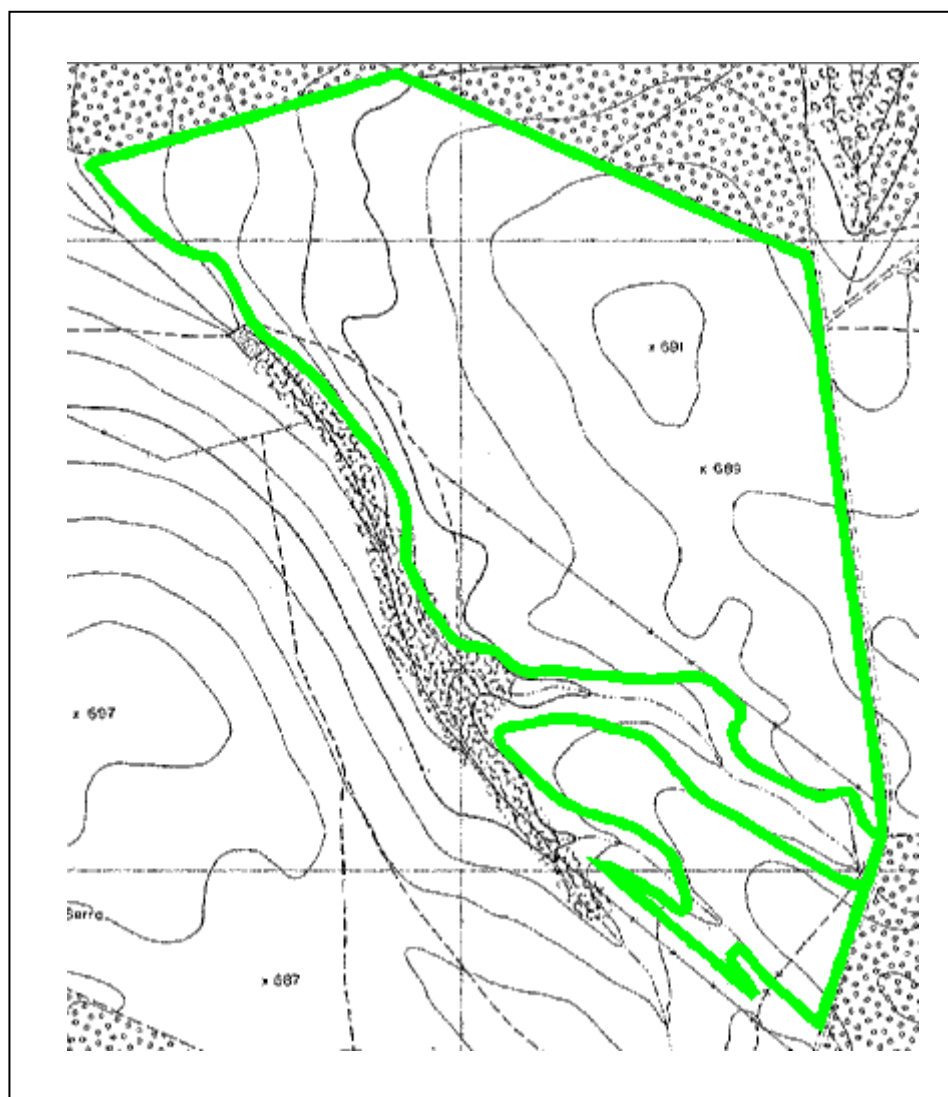


Figura 52- Carta cadastral referente ao lote 68

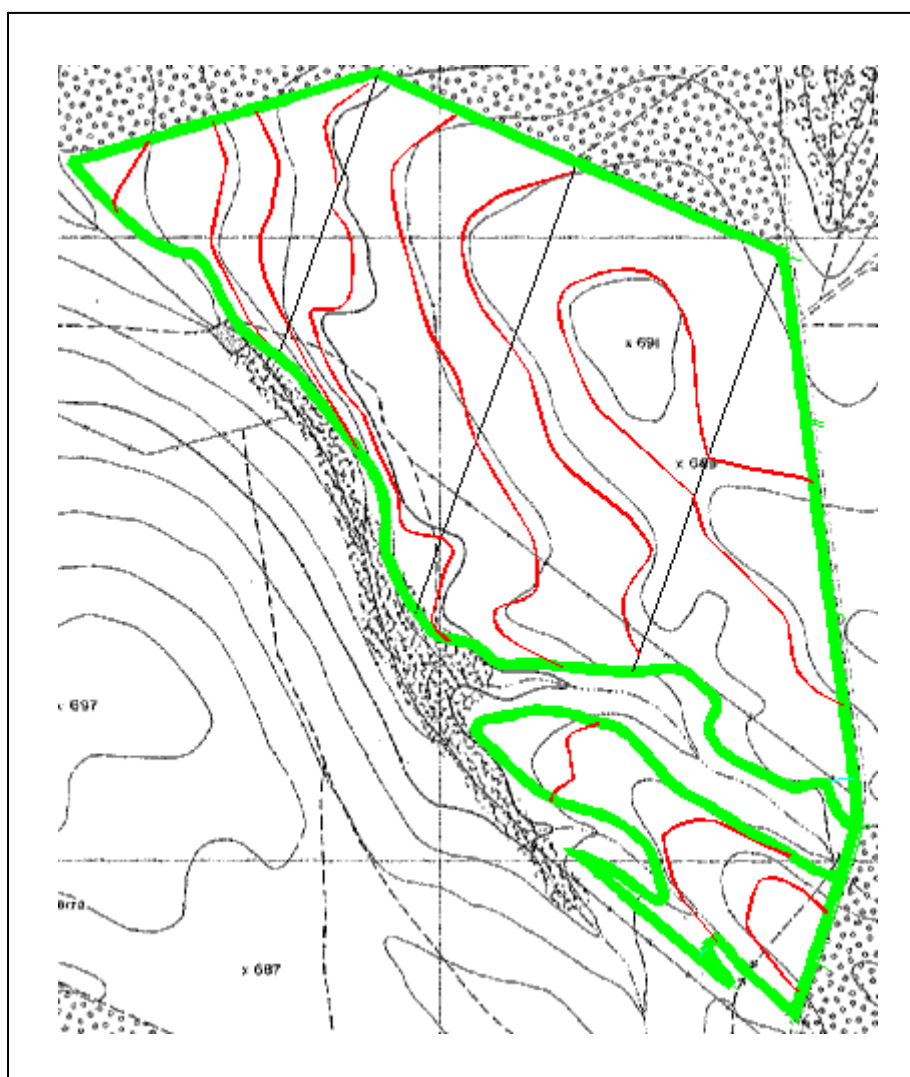


Figura 53- Área de sobreposição do lote 68

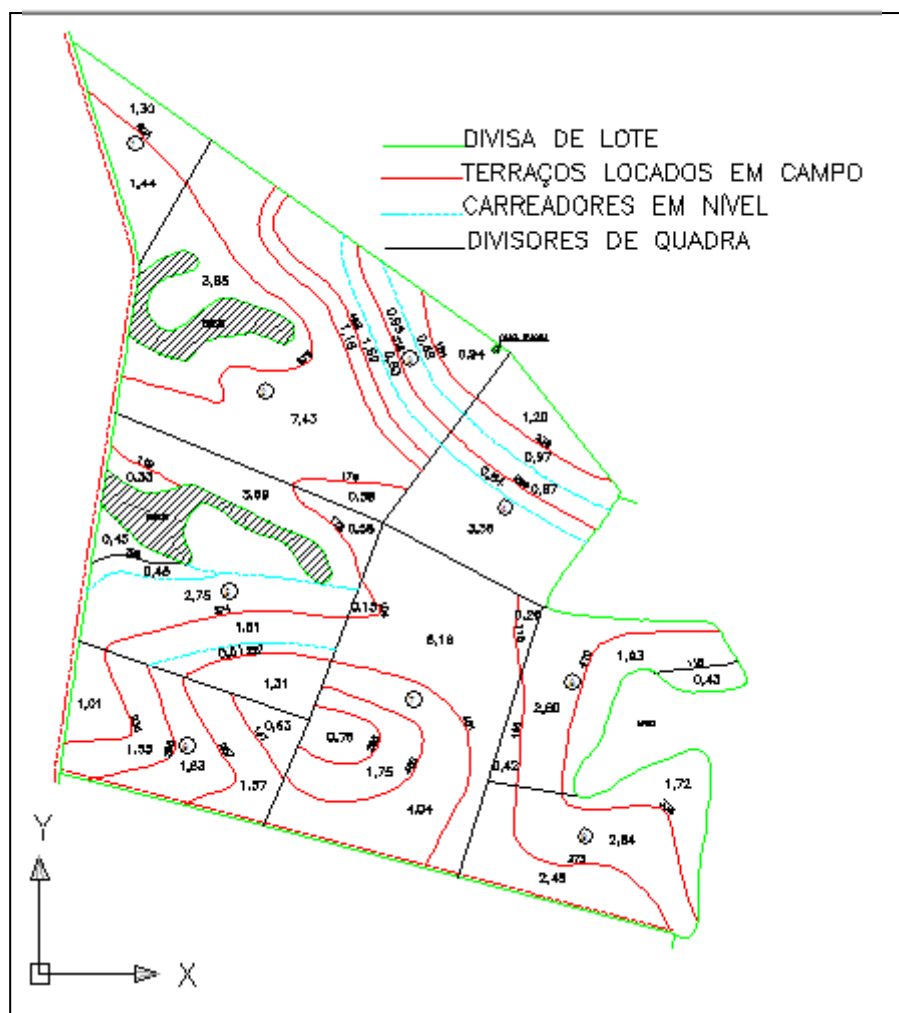


Figura 54- Mapa do lote 73

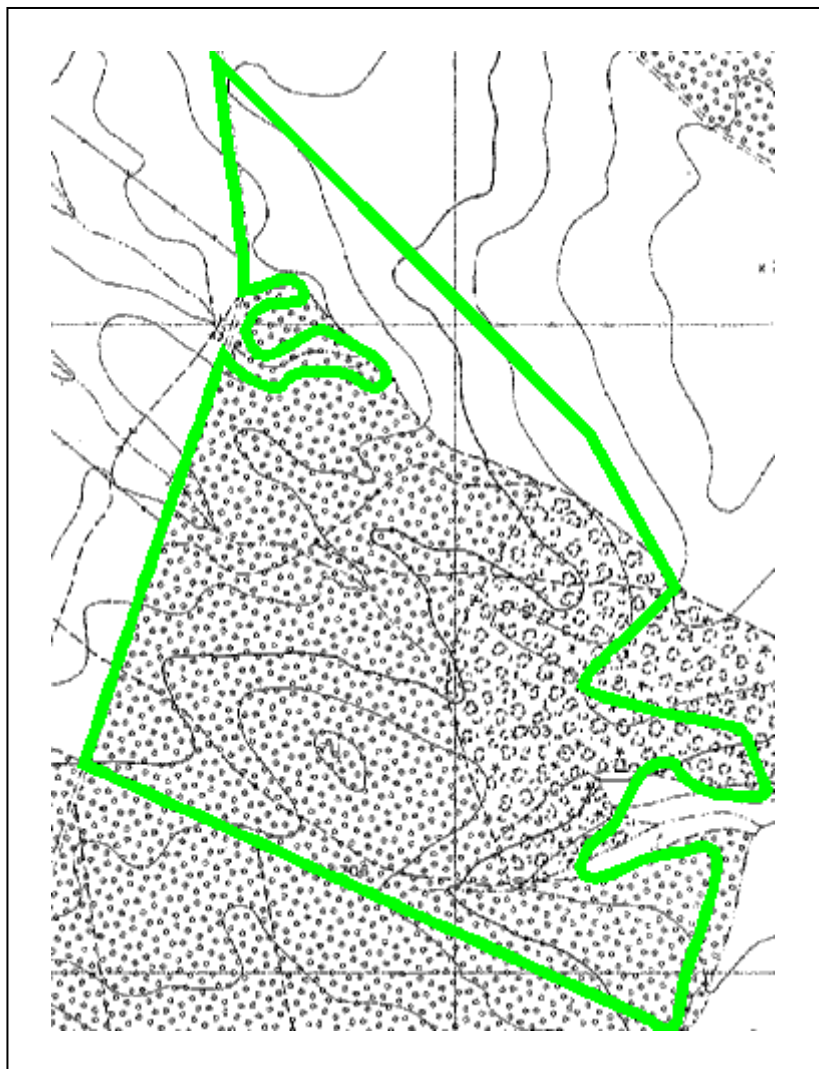


Figura 55- Carta cadastral referente ao lote 73

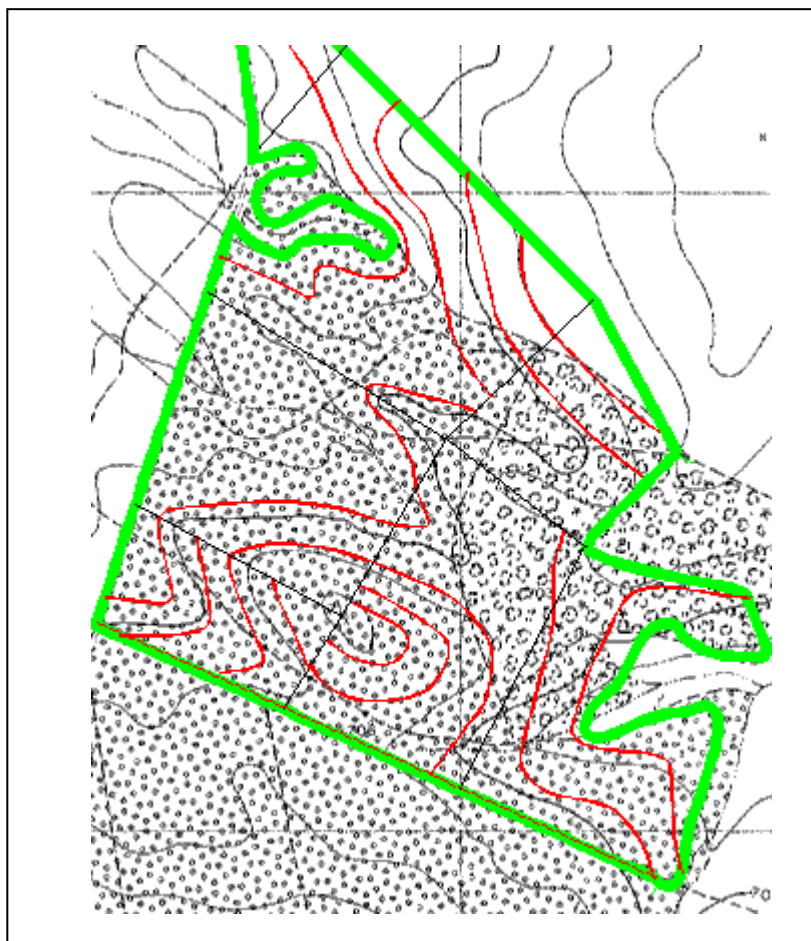


Figura 56- Sobreposição do lote 73 a Carta cadastral

As plantas apresentadas demonstraram que as curvas locadas em campo são condizentes com aquelas de carta e com base nessa constatação admitiu-se que a coleta de coordenadas dessas curvas poderia gerar modelo digital do terreno também compatível com cartas. Assim, para melhor detalhamento e visualização do procedimento, um dos lotes em estudo foi selecionado para a composição dos contornos das curvas de nível criadas através da coleta de coordenadas X, Y e Z.

