

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR**

**MAPEAMENTO DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA*  
UTILIZANDO DGPS E IMAGEM DE SATÉLITE  
QUICKBIRD-2**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DIEGO LUIS VENANCIO**

**IRATI – PR**

**2009**

**DIEGO LUIS VENANCIO**

**MAPEAMENTO DE *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA* UTILIZANDO DGPS E  
IMAGEM DE SATÉLITE QUICKBIRD-2**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Attilio Antonio Disperati  
Orientador

Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho  
Co-Orientador

**IRATI – PR**

**2009**



## Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997

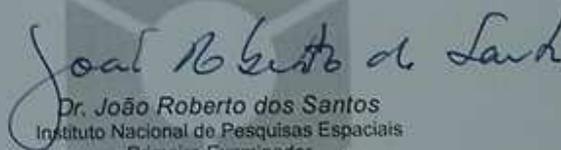
### PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

#### PARECER

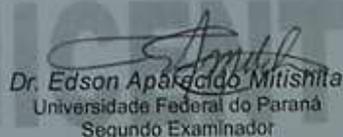
Defesa Nº 02

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, Campus de Irati, após arguir o mestrando **Diego Luis Venancio** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**Mapeamento de *Araucaria angustifolia* utilizando DGPS e imagem de satélite Quickbird-2**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do estudante, habilitando-o ao título de **Mestre** em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

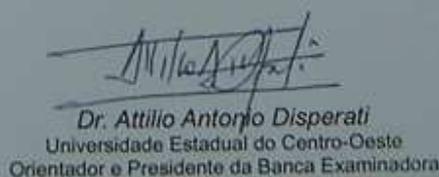
Irati, 3 de março de 2009.



Dr. João Roberto dos Santos  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Primeiro Examinador



Dr. Edson Aparecido Mitshita  
Universidade Federal do Paraná  
Segundo Examinador



Dr. Attilio Antonio Disperati  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Home Page: <http://www.unicentro.br>

Campus Santa Cruz: Rua Pres. Zacarias 875 - Cx. Postal 3010 - Fone: (42) 3621-1000 - FAX: (42) 3621-1090 - CEP 85.015-400 - GUARAPUAVA - PR  
Campus CEDETEG: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 - Fone/FAX: (42) 3629-8100 - CEP 85.040-080 - GUARAPUAVA - PR  
Campus de Irati: PR 153 - Km 07 - Rozinho - Cx. Postal. 21 - Fone: (42) 3421-3000 - FAX: (42) 3421-3067 - CEP 84.500-000 - IRATI - PR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE  
UNICENTRO  
PR 153 - Km 07  
Fone (0xx) 42 3421-3000  
Home page: <http://www.unicentro.br>  
CEP: 84.500-000 – Caixa Postal 21  
Irati - Paraná - Brasil

Catálogo na Fonte  
Biblioteca da UNICENTRO,  
*Campus de Irati – PR*

VENANCIO, Diego Luis

Mapeamento de Araucária Angustifolia utilizando DGPS e imagem de satélite Quickbird-2 / Diego Luis Venancio. – Irati, PR : UNICENTRO, 2009.

64p.

Dissertação (Mestre em Ciências Florestais - Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO - PR)

Orientador : Professor Dr. Attilio Antonio Disperati

1. Engenharia Florestal. 2. Araucaria angustifolia. 3. Manejo Florestal. I. Título.

CDD 20 ed. 634.9751

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio incondicional em todos os momentos.

À minha esposa, pelo apoio, carinho e compreensão durante todos esses anos de estudos.

Ao meu orientador, por ter aceitado o desafio da orientação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Prefeitura Municipal de Irati, em especial ao setor de Geoprocessamento, pela disponibilização de mapas e imagens para a realização do presente trabalho.

Agradecimentos a Engenheira Cartógrafa Ivone, da empresa Manfra pelo apoio técnico; às acadêmicas de graduação em Engenharia Florestal, Ludmila Caroline Ronchi e Sítia Valério Kohlel, pelo apoio no trabalho de interpretação e processamento de imagens. Agradecimento a acadêmica Alynne Rudek, pelo apoio durante o trabalho de campo e ao Engenheiro Cartógrafo M.Sc Ricardo Vilar Neves pela Co-orientação do trabalho.

Agradeço a Direção do Campus Universitário de Irati por autorizar o estudo na área.

À Fundação Araucária pelo apoio financeiro à pesquisa “Fotografias aéreas versus imagens satelitárias de altíssima resolução no delineamento de copas de Araucária” na qual está inserida a presente dissertação.

Agradeço, em especial, ao meu orientador, Prof. Dr. Attilio Antonio Disperati, pelo aceite da orientação e também por não medir esforços para que todos os prazos fossem cumpridos.

## SUMÁRIO

Resumo .....	i
Abstract .....	ii
<b>1. Introdução</b> .....	1
<b>2. Objetivos</b> .....	3
2.1. Objetivo geral.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
<b>3. Referencial Teórico</b> .....	4
3.1. O sistema de posicionamento global.....	4
3.2. Tipos de receptores GPS.....	5
3.3. O GPS Diferencial (DGPS).....	8
3.4. Processamento de dados da base fixa.....	12
3.5. O uso do GPS no setor florestal.....	15
3.6. Uso do GPS em SIG e na retificação de imagens.....	18
3.7. Mapeamento de copas de Araucária.....	19
<b>4. Materiais e Métodos</b> .....	22
4.1. Caracterização da área de estudo.....	22
4.2. Georreferenciamento da imagem de satélite .....	24
4.3. Coleta de dados com GPS de navegação.....	25
4.4. Coleta de dados com DGPS.....	27
4.5. Processamento de pontos e edição de mapas.....	29
4.6. Elaboração do mapa de vegetação .....	31
4.7. Elaboração do mapa de Área Basal.....	32
4.8. Produção de mapas de declividade .....	33
4.9. Interpretação das imagens.....	35
<b>5. Resultados e Discussão</b> .....	36
5.1. Mapa de Araucárias do Campus Universitário de Irati.....	36
5.2. O posicionamento de árvores com DGPS.....	36
5.3. Posicionamento relacionado a situação das copas das Araucárias.....	40
5.4. Posicionamento das Araucárias relacionado a declividade da área.....	41
5.5. Posicionamento relacionado a Área Basal (m <sup>2</sup> /ha).....	43
5.6. Relevo e cobertura vegetal relacionada ao posicionamento relativo.....	46
5.7. Fotointerpretação.....	48
5.7.1. Número de copas interpretadas vs. Número de copas no terreno.....	51
5.7.2. Área das copas interpretadas vs. Área das copas medidas no terreno.....	52
5.7.3. Detalhamento de cada copa interpretada na imagem.....	53
5.8. Precisão associada ao posicionamento absoluto e relativo.....	56
<b>6. Conclusões</b> .....	58
<b>7. Referências Bibliográficas</b> .....	60
<b>Anexos</b> .....	66

## RESUMO

VENANCIO, Diego Luis. **Mapeamento de *Araucaria angustifolia* utilizando DGPS e imagem de satélite Quickbird 2.**

O presente trabalho faz uso da tecnologia GPS nos modos diferencial (posicionamento relativo) e absoluto em uma área de Floresta Ombrófila Mista, visando o mapeamento das Araucárias (*Araucaria angustifolia*) que existem na área de estudos (Campus Universitário de Irati – UNICENTRO) no Estado do Paraná, Brasil. Complementarmente três interpretes delinearão visualmente as copas de araucária em uma imagem satelitária *Quickbird* colorido normal, fusionada e com resolução espacial de 61 cm, da área de estudos; os seus resultados são comparados com o mapa inicialmente elaborado. O trabalho apontou a presença de 264 Araucárias na área de estudos, sendo possível o posicionamento relativo em 141 casos com precisão variando de 6 a 84 cm, e o posicionamento absoluto, possível em todos os casos, apresentou variação de 5 a 14 m. O posicionamento relativo foi possível em 30% das Araucárias onde a declividade foi  $> 30\%$  e em 57% dos casos em que a área basal foi  $> 16 \text{ m}^2/\text{ha}$ . As avaliações das interpretações evidenciaram a delimitação, em média, de 50% da área total de copas e foram identificadas, em média, 40% das Araucárias existentes na área de estudo. Pode-se concluir que o posicionamento relativo possui precisão suficiente para a localização das Araucárias, enquanto o posicionamento absoluto pode causar confusão devido ao baixo grau de precisão quanto ao posicionamento planimétrico. O posicionamento relativo foi influenciado pela declividade e área basal, principalmente em condições de elevada declividade e elevada área basal.

Palavras Chave: Interpretação visual, Floresta Ombrófila Mista, Quickbird, posicionamento geográfico, GNSS.

## ABSTRACT

VENANCIO, Diego Luis. **Mapping of *araucaria angustifolia* using DPGS and satellite Quickbird-2 image.**

This work makes use of GPS technology in differential mode (relative positioning) and absolute mode in a Mixed Ombrophilous Forest in order to map the Araucárias trees (*Araucaria angustifolia*) that occur in the area of study (Campus of Irati - UNICENTRO) in Paraná State, Brazil. In addition, three interpreters delineated visually the araucaria crowns in a normal color Quickbird satellite image, fused and with spatial resolution of 61 cm, showing the study area; their results are compared with the map originally drawn up. The work pointed out the presence of 264 Araucárias in the area of study, the relative positioning was possible in 141 cases with precision ranging from 6 to 84 cm, and absolute positioning was possible in all cases with precision ranging from 5 to 14 m. The relative positioning was possible in 30% of the Araucárias where slope was  $> 30\%$  and in 57% of cases in which the basal area was  $> 16 \text{ m}^2/\text{ha}$ . The performance of the interpretations resulted in a delineation, an average, of 50% of the total area of the Araucária crowns and it was identified, an average, 40% of Araucaria trees of the area. It can be concluded that the relative positioning accuracy is sufficient for the location of the Araucárias, while the absolute position can cause confusion due to the low degree of planimetric accuracy position. The relative positioning was influenced by slope and basal area, especially in conditions of high slope and high basal area.