Conforme visto na figura 11 (disposição dos lotes), o lote selecionado para um estudo mais detalhado da qualidade desse sistema é o lote 94, visto que é uma área que no interior do seu perímetro é composta por topografia complexa, onde a curva de nível locada em campo sofre grande alteração no seu traçado.

A partir dos pontos coletados por GPS utilizando o software TOPOEVN 6.0 foi criado um modelo digital do terreno onde o mesmo é indicado pelas curvas de nível, estas curvas estão dispostas em desnível vertical de 1 metro.

A cada 5 metros de desnível vertical o modelo digital do terreno que esta expressa pelas curvas de nível teve sua cor diferenciada, uma vez que as curvas de nível das cartas cadastrais estão equidistantes também a cada 5 metros isso facilita à visualização de ambas as curvas por estarem com distância vertical equivalentes.

Na figura 57 é apresentada uma foto aérea para melhor análise da situação atual da cultura hoje implantada que é a cana-de-açúcar. Constata-se na imagem o plantio realizado em nível.



Figura 57- Imagem de satélite Cnes/Spot Imagem 2010

A seguir na figura 58 é possível observar na linha de cor preta os contornos das curvas de nível locadas de forma geométrica em campo com aparelho de nível.

A linha de cor verde da figura 58 é o perímetro da área levantada por receptor topográfico GPS, o método de levantamento dessa área foi o mesmo utilizado nas demais, ou seja, a cada 5 segundos com o receptor em movimento era registrada uma posição de que continha as coordenadas X, Y e Z.

Com os terraços levantados por GPS, torna-se possível o cálculo da área entre eles como também o comprimento do terraço e as áreas entre uma estrada e outra.



Figura 58- Lote 94 com as curvas de campo desenhadas em mapa

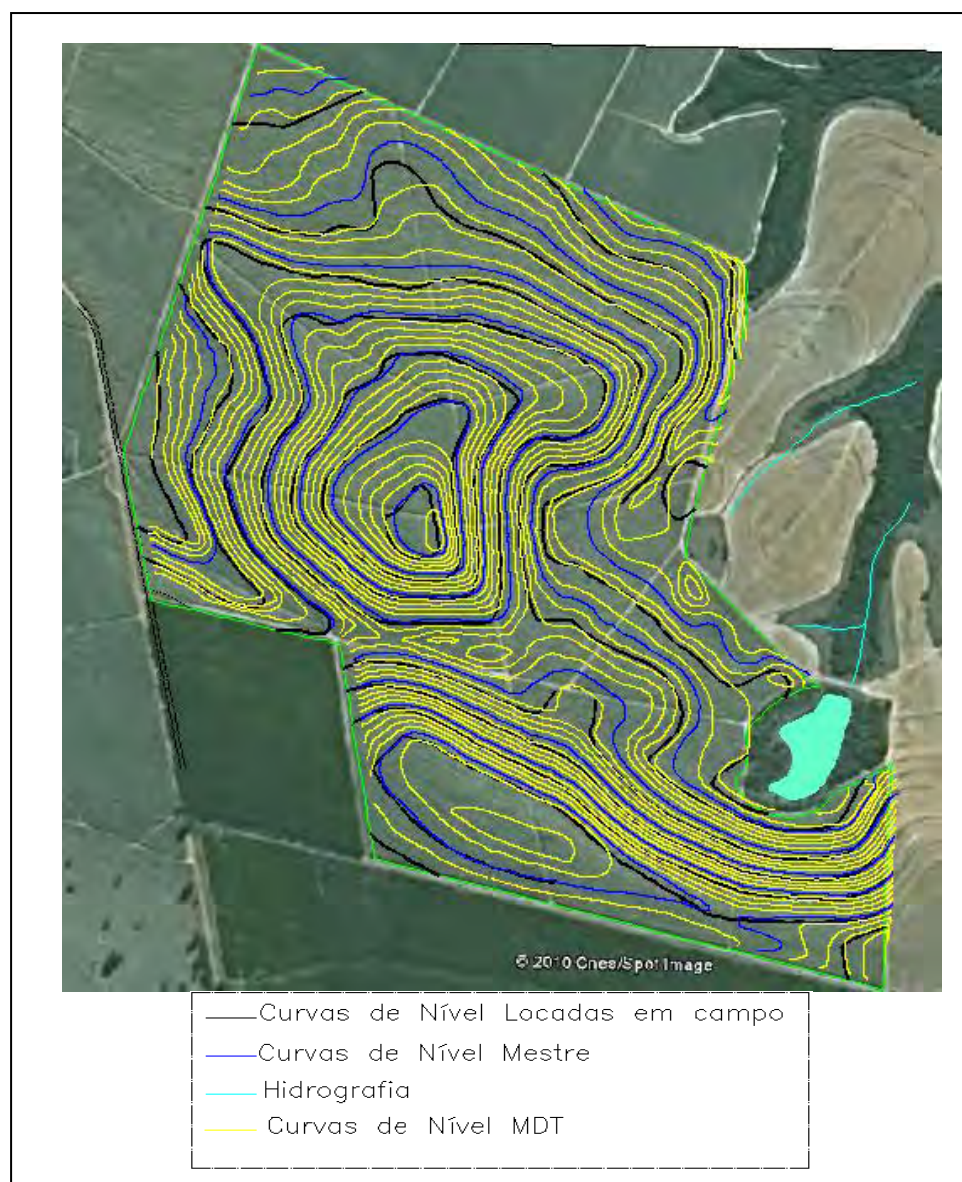


Figura 59- Modelo Digital do Terreno através das curvas de nível

Na figura 59 acima, observa-se as linhas de cor preta que são as mesmas curvas da figura 58, ou seja, as curvas de nível que foram locadas em campo.

Na cor amarela e azul são as curvas de nível que foram geradas através dos pontos coletados por receptor GPS Topográfico e calculadas pelo Software TOPOEVN 6.0, as mesmas estão dispostas umas das outras com 1 metro de desnível vertical.

Na figura 60 a imagem que segue é a do mesmo lote visualizado anteriormente com a diferença de estar na imagem apenas as curvas chamadas mestre, ou seja, estão dispostas a uma distância vertical de 5 metros uma das outras.

Durante a criação do modelo digital no software citado é possível diferenciar por cor as chamadas curvas mestre no qual se diferenciam pela cor e ficam dispostas verticalmente eqüidistante uma das outras de acordo com a distância pré-estabelecida.

A distância vertical escolhidas para as curvas mestre foi de 5 metros uma vez que as locadas em campo também obtiveram a mesma distância para a locação.

Na figura 60 em azul as curvas mestres e em preto os terraços locados em campo.