Key Words: Visual interpretation, Mixed Ombrophilous Forest, Quickbird, geographic positioning, GNSS.

## 1. INTRODUÇÃO

“O GPS, acrônimo de *Global Positioning System*, tem-se tornado uma tecnologia extremamente útil e inovadora para uma série de atividades que necessita de posicionamento e podem-se citar aquelas relacionadas a Cartografia, Meio Ambiente, Controle de Frota de Veículos, Navegação Aérea e Marítima, Geodinâmica, Agricultura, etc“ (MONICO, 2000, p. 15). O termo posicionamento implica no conhecimento ou então na determinação das coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude) de pontos terrestres, podendo estes serem fixos ou em movimento. A presente dissertação aborda em essência a determinação das coordenadas geográficas (latitude e longitude) de todas as Araucárias existentes na área de estudos.

Na área florestal, a tecnologia GPS tem tido diversas aplicações, entre outras: como instrumento de atualização de bases cartográficas de empresas florestais e na locação de experimentos ambientais (RODRIGUES-PEREZ et al., 2006), no mapeamento de árvores das quais se tem estimativas precisas de madeira, sementes, frutos e demais produtos de origem florestal, no rastreamento de produtos de origem florestal e no apoio à vistoria técnica de entidades certificadoras ou órgãos ambientais (BROWN, 2007), na localização e na marcação de árvores em inventário florestal (FIGUEIREDO et al., 2008), no mapeamento de trilhas (HINCH, 2005), no mapeamento cadastral de florestas (YOSHIMURA et al., 2009), no mapeamento simultâneo das árvores e das colheitadeiras (*harvesters*) florestais (OHMA et al., 2007), no manejo florestal sustentado (HAZAH, 2001), no mapeamento e controle de danos causados por incêndios florestais (EL-SHIMY e WRIGHT, 2003).

Comparada com métodos convencionais para a determinação do posicionamento de pontos, a tecnologia GPS permitiu aumentar a produtividade, associada à melhoria na precisão, além da redução de custos (MONICO, 2000). Em períodos anteriores ao uso da tecnologia GPS, e ainda em muitos locais, a atividade de mapeamento utiliza técnicas tradicionais e a atualização cartográfica com objetivos florestais é feita de forma manual, diretamente sobre o mapa em papel, baseando-se no conhecimento do pessoal técnico responsável pela área e em visitas de campo (BERNARDI e PONTES, 2006).

A precisão dos resultados nas determinações de posicionamento depende do aparelho receptor usado para captar os sinais dos satélites GPS associado ao procedimento utilizado: como resultado pode-se obter precisão de 10 metros (posicionamento absoluto) até alguns milímetros (posicionamento usando sinais L1 e L2) (NAESSET, 2001).

O aumento de precisão requerido no posicionamento dos pontos no terreno atualmente para atividades de manejo florestal, colheita florestal ou acompanhamento de pesquisas científicas, demanda utilização de equipamento mais sofisticados. Os receptores GPS atuais funcionam sob variadas condições ambientais, entretanto a cobertura florestal e o relevo de algumas áreas podem afetar a recepção dos sinais. O uso de equipamentos precisos, que permitam obter posicionamento com precisão de centímetros, é primordial para o planejamento florestal (FRANKLIN, 2001). Nesses requisitos, torna-se necessário a utilização de equipamentos GPS com correção diferencial, seja para delimitação de áreas como para localização ou marcação de espécies florestais.

O presente trabalho faz uso da tecnologia GPS nos modos diferencial (posicionamento relativo) e absoluto em uma área de floresta natural de araucária (Floresta Ombrófila Mista), visando a determinação da precisão do posicionamento de todas as Araucárias que ocorrem na área de estudos. Como consequência desse posicionamento do censo total das Araucárias obter-se-á um mapa mostrando a sua distribuição espacial no local considerado e que servirá de apoio para analisar os dados provenientes da interpretação visual para o mapeamento de copas de Araucária usando uma de imagem de satélite Quickbird.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Utilizar a tecnologia GPS nos modos diferencial (posicionamento relativo) e absoluto em uma área contendo fragmentos de floresta natural de Araucária (Floresta Ombrófila Mista), visando o posicionamento geográfico preciso da *Araucaria angustifolia*, servindo como verdade terrestre na determinação da precisão da interpretação visual do mapeamento das suas copas em imagem satelitária *Quickbird*.

### 2.2. Objetivos específicos

- Elaborar um mapa de localização de Araucárias, utilizando GPS em uma região de 72 ha localizada no estado do Paraná;
- Avaliar a influência da cobertura florestal da declividade do terreno na recepção de sinais do sistema GPS utilizando receptores de navegação (posicionamento absoluto) e receptores de simples frequência (L1, posicionamento relativo);
- Verificar a precisão obtida no posicionamento absoluto e relativo das Araucárias, avaliando a capacidade de individualização das árvores em campo;
- Avaliar a fotointerpretação visual de imagem de alta resolução da área de estudo, comparando os resultados com o posicionamento das Araucárias obtido através de GPS;

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

A aquisição de dados a serem utilizados no planejamento florestal utiliza diversas tecnologias incluindo o GPS e o Sensoriamento Remoto. A presente revisão aborda principalmente a evolução do uso de dados baseados na tecnologia espacial (GPS e imagens orbitais) como subsídio para o Manejo Florestal e para o mapeamento das copas de Araucária. São abordados aspectos como o sistema GPS, suas características, precisão e utilização no setor florestal. Os receptores GPS são abordados de forma introdutória ao tema, enfocando diversos tipos de receptores, com atenção especial ao posicionamento absoluto e relativo, utilizados no presente trabalho. A interpretação florestal é abordada de forma direta visando à delimitação visual das copas de Araucária.

#### **3.1. O sistema de posicionamento global**

A elaboração de mapas ou a descrição de locais na superfície terrestre utiliza pontos de referência, que podem auxiliar na localização, em campo, das informações dispostas no mapa. Historicamente os mapas possuíam pontos de referência terrestre (formações rochosas, rios, edificações, etc) ou celeste (estrelas, constelações, etc). O desenvolvimento de sistemas artificiais de referência, conhecidos como sistemas de coordenadas, possibilitou a padronização dos pontos de referência.

O desenvolvimento de satélites artificiais proporcionou mais agilidade na determinação de coordenadas geográficas de pontos da superfície terrestre. Em 1967, o uso de satélites para a determinação de coordenadas geográficas de pontos terrestres atingiu a precisão na ordem de décímetros. Em 1973, o Departamento de Defesa Americano desenvolveu o sistema NAVSTAR /GPS. Inicialmente previsto para uso militar, esse sistema passou a ser usado também pela comunidade civil após a verificação da precisão que o sistema oferecia e também do desenvolvimento de receptores mais eficientes (ROCHA, 2000).

O sistema americano GPS é composto por 24 satélites orbitando à 20.200 km de altitude, distribuídos em 6 órbitas, e com cobertura bidimensional pois, a todo instante, em qualquer lugar da superfície terrestre é possível observar pelo menos quatro satélites. Didaticamente pode-se dividir a estrutura do sistema GPS em três segmentos: espacial,

controle e usuários (BUENO, 2006). O segmento espacial é responsável pelos cálculos de bordo dos satélites, manobras orbitais, emissão de sinais em frequências específicas e transmissão de informações. O segmento de controle é composto por cinco estações terrestres de monitoramento que efetuam, entre outras, medidas meteorológicas, calculam efemérides (mensagens transmitidas pelos satélites referentes à sua órbita) e coeficientes de correção dos relógios. O segmento dos usuários é composto por civis e militares que utilizam os sinais do sistema GPS para diversos usos (ROCHA, 2000).

Além do sistema americano GPS, existe o sistema russo, o europeu e o chinês. O GLONASS (Global Navigation Satellite System) foi desenvolvido pela ex-União Soviética na mesma época do sistema GPS e possui aplicações semelhantes. Entretanto, enquanto o GPS atingiu a plena operacionalidade em 1994, o GLONASS ainda hoje não está implantado plenamente (LAGO et al., 2002). Análogo ao GPS e o GLONASS, existe o sistema GALILEO (*European Satellite Navigation System*), desenvolvido por um consórcio de países europeus (MUGA, 2006). O sistema chinês, nominado COMPASS (*Beidou* ou *Compass Navigation Satellite System - CNS*), foi apresentado recentemente e possui características análogas aos outros sistemas existentes. Futuramente o desenvolvimento de receptores com capacidade de processar simultaneamente sinais dos diversos sistemas de navegação por satélite (GPS, GLONASS, GALILEO e COMPASS) possibilitará um grande avanço em termos de precisão na localização de pontos terrestres. O novo sistema de posicionamento geográfico, baseado em informações de satélites (independente de sua nacionalidade) é denominado GNSS (BUENO, 2006).

### **3.2. Tipos de receptores GPS**

A grande maioria dos receptores atuais utiliza somente os sinais do sistema NAVSTAR GPS (o único sistema totalmente operacional no momento). Receptores capazes de captar e processar simultaneamente sinais conjuntos GPS e GLONASS existem há mais de cinco anos, mais ainda são raros (BUENO, 2006).

A estrutura dos sinais do sistema NAVSTAR GPS é constituída de duas ondas portadoras, denominadas L; cada satélite emite dois sinais de ondas, sendo a L1 (1575,42 Mhz) e a L2 (1227,60 Mhz). A modulação das ondas L1 e L2 origina dois códigos, denominados pseudo aleatórios. Sobre a portadora L1 é modulado o código C/A (*Clear*

Access), e sobre a portadora L1 e L2 é modulado o código P (Precise Code). O código P pode ser alterado sempre que o governo americano desejar (código encriptado) (ROCHA, 2000).

Didaticamente pode-se dividir os receptores para uso civil em três categorias (segmentos): a) receptores que captam apenas sinais C/A, comumente utilizados para navegação, com precisão variando de 3 m até 100 m; b) receptores que captam o sinal L1, utilizados com maior precisão e utilizados em levantamentos topográficos, com precisão submétrica; c) receptores que captam simultaneamente os sinais L1 e L2, com precisão milimétrica (Figura 01).

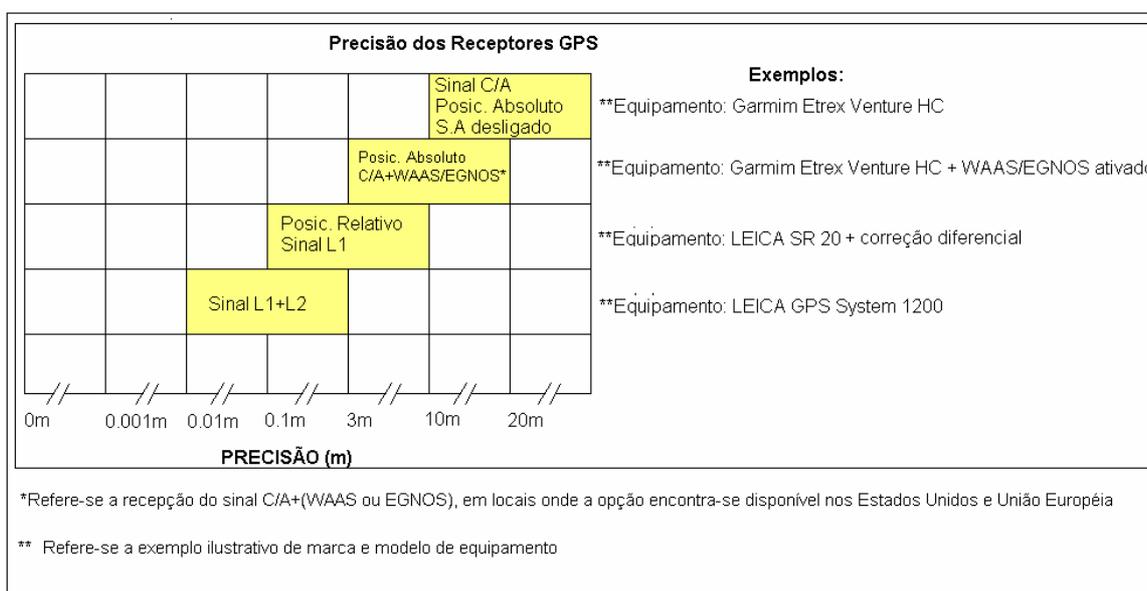


Figura 01 – Precisão de posicionamento dos receptores GPS

Rocha (2000) acrescenta que existem quatro tipos de posicionamento: pelo código, absoluto, relativo e pela fase da portadora.

As medidas em código ou medidas das pseudodistâncias são efetuadas de forma rápida, calculando-se a duração de propagação do sinal emitido pelo satélite até o receptor. Para o cálculo é necessário sincronizar os relógios do satélite e do receptor, e como isso não é possível, ocorrem erros sistemáticos correspondentes à diferença entre os dois relógios. Nesse caso, a distância calculada denomina-se pseudodistância.

O posicionamento Absoluto, refere-se ao cálculo do posicionamento do receptor utilizando quatro satélites, onde três satélites fornecem a distância (entre o receptor e o satélite) e um quarto satélite é usado para definir a diferença entre os relógios do receptor e

dos outros satélites. Esse sistema é utilizado normalmente para fins de navegação (sinal C/A) e militares (sinal P). O maior erro do posicionamento Absoluto ocorre devido à imprecisão das órbitas e a falta de sincronismo na superfície terrestre entre o relógio dos satélites e do receptor. Se for utilizado um ponto na terra, de coordenada geográfica conhecida, modificam-se as equações, reduzindo o erro e oferecendo uma posição com precisão submétrica, dando origem ao Posicionamento Relativo (comum em receptores que recebem sinais L1) (ROCHA, 2000).

O Posicionamento Pela Fase da Portadora é obtido com a medição da diferença de fase entre a onda do sinal L1 e L2 e sua reprodução no receptor. Nesse caso a precisão do ponto determinado pode chegar a 1 mm. Entretanto, o inconveniente é que se torna necessário conhecer também os comprimentos de onda inteiros entre o satélite e o receptor, ou seja, resolver a ambigüidade do sistema. A precisão, nesse sistema de posicionamento, está condicionada a resolução das ambigüidades do sistema (ROCHA, 2000).

Torna-se possível verificar que receptores capazes de receber sinais C/A são utilizados para navegação e possuem precisão de 3 metros a 100 metros; receptores capazes de receber sinais L1, com processamento dos dados tendo como apoio uma base fixa de coordenadas geográficas conhecidas são utilizados para levantamentos cartográficos e topográficos, possuindo precisão de cerca de 1 cm até 3 m (em média, após o processamento); receptores capazes de receber sinais L1 e L2 dependem somente da solução das ambigüidades geradas por mudanças em condições atmosféricas, obstruções de sinais, etc, são usados para aplicações geodésicas que necessitam precisão milimétrica.

Adicionalmente, Bueno (2006) relata que existem alternativas para aumentar a precisão dos receptores de navegação, que recebem o código C/A, que são os sistemas WAAS e EGNOS. Entretanto, essas alternativas só estão disponíveis, nos Estados Unidos e na Europa (Garmin, 2009). Nos Estados Unidos, uma série de antenas, instaladas em terra e denominadas WAAS (*Wide Area Augmentation System*) emitem sinais que são captados por receptores de navegação, aumentando a precisão do posicionamento para cerca de 1 metro. Na Europa, o sistema EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay System*) consiste em um satélite geostacionário que emitindo sinais para receptores de navegação consegue aumentar a precisão para 1 a 3 metros, aproximadamente. A precisão nos receptores de navegação é métrica, mas o resultado do posicionamento é em tempo real. Em receptores topográficos (L1) e geodésicos (L1 e L2) a precisão centimétrica e milimétrica,

respectivamente, só é obtida após o processamento dos dados em relação a base fixa, e da solução de ambigüidades. Para obtenção da precisão centimétrica ou milimétrica ainda em campo, o receptor precisa contar com um sistema de *Real Time Kinematic* (RTK).

Existem várias fontes de erro no posicionamento do receptor do sistema GPS. Os erros de relógio do satélite ou do receptor, atraso do sinal devido a ionosfera e troposfera, multicaminhamento e ruído do receptor produzem diferenças de até cerca de 6 metros em receptores com o código C/A, que utilizam o posicionamento absoluto. Os erros do relógio são relativos a diferenças nos relógios dos satélites (relógios atômicos e altamente precisos) e dos receptores, que nem sempre é compensado. O erro no centro de fase da antena refere-se ao local real do centro da antena, ou seja, a antena do receptor possui sistema eletrônico, e torna-se necessário saber onde, realmente, fica o centro da antena para aplicações de alta precisão. Os maiores erros, no entanto, são provocados intencionalmente, devido a natureza militar do sistema GPS. Existem erros relacionados também ao DOP (Dilution Of Precision), que é relativa ao posicionamento dos satélites no momento da coleta de dados. O *Antispoofing* (AS) consiste em um sistema de criptografia utilizado no código P, tornando-o acessível somente para uso de militares americanos, que possuem sistemas específicos para descryptografia. O *Selective Availability* (SA) é a maior fonte de erro provocada e consiste na degradação de parâmetros orbitais e na degradação do coeficiente de correção do relógio dos satélites, e atinge os receptores que operam com posicionamento absoluto. Entretanto, tal fonte de erro foi desativada em 01/05/2000 pelo então presidente americano Bill Clinton. A ativação do SA depende de interesses militares e não influencia o posicionamento relativo (ROCHA, 2000).

### **3.3. O GPS Diferencial (DGPS)**

Os receptores de GPS Diferencial (DGPS) trabalham com o posicionamento relativo, ou seja, recebem sinais de no mínimo quatro satélites para o estabelecimento da posição inicial e posteriormente utilizam a informação de uma base terrestre fixa, de coordenadas conhecidas, para o cálculo diferencial. Este possibilita o aumento da precisão do posicionamento inicial. O posicionamento absoluto possui um erro devido à imprecisão das órbitas e também devido ao erro de sincronização entre os relógios do satélite e do receptor. O uso de um ponto de coordenadas conhecidas sobre o sistema global de coordenadas permite

determinar um segundo ponto relativo ao primeiro, com precisão submétrica (BUENO, 2006). A seguir serão abordados aspectos básicos dos receptores topográficos, com recepção apenas do sinal L1, por ter sido usado no presente estudo.

O DGPS está sujeito aos mesmos erros de posicionamento que ocorre nos receptores GPS de navegação, exceto a *Selective Availability (SA)*, que não influencia no posicionamento relativo. Entre outros fatores importantes para determinação da posição, está o DOP – *Dilution Of Precision*, que indica a geometria dos satélites (SANDO et al., 2005). Rocha (2000) cita as várias componentes em que pode ser dividido o DOP: HDOP (influência na posição planimétrica – Latitude e Longitude); VDOP (influência na altitude); PDOP (influência na posição planimétrica e altitude); TDOP (influência no tempo); GDOP (influência na posição planimétrica, altitude e tempo); RDOP (relativo ao DOP para uma base ou vetor). O erro associado, por exemplo é igual ao GDOP multiplicado pelo erro na medida, ou seja, um GDOP de 10 e um erro de 2 mm resulta em um erro previsto de 2 cm.

O valor do DOP é indicado no receptor DGPS no momento da aquisição de dados e funciona como um filtro. Seleciona-se o tipo de DOP (PDOP, GDOP, HDOP, VDOP) e o seu valor máximo. Quanto menor o valor, mais restritivo o filtro e mais preciso será o posicionamento, não sendo aconselhável trabalhar com PDOP maior do que sete. Pode-se entender o DOP como o inverso do volume do sólido geométrico formado pelos satélites e o receptor (Figura 02). Quanto maior o volume do sólido geométrico formado pelo posicionamento dos satélites em relação ao receptor, menor o valor DOP e melhor a precisão. Quanto melhor a simetria dos satélites, menor será o DOP e mais preciso será o posicionamento (ROCHA, 2000).