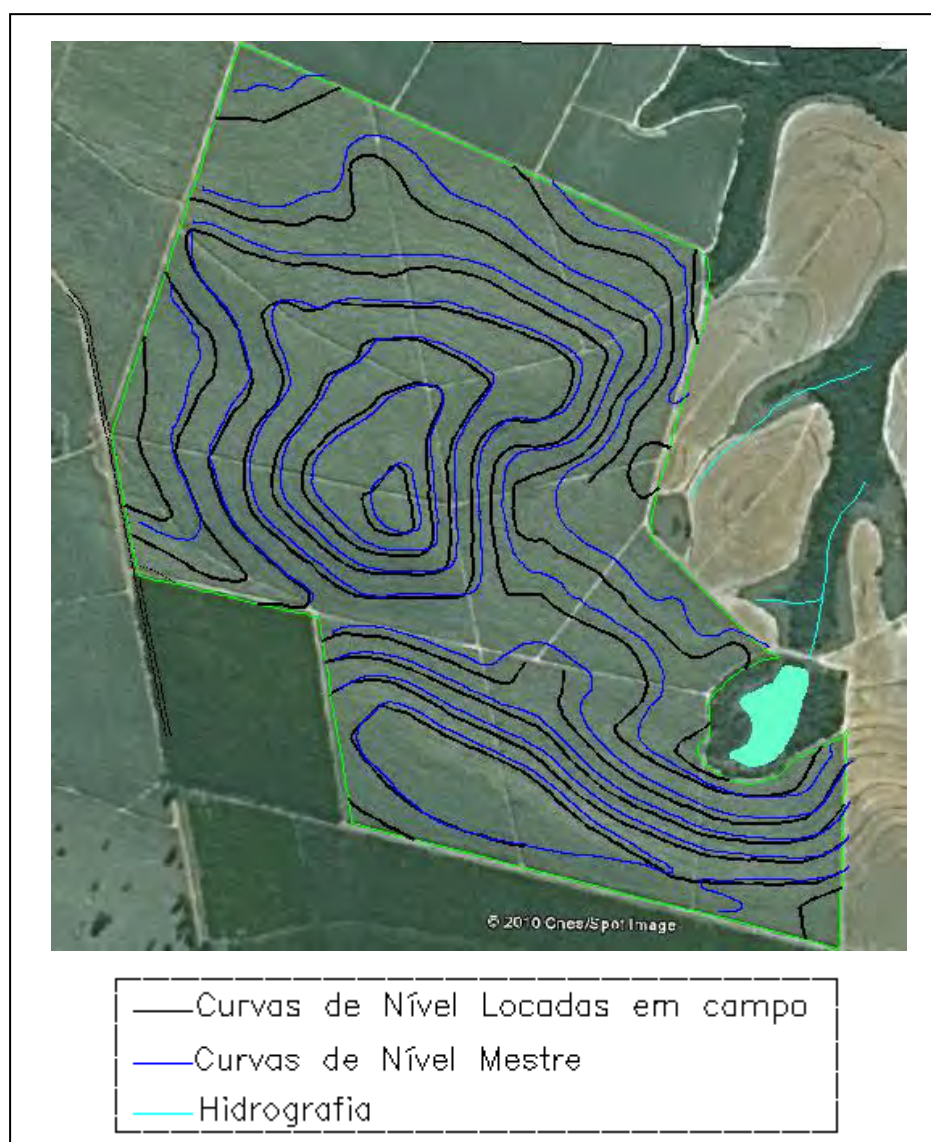


Figura 60- Contorno das curvas mestres e dos terraços locados em campo

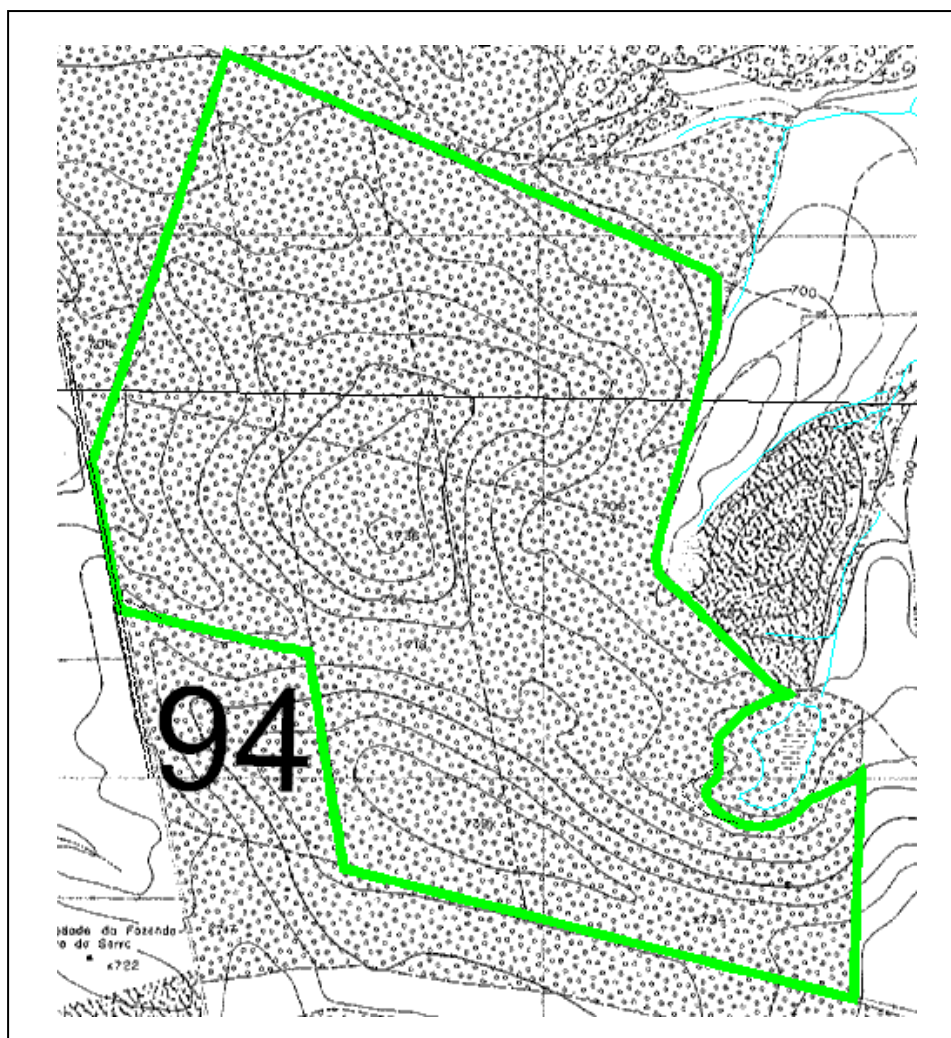


Figura 61- Lote 94, sobreposição do lote a carta georreferenciada

Após o ajuste de coordenadas do Córrego Alegre para SAD 69, escolheu-se o lote a ser mais detalhado para análise das curvas de nível criadas pelo plano cartográfico do estado de São Paulo quando comparadas com as geradas por modelo digital do terreno com base nas coordenadas coletadas em campo por receptor GPS. Em verde para melhor observar o perímetro da área em estudo foi criado um contorno do lote, observa-se também ao fundo as curvas de nível da carta.

As próximas imagens vêm mostrar a similaridade entre as curvas de nível da carta com as locadas em campo de forma geométrica como também as geradas pelo modelo digital criado através do levantamento de campo.

A semelhança encontrada nos contornos das mesmas consolida a idéia de que a acurácia das coordenadas coletadas pelo receptor de nível “topográfico” GPS pode ser bem utilizado para a criação de modelos digitais de terreno com a equidistância vertical, ou seja, 5 metros.

A linha de cor vermelha representa os terraços locados em campo e a sobreposição da imagem dos contornos das curvas geradas pelo plano cartográfico do estado de São Paulo como mostra a figura 62.

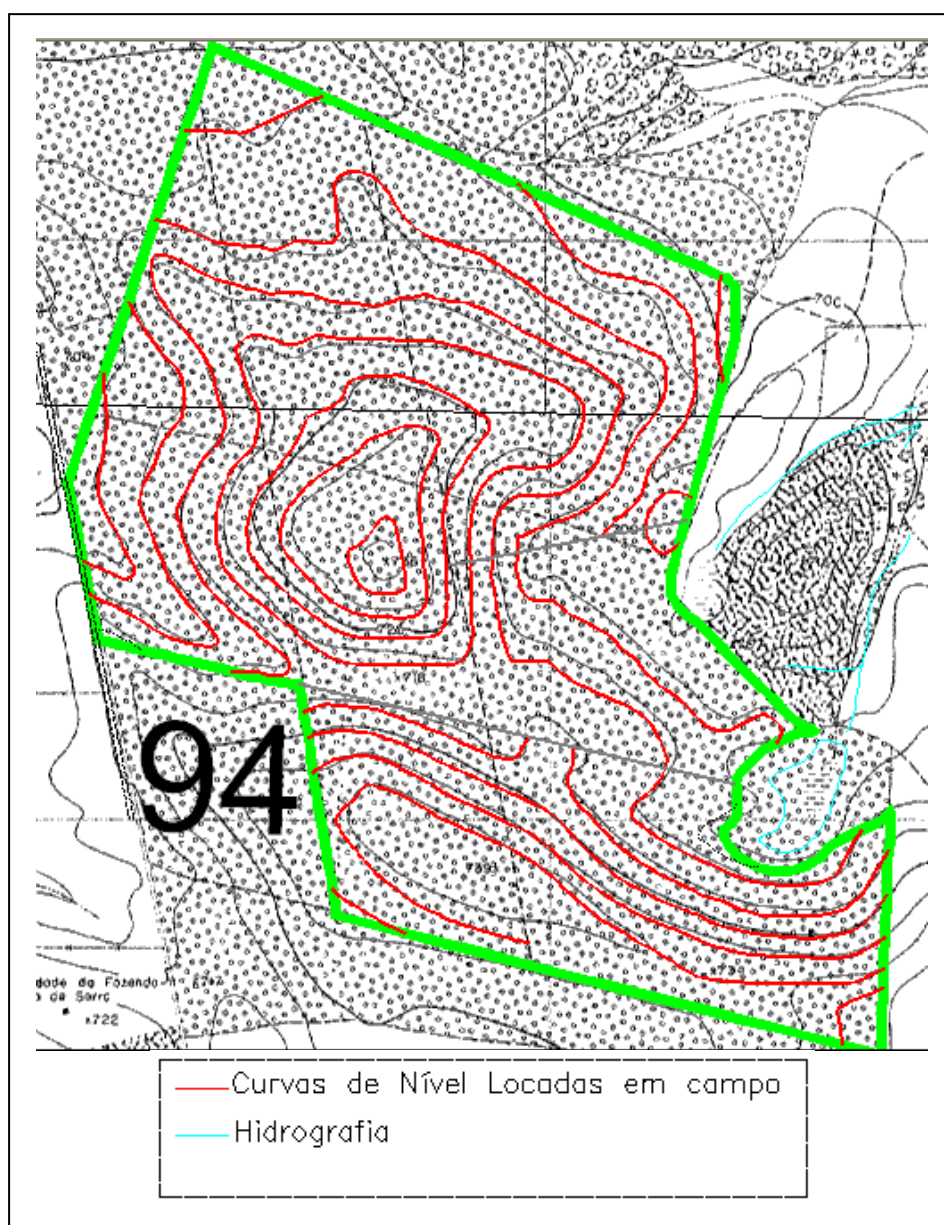


Figura 62- Curvas de nível da carta e dos terraços locados em campo

Na figura 63 conforme legenda, nas linhas de cor azul, encontram-se as curvas mestre criadas pelo modelo digital do terreno, em vermelho as curvas de nível locados em campo e a sobreposição das curvas em relação a carta cadastral.

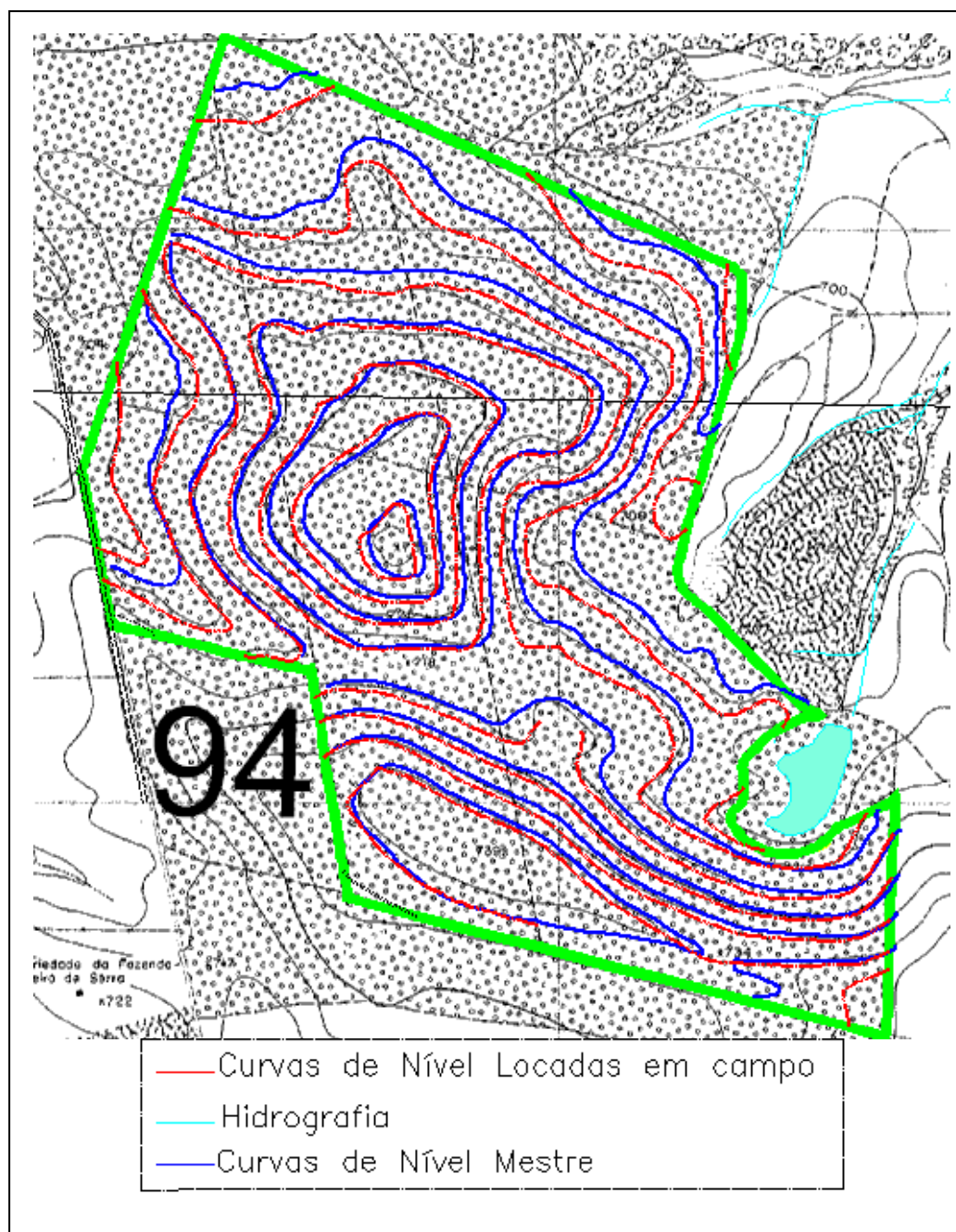


Figura 63- Curvas: Mestre, locadas em campo, carta cadastral

Para uma melhor visualização das curvas de nível das cartas cadastrais, foi necessária a digitalização para melhor exaltar o contorno dessas linhas como segue na figura 64.