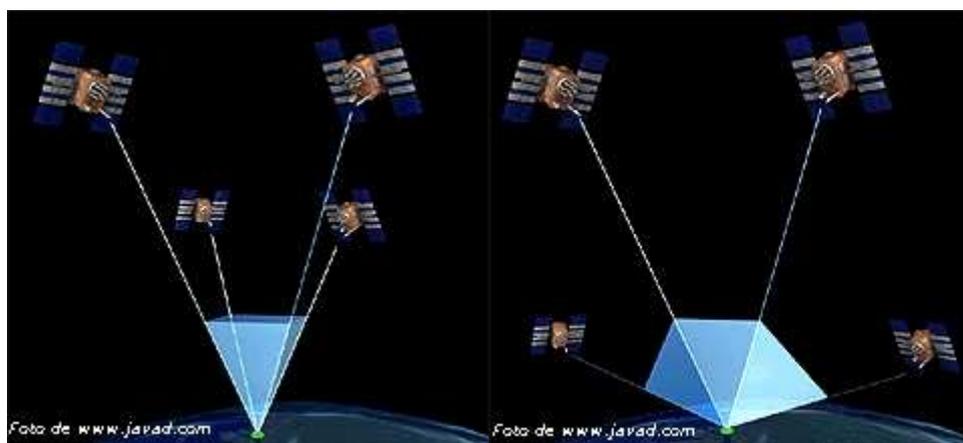


Figura 02 – Geometria dos satélites (DOP)

Fonte: GUERREIRO, 2005.

Outro parâmetro utilizado nas medições é o Ângulo de Corte (*Cut-Off-Angle*) (Figura 03) correspondente ao ângulo, acima da linha do horizonte, abaixo do qual serão desconsiderados sinais de satélites. Exemplo: se o *Cut-Off-Angle* for de  $15^\circ$ , serão desconsiderados os satélites localizados em ângulos inferiores a  $15^\circ$  a partir da linha do horizonte (FARRET et al., 2006).

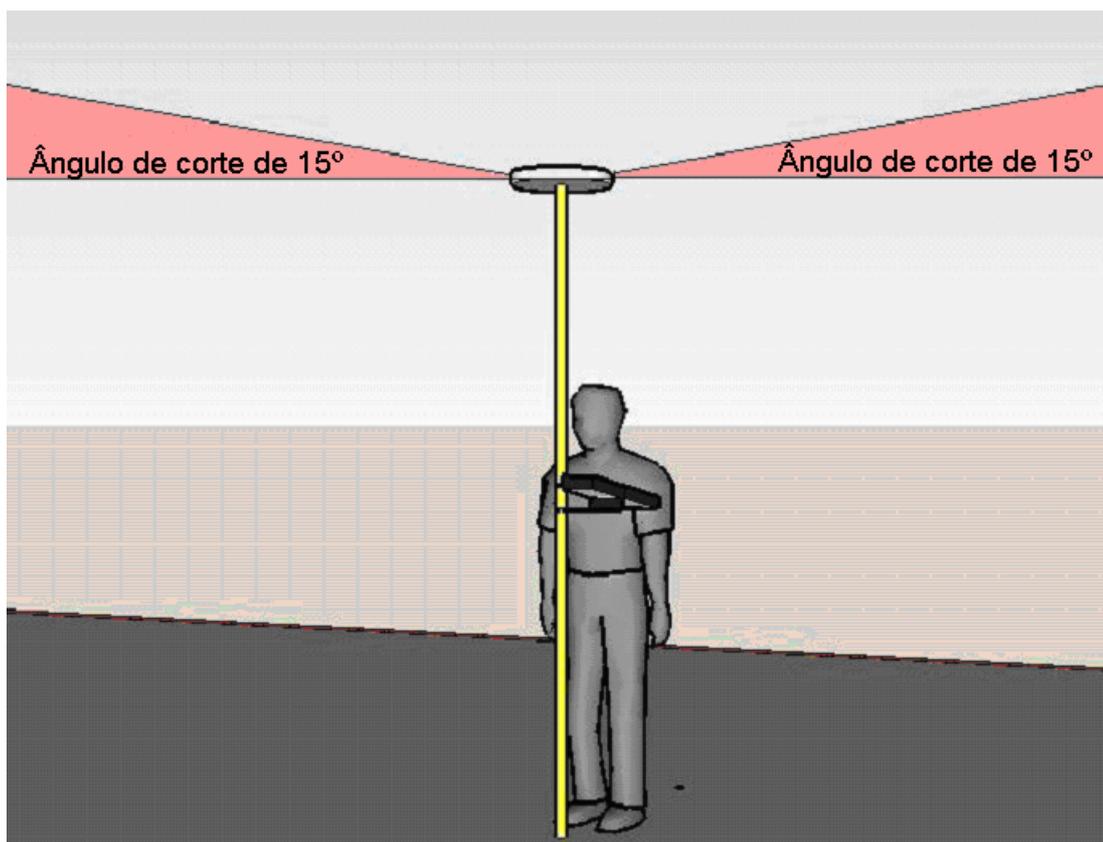


Figura 03 – Ângulo de corte de  $15^\circ$

Outro fator a ser considerado é o Multicaminhamento, ou *Multipath*, que consiste na reflexão do sinal do satélite por objetos ou obstáculos nas imediações da antena do receptor. Devido à ocorrência arbitrária dessa interferência, não existe forma de correção, mas sim recomendações de prevenção ao fato. Recomenda-se, por exemplo, evitar superfícies reflectivas próximas aos receptores, usar antenas polarizadas, filtros digitais e também evitar satélites de baixa elevação, cujos sinais são mais susceptíveis ao problema. Lohani e Kumar (2005) elaboraram um estudo onde evidenciaram a interferência da vegetação na recepção dos sinais GPS e no multicaminhamento, considerando que quanto mais densa a cobertura florestal, maior a interferência ou possibilidade de bloqueio dos sinais (Figura 04).

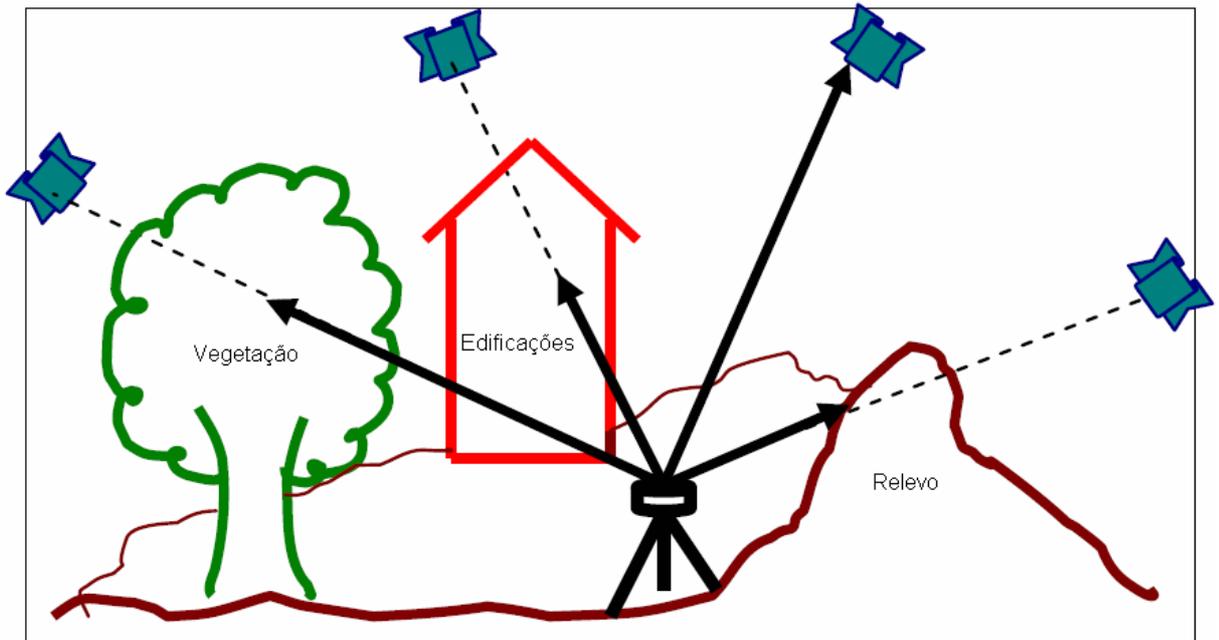


Figura 04 – Interferência de diversos elementos (edificações, vegetação e relevo) na recepção de sinais de satélite, gerando interrupção ou multicaminhamento

Fonte: Adaptado de Lohani e Kumar, 2005.

A perda de ciclos é outro fator a ser considerado nas determinações de posicionamento por GPS, e consiste na interrupção do sinal devido a obstáculos, falha no receptor, mau funcionamento nos osciladores dos satélites, entre outros. Essa interrupção do sinal é interpretada como uma variação instantânea na ambigüidade, sendo necessária a aplicação de filtros matemáticos para a sua correção (ROCHA, 2000).

Muitas vezes um serviço de topografia necessita utilizar, para seus cálculos, um ponto de referência geográfico e para tal, deve estar associado a um específico elipsóide de referência. Em épocas passadas (até 25 anos atrás), utilizava-se um ponto geodésico atrelado ao sistema de referência mais adaptado ao país, que no caso do Brasil, como exemplo o *datum* SAD-69. Atualmente, existe também um *datum* global, o *World Geodetic System 1984* (WGS84), que considera o centro de massa da terra como ponto central nos seus cálculos otimizados para o formato geoidal da terra, com valores de 6.378.137,0 metros para semi-eixo equatorial e 6.356.752,3142 para semi-eixo polar (Figura 5) (NIMA, 2000).