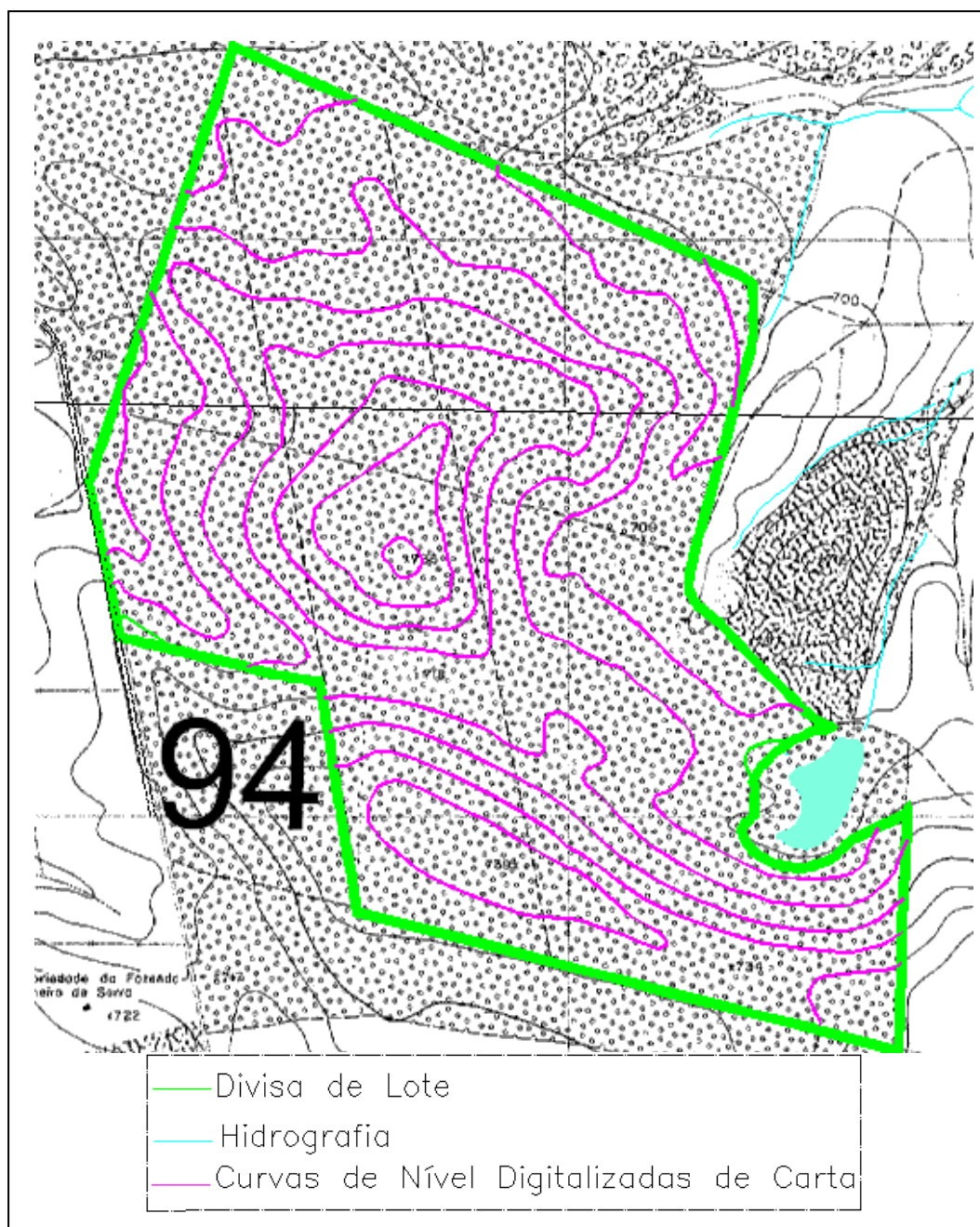


Figura 64- Digitalização das curvas

Na figura 65 encontra-se o lote 94, a figura que segue foi toda ela retirada da carta cadastral uma vez que a mesma se encontrava dentro da escala correta e escalonada para o Datum SAD 69, isso se fez necessário, pois as cartas cadastrais se encontram referenciadas ao Córrego Alegre.

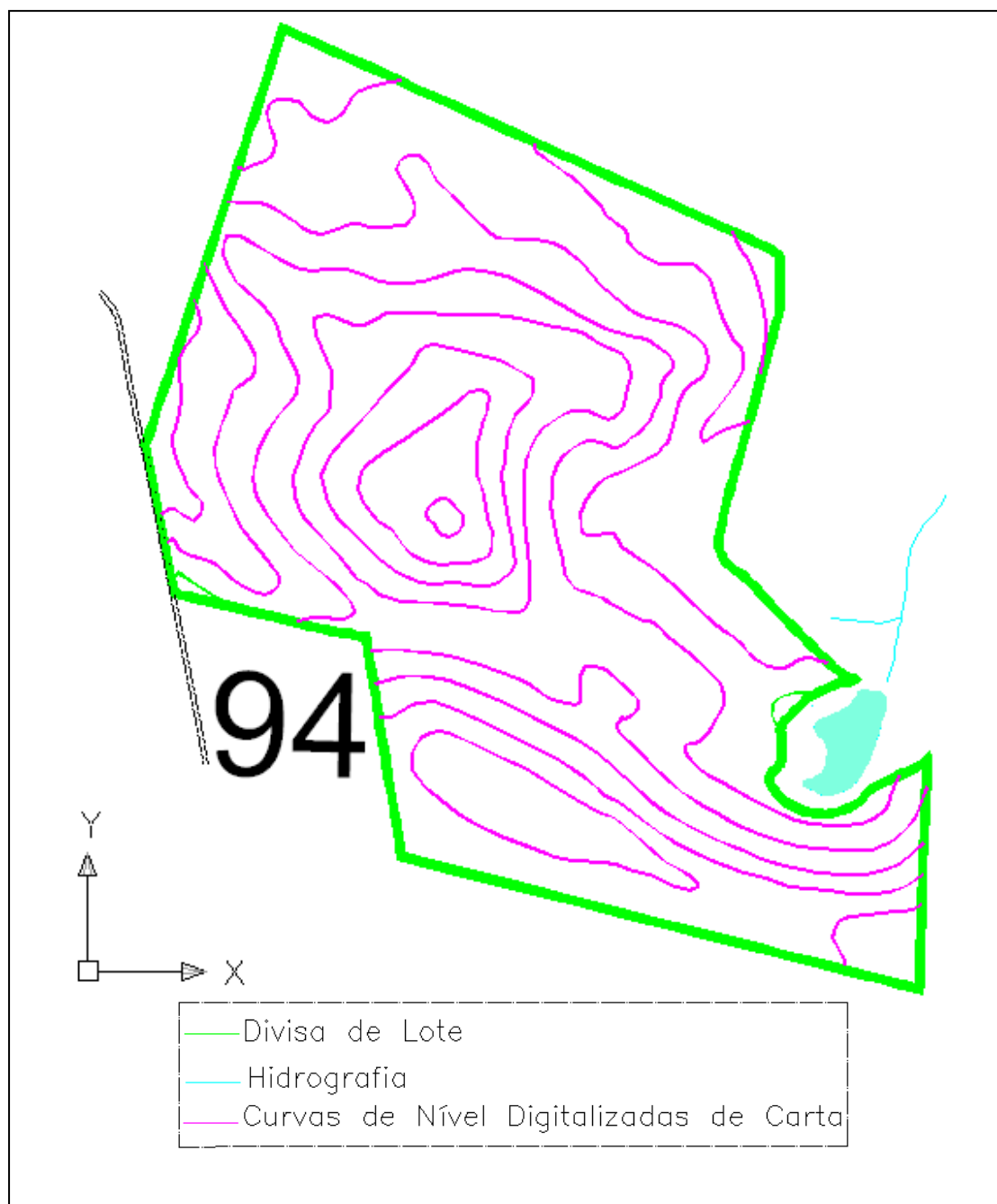


Figura 65- Curvas das cartas digitalizadas

Na figura 65 acima conforme legenda apenas as curvas de nível digitalizadas a partir de cartas, como também em verde o perímetro da área em estudo e em azul a hidrografia existente em torno do lote.

Depois de digitalizadas as curvas a partir das cartas e sobrepostas as curvas de nível locadas em campo com aparelho de nível, a visualização da semelhança entre os dois sistemas de modelagem ilustra bem a precisão dos dois sistemas.

Considerando que as curvas de nível locadas em campo pela sua finalidade que é de conter a enxurrada das águas de chuva as mesmas seguem rigorosamente o nível do terreno por serem locadas inteiramente em nível, e por se encontrarem sobrepostas com um contorno bem similar entre elas, pode-se concluir que a curva de nível digitalizada das cartas cadastrais tem grande precisão no que diz respeito à representatividade do relevo do terreno.

As curvas sobrepostas podem ser mais bem visualizadas na figura 66.

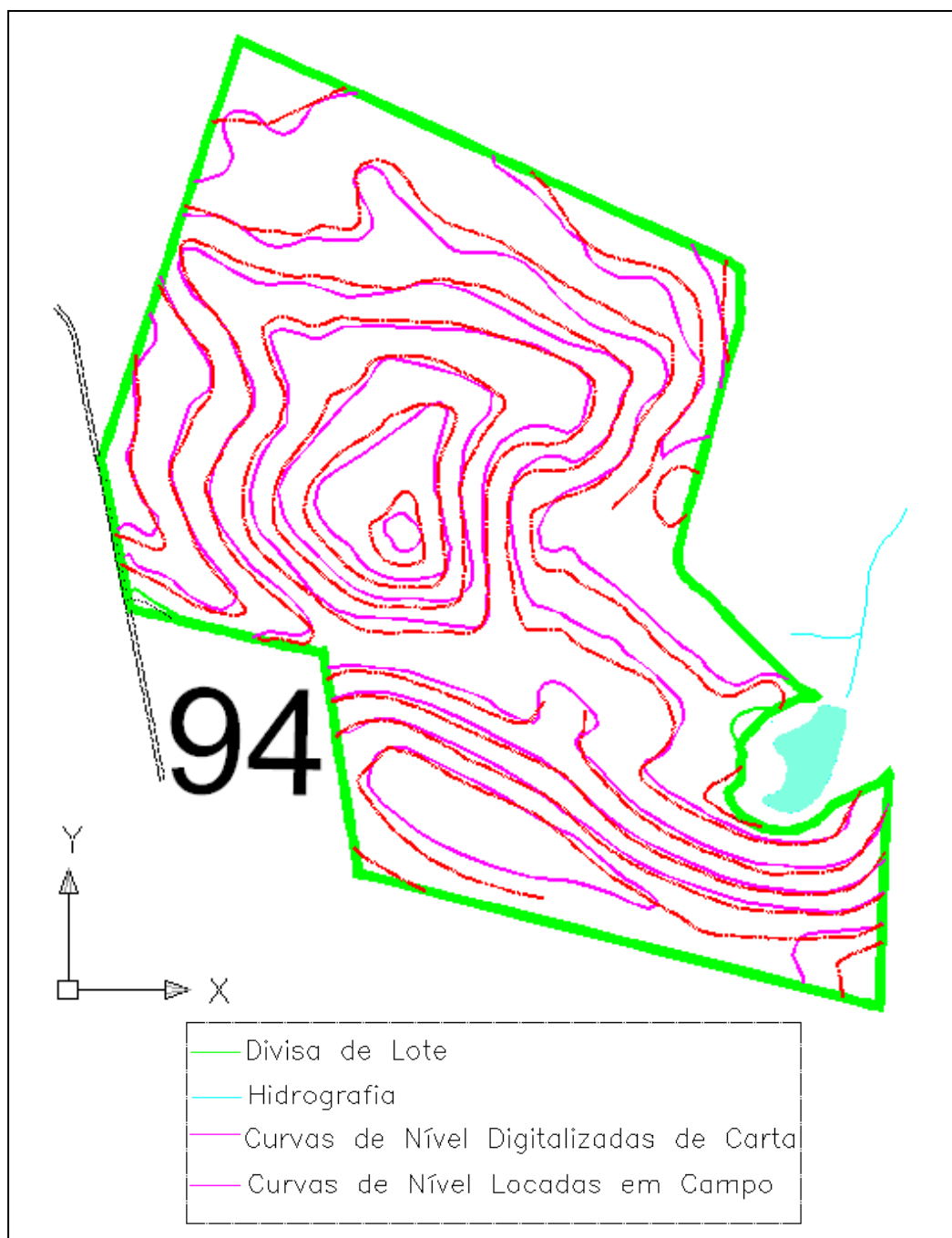


Figura 66- Curvas de nível digitalizadas e os terraços locados em campo

Na figura acima 66, as curvas de nível digitalizadas a partir de cartas geográficas na cor rosa e em vermelho as curvas locadas em campo de forma geométrica no campo.