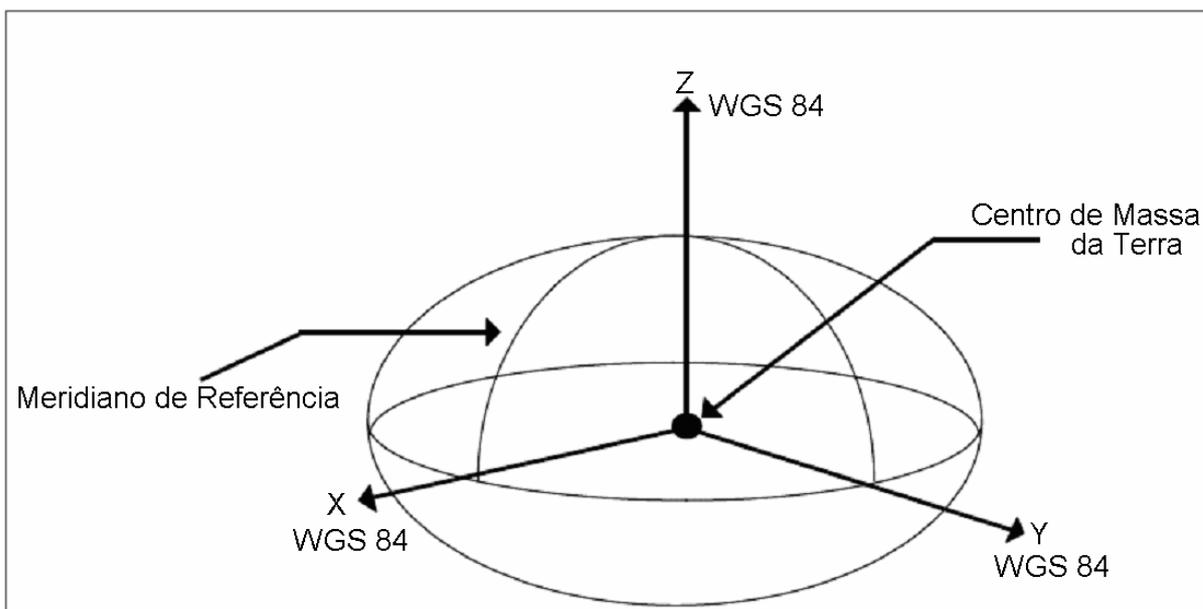


Figura 05: Elipsóide de referência WGS 84

Fonte: Adaptado de NIMA, 2000.

A altimetria utilizando GPS não é possível, na precisão requerida, utilizando o código C/A. Entretanto, no método diferencial, utilizam-se as coordenadas de um ponto conhecido (X, Y e Z). O erro é associado à necessidade de um modelo geodésico para conhecimento da altura geoidal (ROCHA, 2000).

### 3.4. Processamento de dados da base fixa

A correção diferencial, que possibilita o posicionamento relativo, é relacionada ao processamento de sinais obtidos por um receptor colocado em uma base (marco geodésico) terrestre e de coordenadas conhecidas. O procedimento caracteriza-se pela instalação de um aparelho receptor de sinais L1 ou L2, sobre um ponto geográfico pertencente ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) (IBGE, 2008). Existem vários pontos geográficos homologados e pertencentes ao SGB, entretanto, a densidade da rede de pontos varia com a região do país (INCRA, 2008). O posicionamento relativo necessita de um receptor colocado em uma base fixa, posicionado sobre um ponto da terra de coordenadas conhecidas e um receptor móvel, para obtenção do posicionamento dos pontos desejados (Figura 06).

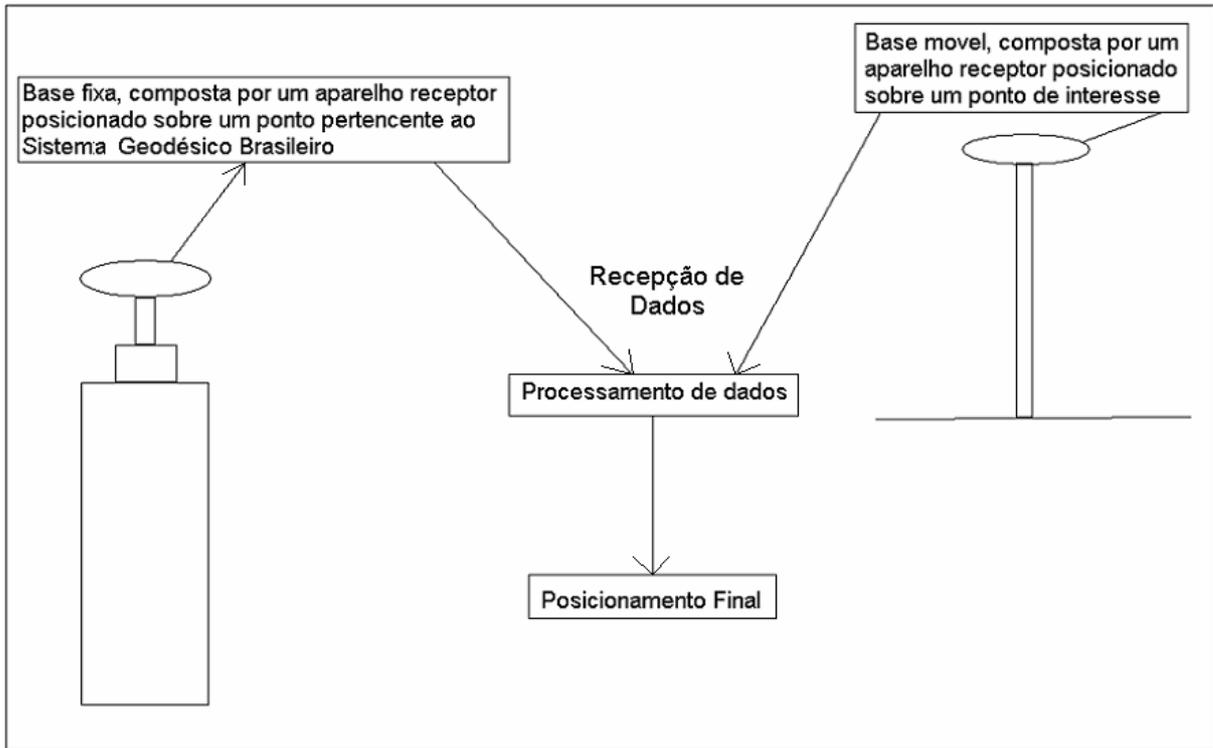


Figura 06 – Obtenção do posicionamento relativo

A primeira possibilidade para obtenção de dados de base fixa, a serem utilizados no processamento para obtenção das coordenadas do posicionamento relativo, implica no posicionamento, sobre um ponto (marco geodésico) homologado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pertencente ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), de um receptor GPS com possibilidade de recepção de sinais L1 ou L1 e L2. Caso não exista o marco geodésico próximo ao local desejado, deve ser efetuado procedimento de transporte de coordenadas, a partir de alguns pontos pertencentes ao SGB. Nesse caso, o trabalho necessita de dois aparelhos DGPS, funcionando simultaneamente. Um dos aparelhos permanece estacionado sobre o ponto de coordenadas conhecidas e o outro aparelho realiza o rastreamento dos pontos desejados (POLETI e MAZUCHI, 2006). A figura 07 apresenta um aparelho receptor posicionado sobre um marco geodésico, em Irati/PR homologado pelo IBGE e pertencente ao SGB.



Figura 07 – Receptor GPS posicionado sobre Marco Geodésico integrante do SGB (Estação Homologada SAT 96014 / Irati, Rede Geodésica de Alta Precisão do Paraná)

A segunda possibilidade implica na utilização de dados provenientes de bases fixas disponibilizados por empresas ou órgãos governamentais. Existem diversos aparelhos DGPS posicionados sobre pontos pertencentes ao SGB e que realizam monitoramento contínuo. O procedimento, nesse caso, é verificar a existência de bases de monitoramento contínuo próximos, contatar a entidade ou empresa responsável pelo aparelho e solicitar o acesso aos dados. A figura 08 apresenta a área de abrangência das bases de monitoramento contínuo operadas pela empresa Manfra na região Sul do Brasil, com a numeração da estação de Curitiba, utilizada no presente estudo.

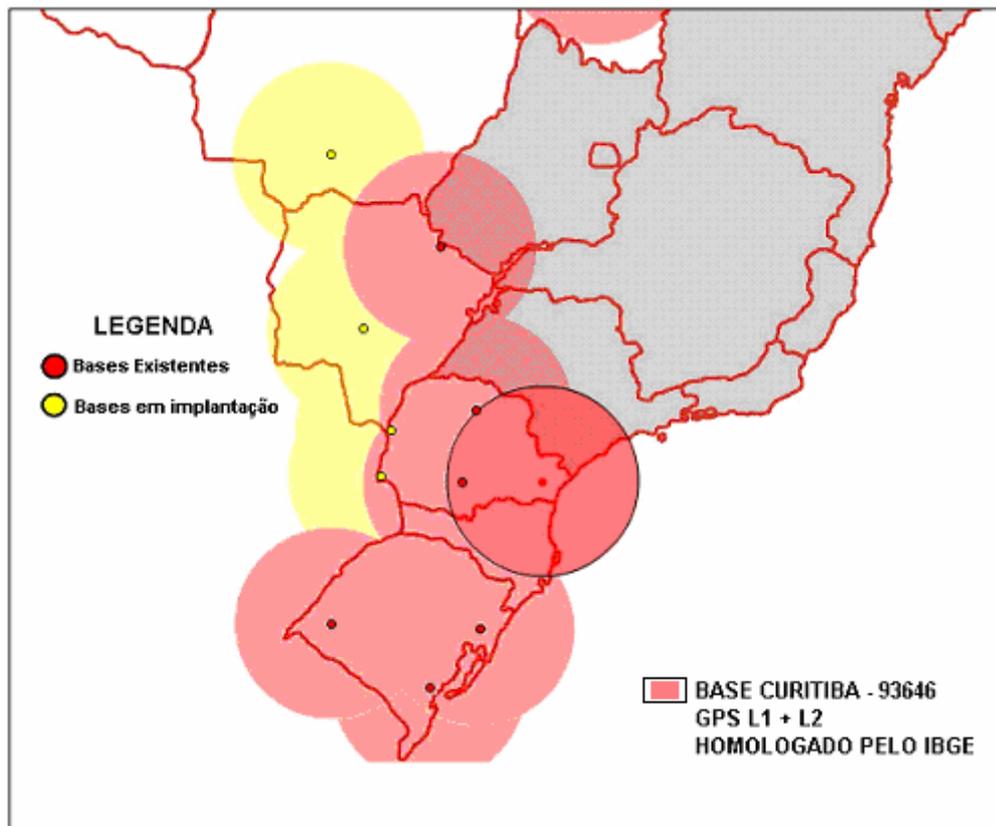


Figura 08 – Bases de monitoramento contínuo operadas pela empresa Manfra

Fonte: Manfra, 2008

### 3.5. O uso do GPS no setor florestal

A eficiência das operações de manejo de recursos florestais depende em muito da precisão da base cartográfica da área a ser manejada. Entre outros, a precisão dos dados coletados com GPS é dependente da densidade da cobertura florestal presente na área e também no número e da geometria dos satélites disponíveis no momento da determinação de pontos.