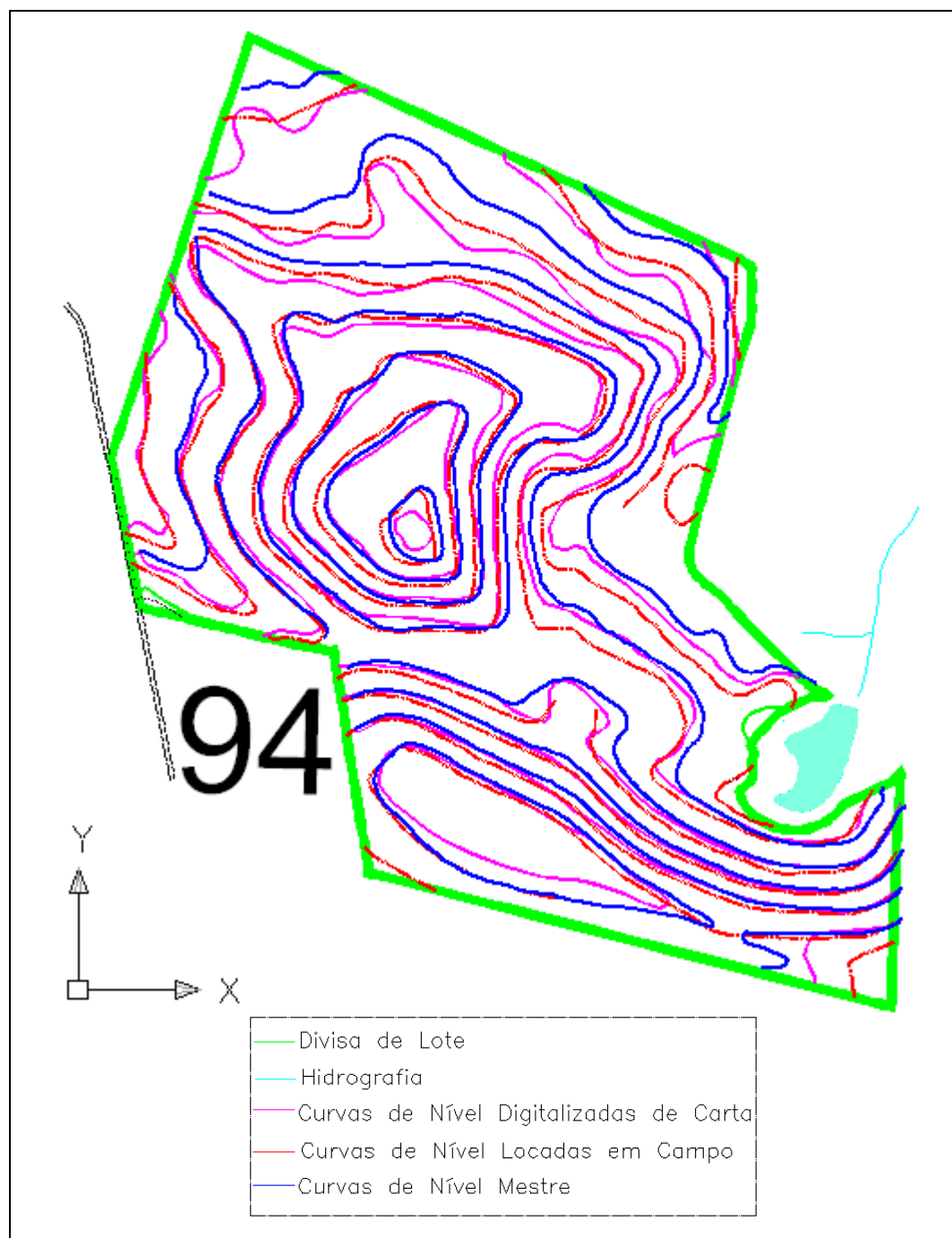


Figura 67- Curvas mestre, digitalizadas a partir de cartas e as locadas em campo

Na figura 67, os três modelos de curvas estão sobrepostas em uma mesma imagem, na cor azul as curvas representadas são as curvas mestres que foram geradas com distância vertical de 5 metros, em vermelho as curvas de nível locadas em campo por aparelho de nível de precisão e na cor magenta as curvas de nível digitalizadas a partir de cartas cadastrais criadas pelo plano cartográfico do estado de São Paulo.

Conforme figura 67, os modelos de curvas avaliados como base para apreciação da precisão das coordenadas coletadas pelo receptor GPS topográfico foram as curvas locadas em campo de forma geométrica com nível de precisão e as curvas digitalizadas de cartas criadas pelo plano cartográfico do estado de São Paulo.

5 CONCLUSÃO

Considerando que os equipamentos normalmente utilizados para a finalidade do Georreferenciamento são mais precisos que o utilizado nesse projeto e que os pontos coletados são obrigatoriamente obtidos de forma estática, a precisão desses pontos sem dúvida será melhor dos que a encontrada nesse trabalho. Assim, se incluída a coordenada Z nesses levantamentos isso poderá gerar uma nova malha de curvas de representação de relevo, se constituindo em base para futuras modelagens numéricas de superfície e edição de novas cartas planialtimétricas, em especial para regiões em que tais cartas somente são disponíveis em pequenas escalas.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. W. R. **Modelos de dados espaciais**: aplicações em sistemas de informações geográficas. 1994. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

AMORIN, G. P. **Confiabilidade de rede GPS de referência cadastral municipal, estudo de caso**: Rede do Município de Vitória (ES). São Carlos: USP, Escola de Engenharia de São Carlos, 2004. 149 p.

BUENO, R. F. **Avaliação da precisão do sistema NAVSTAR/GPS**. 1995. 209 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

FELGUEIRAS, A. C. **Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informações geográficas**. 1999. 212p Tese (Doutorado Computação Aplicada) - INPE, São José dos Campos, 1999.

FONTES, A. T. **Sistemas de informações geográficas**: digitalizações. São Carlos: USP, EESC, 2001. 126p.

GOMES, E.; PESSOA, L. M. C; SILVA JUNIOR, L. B. S. **Medindo imóveis rurais com GPS**. Brasília: Comunicação, 2001. 136 p.

GORGULHO, M. **Apostila GPS**: última atualização. 2002. Disponível em: <<http://www.docstoc.com/docs/18620010/GPS-TrackMaker>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2009.

HOFMANN-WELLENHOF, B. **Global positioning system**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1994. 326 p.

TRIMBLE NAVIGATION LIMITED SYSTEMS GROUP. **Referência geral de sistemas cartográficos**: manual de operação. Sunnyvale, E.U.A. 1997. 98 p.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais**. 2. ed. Brasília, 2002. 75 p. Minuta da 2ª edição gerada em 1 de agosto de 2008 - OS/INCRA/DF/N.15-2007

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS**: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora Unesp, 2000. 287 p.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 433 p.

NETO, J. O. A. **Análise da precisão e acurácia de pontos georreferenciados com a técnica de código suavizado pela fase da portadora utilizando GPS de simples frequência**. 2006. 189 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil: Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

NEWCOMER, J. D.; ASCE, M. GPS as fast surveying tool. **Journal of Surveying of Engineering**, Reston, v. 116, n. 2, p. 75-81, 1990.

PEZZOTI, A. A. et.al. Proposta metodológica para a elaboração de uma base cartográfica digital para utilização em sistemas de informações geográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 17., 1995, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 1995. v. 4, p. 1042-1051.

RODRIGUES, V. A. **Uso do sistema de posicionamento global na caracterização planialtimétrica para projetos de irrigação e drenagem.** 2003. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

ROSA, F. S. Novas tecnologias em cartografia assistida por computador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 5., 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: AGB, 1994. v. 1, p. 281-288.

SANTOS, A. C. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia de Vaca Brava, PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n.54, p. 86 - 94, 2002.

SANTOS, A. G. **Método para o georreferenciamento de mapas urbanos baseado na atribuição de pesos aos pontos de controle.** 2009. 206p. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes – Área de Infraestrutura de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

SEGANTINI, P. C. L. **GPS Sistema de posicionamento global.** São Carlos: USP, EESC, Departamento de Transportes, 1999. 181 p.

VETTORAZZI, C. A.; ÂNGULO FILHO, R.; COUTO, H. T. Z. Sistema de posicionamento global – GPS. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 5, n. 2, p. 61-70, 1994.

VIADANA, M. I. C.; AUGUSTO, Z. A. A. **A atualização cartográfica da rede de drenagem e análise morfométrica do relevo.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos. **Anais...** Santos: INPE, 1998. p. 473-485.