Naesset et al. (2000) realizaram um estudo em área florestal na Noruega onde foi verificada a diferença na precisão de pontos utilizando DGPS e o GLONASS. O estudo foi conduzido de maneira a poder comparar a precisão dos pontos utilizando apenas satélites GPS com processamento usando solução fixa (DGPS) e utilizando satélites GPS e GLONASS simultaneamente. A disponibilidade de um número maior de satélites favorece a geometria (DOP), podendo oferecer posicionamento mais preciso, principalmente em locais com obstáculos como a cobertura florestal. O estudo utilizou 27 pontos e a recepção foi do código

C/A, e o equipamento permaneceu estacionado no ponto cerca de 30 minutos. O resultado foi que em florestas com área basal de 15 m<sup>2</sup>/ha, utilizando-se apenas os satélites americanos (GPS), obteve-se uma precisão de 5,27 m. A utilização simultânea de dados dos satélites americanos e russos (GPS + GLONASS) permitiu, sob mesmas condições uma precisão de 0,09 a 2,85 m. O processamento estático dos pontos foi possível em 13 dos 27 pontos, e permitiu uma precisão de 0,01m a 0,09 m usando GPS + GLONASS. Calculou-se a probabilidade de se obter solução fixa usando o GPS + GLONASS em 81% das situações observadas.

A utilização de receptores de dupla frequência (L1 e L2) foi pesquisada por Naesset (2001), em florestas com área basal entre 20 m<sup>2</sup>/ha e 30 m<sup>2</sup>/ha. O estudo realizado na Noruega consistiu na determinação de 29 pontos localizados sob cobertura florestal, em área localizada a 5,5 km do local do ponto de coordenadas conhecidas e utilizado para o método diferencial. Foram utilizados dois receptores idênticos, onde um dos aparelhos foi posicionado sobre um ponto de coordenadas geográficas conhecidas e o outro foi levado a campo. Foram monitorados cinco períodos diferentes de observação (2,5 minutos, 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos e 20 minutos). Os dados foram obtidos em quatro configurações: a) sinais GPS + GLONASS em L1 somente - *float*; b) sinais GPS + GLONASS em L1 e L2 - *float*; c) sinais GPS + GLONASS em L1 - *fixed solution*; d) sinais GPS + GLONASS em L1 e L2 - *fixed solution*. Considera-se *fixed solution* (solução fixa) a melhor solução possível, onde todas as ambigüidades foram resolvidas; solução *float* (solução flutuante) é a solução onde menos de 50% das ambigüidades foram resolvidas; solução parcial é a solução onde 50% das ambigüidades foram resolvidas. O resultado, retratando também a influência da variação na cobertura florestal, resultou em precisão de 0,08 m até 1,35 m, com dupla frequência e solução fixa. Pode-se concluir também que a precisão aumenta quando decresce a densidade da floresta e aumenta o período de observação.

Um estudo conduzido por Piedallu e Gegout (2005) teve como objetivo avaliar a qualidade da precisão dos resultados obtidos sob diferentes condições florestais. Os efeitos variantes foram: a) o tipo de receptor (foram testados três modelos); b) as características da floresta (baixo adensamento florestal, floresta decidual e floresta densa); c) efeitos dos componentes GPS (tempo de permanência no ponto, DOP, número de pontos, os efeitos da correção diferencial, etc); d) efeito nas diferentes estações do ano. Os autores concluíram que o tipo de receptor não possui influência decisiva na qualidade da precisão do ponto. O efeito

mais pronunciado que influencia na qualidade da precisão foi a densidade florestal, sendo que a soma de diversos fatores (como DOP) alterou bastante a precisão dos pontos em ambiente florestal.

A precisão de pontos determinados em ambiente florestal, utilizando o GNSS também foi objetivo de um trabalho realizado por Naesset e Gjevestad (2008). A metodologia consistiu em coleta de dados referentes a 19 pontos, utilizando receptores de dupla frequência, onde o período de observação foi de 15 minutos e 120 minutos. A precisão obtida no período de 15 minutos variou entre 0,95 a 3,48 m, com a impossibilidade de cálculo da posição em 44% das posições. A permanência de 120 minutos resultou em uma precisão de 0,27m a 0,88 m, com impossibilidade de cálculo em 8% das situações. O resultado permitiu concluir que em ambiente florestal a maior precisão está relacionada com o aumento do tempo de permanência no ponto, e o método diferencial é uma boa alternativa para o posicionamento preciso utilizando GPS.

Rodrigues-Peres et al. (2006) realizaram pesquisa comparando a precisão de receptores GPS de navegação. Foram comparados também os desempenhos em diferentes tipologias florestais e o custo dos sistemas. Com a informação de que o sinal GPS sofre a influência da vegetação, chegando a ser muito prejudicado em determinadas coberturas florestais, executaram-se testes em diferentes situações florestais, utilizando GPS e DGPS. Testaram-se diversos receptores da marca GARMIN com características adicionais (bússola e altímetro barométrico), e também um receptor Topcom Hyper+, que podia resultar em precisão de 10 mm. O estudo concluiu que existem diferenças de precisão entre os receptores GARMIN, variando de 2 a 4 metros, independente da cobertura florestal.

O estudo realizado por Ângulo Filho et al. (2002), comparou a precisão de receptor GPS com pós processamento de dados, operando em quatro condições diferentes de vegetação: pastagem e reflorestamentos de diferentes espécies. O estudo utilizou tempo de permanência de 1 minuto, 5 minutos e 10 minutos, com correção diferencial dos dados. Os resultados obtidos permitiram concluir que existe a interferência da cobertura florestal na precisão dos dados, confirmando a interferência do dossel (porção superior da floresta) na recepção dos sinais GPS, ressaltando ainda que a maior permanência no ponto aumenta a precisão final do mesmo.

### **3.6. Uso do GPS em SIG e na retificação de imagens**

A retificação de imagens para estudos de recursos ambientais também é um processo que pode demandar o uso de GPS, com precisão compatível com a resolução espacial da imagem a ser utilizada. Entretanto, Gao (2001) apresentou um trabalho onde foi estudada a possibilidade de uso de GPS sem cálculo diferencial para retificação de imagens de satélite. O estudo, realizado na Nova Zelândia, comparou a retificação de imagens de satélite SPOT e LANDSAT utilizando a determinação de pontos com GPS sem cálculo diferencial. Foram utilizados 20 pontos de controle onde o receptor permaneceu por 5 segundos em cada ponto. A comparação foi feita com a locação das imagens em um mapa de escala 1:20.000. O estudo apresentou resultados satisfatórios, ressaltando que, para imagens SPOT e LANDSAT (resolução de 5 e 20 metros, respectivamente) foi possível realizar a coleta de pontos de controle para a retificação planimétrica das imagens sem o uso de GPS diferencial.

Smith e Atkinson (2001) realizaram um estudo comparando métodos de retificação de imagens de satélite utilizando pontos de controle obtidos com GPS. Segundo os autores, estudos de biodiversidade e análises ambientais, com informações temporais, podem ser prejudicados por erros nos pontos de controle utilizados para a retificação de imagens orbitais. O estudo utilizou imagens SPOT e LANDSAT, obtidas em 1992, referentes a uma região do Canadá. O trabalho consistiu na digitalização de mapas em escala 1: 24.000 utilizados na verificação de erros da imagem e receptores GPS com possibilidade de pós-processamento. A precisão dos pontos de controle foi avaliada de dois modos: pelo erro no número de pixels (considerando linha e coluna) e também em um processo que avaliava a distorção da imagem retificada. O resultado obtido foi um erro médio de 23 metros, enquanto a melhor retificação, em imagem SPOT, apresentou um erro de 2,89 metros.

A integração entre GPS, Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) foi assunto abordado por Gao (2002). O assunto tem recebido destaque na literatura específica –Santos et al. (2001) e Tschiedel (2002) - no sentido de reafirmar a necessidade de integração do SR com o SIG e explorar o seu potencial no campo do gerenciamento e monitoramento ambiental. A utilização do GPS acrescentou uma componente a mais na discussão, mas também evidenciou as dificuldades a serem transpostas visando a integração dessa nova tecnologia. O estudo conclui que são várias as aplicações

prioritárias do GPS no SIG, em todos os modelos, pois o posicionamento geográfico dos dados obtidos é considerado prioritário.

### **3.7. Mapeamento de copas de Araucária**

O mapeamento de espécies florestais é de grande importância em estudos ambientais, e pode ser efetuado utilizando-se de técnicas de fotointerpretação. Segundo Holz (1997), a fotointerpretação visual é realizada manualmente e é dependente da escala das imagens e do conhecimento do fotointerprete sobre a espécie em estudo.

A Floresta Ombrófila Mista é uma tipologia vegetal que ocorre entre 400 e 1.000 metros de altitude, ocupando quase inteiramente o planalto situado acima de 500 m nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Apresenta em sua composição florística espécies de lauráceas como a imbuia (*Ocotea porosa*), o sassafrás (*Ocotea odorifera*), a canela-lageana (*Ocotea pulchella*), além de diversas espécies conhecidas por canelas associadas ao pinheiro Araucária (*Araucaria angustifolia*). É também conhecida como Mata de Araucária ou Pinheiral (IBGE, 1992).

A *Araucaria angustifolia*, é uma espécie nativa do Brasil, amplamente distribuída nos estados da região sul. A intensa exploração da espécie, devido ao alto valor associado a sua madeira, colocou a Araucária na lista de espécies ameaçadas de extinção, sendo seu corte proibido pela Resolução CONAMA 278 de 2001 (CONAMA, 2001). A Araucária possui copa dominante e em formato quase circular, quando em estágio adulto, com distribuição radial de galhos. As acículas (folhas) apresentam-se em coloração mais escura quando comparadas a outras espécies nativas, tornando a Araucária facilmente identificável em fotografias aéreas. Essas características tornam a Araucária uma espécie ideal para estudos de viabilidade de novas técnicas para o mapeamento de vegetação utilizando produto de sensores remotos (DISPERATI e OLIVEIRA FILHO, 2006). Canalez (2006) cita que na estrutura da Floresta Ombrófila Mista, a Araucária está entre as espécies mais comuns que compõem o dossel.

A Araucária se caracteriza como uma espécie dominante na Floresta Ombrófila Mista. Sua proeminência no dossel florestal possibilita vários estudos relacionados à área florestal, entre eles a determinação dos valores de sítio (índice de sítio). O crescimento de espécies florestais varia de acordo com vários fatores, entre eles a qualidade do sítio. A hipótese de

relação entre o tamanho da copa e o crescimento diamétrico da Araucária foi testado por Nutto (2001), em florestas da região sul do Brasil para verificar a qualidade do sítio. A área de projeção da copa foi medida em campo e vetorizada com ajuda de um digitalizador, para que a área pudesse ser medida via *software* específico. Foi encontrada uma correlação significativa entre as variáveis de área de projeção da copa e da área basal da árvore individual.

O processo de classificação automática para mapeamento de Araucárias foi utilizado por Diverio et al. (2001), no estado do Rio Grande do Sul. O trabalho utilizou imagens Landsat para identificar florestas com Araucária, que apresentam características peculiares devido a tonalidade da copa da *Araucaria angustifolia*. O método utilizado na classificação foi o Método de Máxima Verossimilhança Gaussiana, e identificou florestas com Araucária de florestas plantadas, campos cultivados e outras formações florestais. O resultado foi satisfatório, permitindo identificar as florestas com Araucária.

A caracterização da Araucária na Floresta Ombrófila Mista (FOM) foi assunto abordado por Disperati et al. (2007), relatando que qualquer mapeamento aéreo de vegetação tem grande enfoque na separação de floresta natural e reflorestamento. Nesse caso, a cor e a textura são elementos determinantes que possibilitam a diferenciação dos dois tipos de vegetação. Geralmente são utilizadas fotografias em escalas médias (1:5.000) e pequenas (1:25.000), variando com o nível de detalhe exigido. É possível também mapear copas de árvores individuais na floresta. Nesse caso as escalas das fotografias precisam ser maiores que 1:5.000.

A atividade de mapeamento de copas de árvores individuais na Floresta Ombrófila Mista permite identificar algumas das principais árvores que ocupam os estratos superiores da floresta. A obtenção de alguns parâmetros, com diâmetro ou área de copa pode ser utilizado para estimativas de variáveis dendrométricas. Disperati et al. (2007) cita como a principal espécie a ser mapeada nas fotografias aéreas a *araucaria angustifolia*, pois sua copa, em formato quase circular com galhos dispostos radialmente ao tronco normalmente ascende aos estratos superiores da floresta e apresenta cor escura em relação as outras espécies, facilitando sua identificação em imagens aéreas. Em fragmentos preservados da FOM se pode encontrar valores de 40% para cobertura do dossel com copas de Araucária. Em regiões de FOM onde houve interferência humana, podem ocorrer concentrações de outras espécies, possíveis de serem identificáveis em fotografias aéreas.

Atividades de manejo florestal possuem como fator de grande importância o conhecimento do número de árvores de determinada região, que pode ser feita diretamente (em pequenas áreas) ou por estimativas (em áreas extensas). A atividade de contagem de copas é facilitada em povoamentos com menor densidade, principalmente para árvores dominantes. A realidade da FOM, onde a vegetação é densa, não permite boa confiabilidade na contagem de copas, restringindo-se somente às espécies dominantes (DISPERATI e SKALSKI JUNIOR, 1989).

Em experimento de contagem de copas de Araucária, com fotointerpretação conduzida por três fotointerpretes, Disperati et al. (2007) mencionaram que eles não delimitaram as mesmas copas, apresentando também diferenças ao formato e generalização das copas. A comparação das fotointerpretações foi feita com base em mapa produzido em trabalho de campo, com localização de cada Araucária. As fotografias aéreas utilizadas, em escala 1:2.000 possibilitaram concluir que 45% da área de estudo estava, cobertos por copas de Araucárias. O resultado médio das interpretações foi de 62,3%.

## 4. MATERIAIS E METODOS

### 4.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo (Campus Universitário de Irati) se caracteriza como um fragmento da Floresta Ombrófila Mista, com características naturais de floresta secundária em estágio avançado de regeneração em alguns pontos e áreas severamente antropizadas em outros, localizado na área da Universidade Estadual do Centro Oeste (Unicentro). O relevo possui variações de altitude de 820 m até 890 m, apresentando áreas planas e locais com declividade acentuada. O clima é temperado Cfb, com geadas intensas no período de inverno. O presente trabalho foi concentrado no posicionamento de Araucárias presentes na área, que possui 70 ha. A figura 09 apresenta a imagem, com limite da área de estudo.

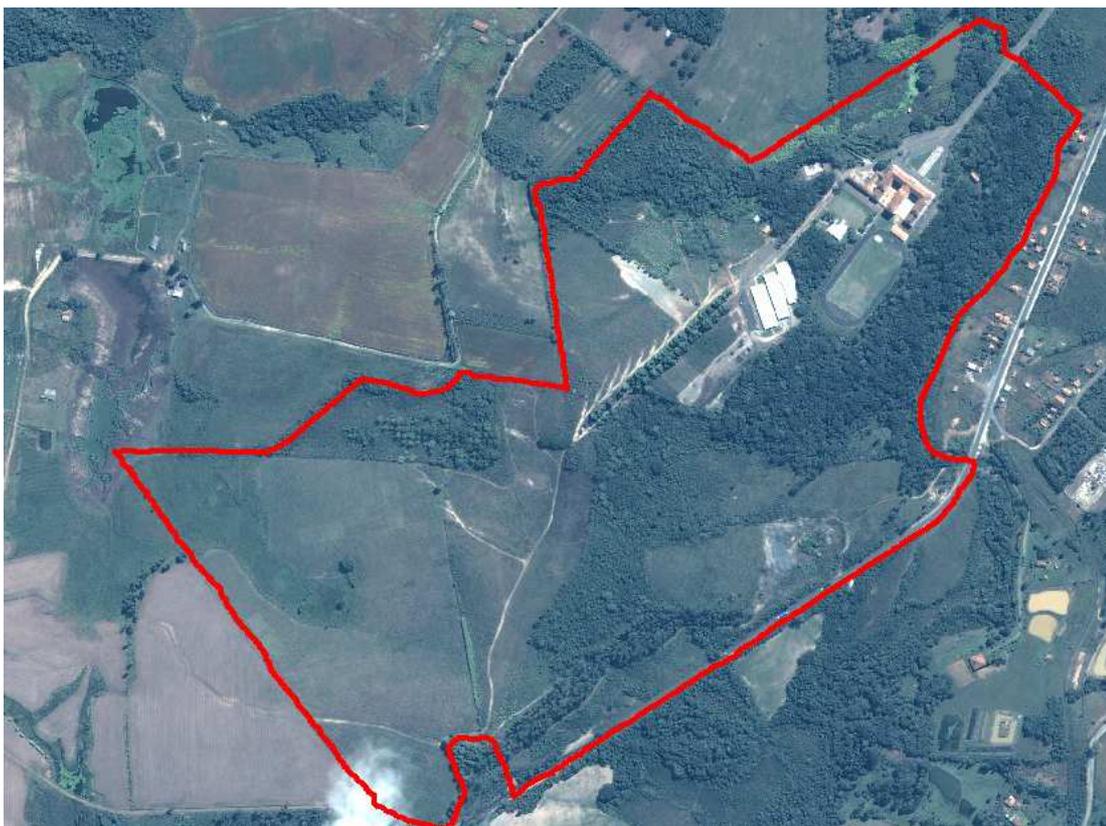


Figura 09 – Imagem da área, obtida pelo satélite Quickbird II

O presente trabalho utilizou os seguintes materiais: imagem de satélite, softwares de sistemas de informações geográficas, softwares para processamento de dados DGPS, além de materiais de apoio.

A imagem de satélite utilizada, fornecida em formato *GeoTiff*, foi obtida em 23 de março de 2004, pelo satélite Quickbird 2, nas bandas Pancromática e multiespectrais. Salienta-se que a banda infravermelho não foi utilizada no estudo por não estar disponível. A *min elevation solar* (ângulo do sol no momento da captura da imagem) possui valor de 53,93°, sendo fornecida em sistema de coordenadas UTM e elipsóide de referência WGS 84. A resolução espacial era de 0,61 m, possuindo 13.753 linhas e 18.915 colunas. A imagem havia sido tratada digitalmente, pela empresa fornecedora, e fusionada usando a banda pancromática e as multiespectrais. A licença da imagem de satélite fusionada foi adquirida pela Prefeitura Municipal de Irati. A área abrangida pela cena é de cerca de 200 km<sup>2</sup>. A área utilizada da imagem corresponde ao Campus Universitário de Irati, que foi recortada da imagem. O recorte possui as mesmas características da imagem original, porém com alteração no número de linhas e colunas (3.768 linhas e 3.194 colunas).

O mapa planialtimétrico utilizado no trabalho foi elaborado pela empresa ENGEFOTO, a partir de fotografias métricas obtidas no ano de 1996, em escala 1:8.000. O mapa foi disponibilizado em formato digital, com curvas de nível de metro em metro (elipsóide de referência WGS 84). Diversas cópias do arquivo digital foram impressas em escala 1:2.000 para manuseio e apoio à presente pesquisa.

Os softwares utilizados se dividem em duas categorias: softwares para processamento de dados e software para fotointerpretação. Os softwares para processamento de dados foram o Leica Geo Office 4.0, Posição 2000 e Autocad MAP 2000. Também foram utilizados o MapSource 6.11.6, o MapDekode 5.2, GPSTrackMaker 13.5 *Limited Edition*. O software utilizado para fotointerpretação, armazenamento de dados e produção de mapas foi o SPRING 5.02.

O receptor GPS utilizado foi da marca Garmim, modelo Venture HC. O receptor DGPS utilizado foi o marca/modelo Leica SR 20 com antena externa AT 501 Pole. O material de apoio se constituiu de trena de 5 e 20 metros, bússola, Barra de *Bitterlich*, bipé para antena do DGPS, pranchetas e blocos para anotações.

A metodologia utilizada pode ser observada na figura 10, que representa um resumo das atividades realizadas.

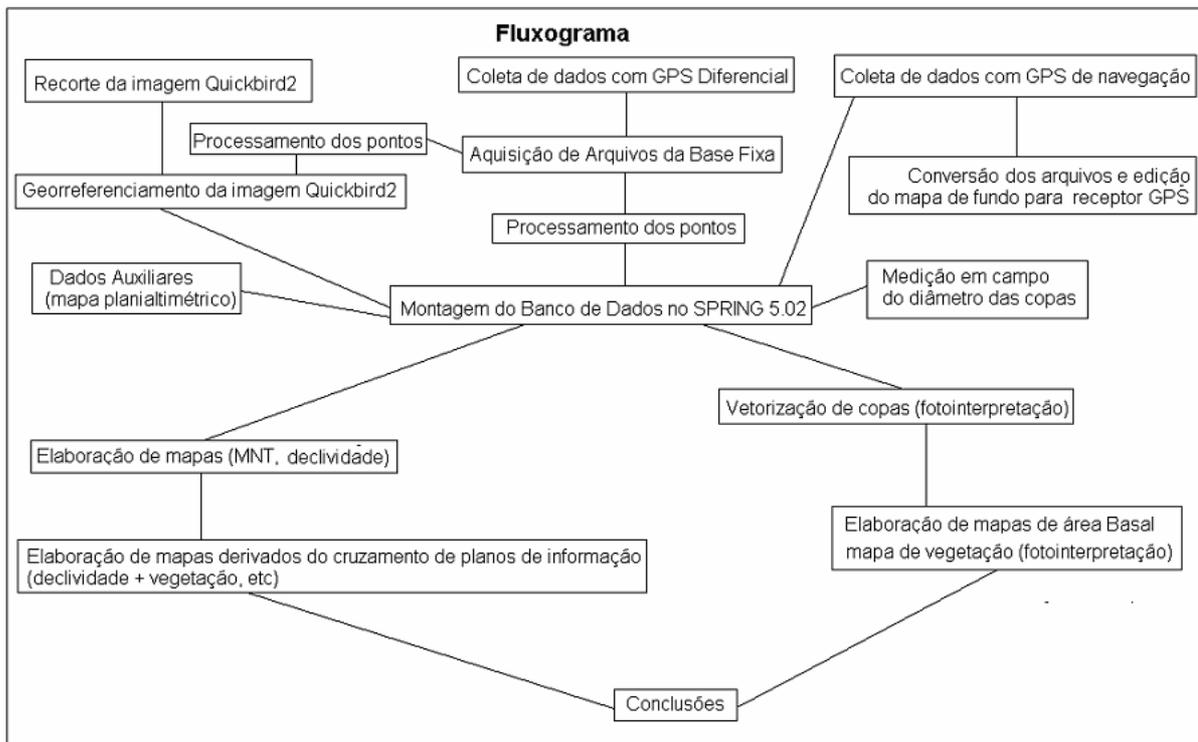


Figura 10 - Atividades realizadas no trabalho

#### 4.2. Georreferenciamento da imagem de satélite

A imagem de satélite Quickbird II, com resolução multiespectral de 0,61 m foi georreferenciada com o uso de 16 pontos de apoio obtidos com o receptor DGPS Leica SR 20. A metodologia utilizada foi o da coleta de pontos visíveis na imagem de satélite - sobretudo construções, e pontos facilmente identificáveis - com o receptor DGPS, estacionado sobre o ponto por um período de 3 minutos, no modo máxima precisão e *Static* (estático). Após o trabalho de campo, os dados foram processados no software Leica Geo Office, com resultado de precisão variando de 5 até 15 cm. Os pontos foram exportados para o software SPRING 5.02, onde a imagem foi georreferenciada no modo “Registro de Imagem”, utilizando polinômio de 1º grau. O erro dos pontos de controle (considerando utilização de 16 pontos de teste e 10 pontos de controle) foi de três pixels, o que representa uma precisão de 1,8 metros.

### 4.3. Coleta de dados com GPS de navegação

O GPS de navegação foi utilizado em conjunto com o receptor DGPS para a coleta de pontos e a localização dentro da área do Campus de Irati da Universidade Estadual do Centro Oeste. O modelo utilizado no presente estudo foi o Garmim eTrex Venture HC, modelo projetado para corrida de aventura, com antena de alta sensibilidade e possibilidade de recepção de sinal sob cobertura de árvores com grande rapidez. O modelo possui visor colorido, 24 Mb de memória interna, bateria para 14 horas de trabalho e possibilidade de inserção de mapa de fundo. A antena é interna e a recepção é somente do sinal C/A.

Objetivando agilizar o procedimento de localização das Araucárias, optou-se pela inclusão de um mapa no GPS de navegação, para auxiliar no deslocamento na área de estudo. A Floresta Ombrófila Mista muitas vezes não possibilita a visualização de árvores a grandes distâncias e não possui muitos pontos de referência, e o uso de GPS com mapa de fundo é essencial para marcação de trajetos já percorridos, agilizando o trabalho. A composição do mapa de fundo no receptor Garmim eTrex Venture HC utiliza 3 softwares: MapSource 6.11.6, MapeDecode e GPS Track Maker. Os pontos coletados com o GPS Garmim automaticamente constituem um mapa de fundo no receptor. Entretanto, pontos de referência (marcos, estradas, edificações, etc) de coordenadas conhecidas precisam ser inseridas no aparelho.

O processo adotado consistiu em:

- a) transferência dos pontos do receptor para o software GPS TrackMaker;
- b) Incorporação dos pontos de referência;
- c) Gravação do arquivo completo no GPS TrackMaker;
- d) Modificação da extensão do arquivo do GPS TrackMaker no software MapeDecode para o formato “.mps”;
- e) Exportação do arquivo completo no formato “.mps” no software MapSource, para transferência do mapa de fundo;

A tomada do ponto com GPS foi efetuada com o receptor colocado em distância aproximada de 5 cm da árvore (Figura 11) .Os pontos coletados possuíam precisão variável, indicada no visor do aparelho no momento da coleta de dados. O receptor permaneceu com as funções WAAS/EGNOS desabilitadas (não existe sinal para essas funções na área de estudos), e a precisão indicada pelo aparelho que foi de 5 a 10 metros, era anotada em cada ponto coletado e usado como referência nesse trabalho. O modelo utilizado não possui

altímetro barométrico, motivo que levou a não consideração do valor de altitude durante as medições em campo.



Figura 11 – Receptor GPS utilizado na coleta de dados

O receptor utilizado (Garmin eTrex Venture HC), segundo a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, é classificado na categoria GPS1, ou seja, posicionamento isolado, com solução de navegação instantânea baseada em código C/A sem correção diferencial. O uso de aparelhos nessa categoria (posicionamento absoluto) não é permitido para trabalhos de Georreferenciamento de Imóveis Rurais. Entretanto, para o presente trabalho, o posicionamento absoluto utilizando o GPS de navegação foi efetuado em conjunto com o DGPS. Em casos específicos de impossibilidade do uso de DGPS por condições adversas de recepção do sinal, o receptor GPS foi utilizado isoladamente. Tais situações serão discutidas em tópicos específicos neste trabalho.

#### 4.4. Coleta de dados com DGPS

A coleta de dados utilizando o receptor DGPS foi executada com base no sistema de coordenadas WGS 84 - *World Geodetic System*, que é a base do sistema GPS (ROCHA, 2000), e com procedimento mais demorado e complexo do que com o receptor de navegação. O equipamento, montado sobre bastão específico (Figura 12), era constituído de receptor, antena e cabo de conexão de antena. Opcionalmente, em algumas situações, utilizou-se um sistema de bipé para fixação do equipamento (Figura 13).

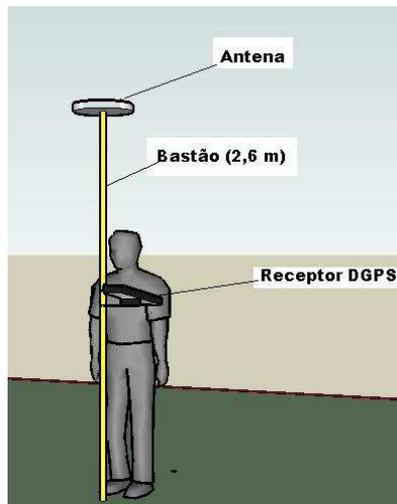


Figura 12 – Montagem do receptor DGPS



Figura 13 – Receptor DGPS fixado utilizando bipé

O sistema de posicionamento relativo utilizado no presente trabalho consistiu em bases fixas e um equipamento móvel. As bases fixas com dupla frequência (L1+L2), sob responsabilidade da empresa MANFRA, localizam-se em pontos estratégicos em vários estados brasileiros. As mais próximas da área de estudo estão posicionadas nas cidades de Guarapuava (equipamento da marca Leica, modelo GS200), Curitiba e Maringá (equipamento da marca Leica, modelo GS500), com linha de base de 80km, 130 km e 240 km respectivamente (Manfra, 2008). O equipamento móvel utilizado, de simples frequência (L1), foi da marca Leica, modelo SR 20.

O tempo de permanência sugerido em situação de difícil rastreamento é de 150 segundos, devido a possível perda de ciclos. Local com condições de recepção prejudicadas pode ser compensado com permanência de tempo maior no ponto (15 a 20 minutos), com linha de base inferior a 5 km (Farret et al., 2006), mas que não era o caso do presente trabalho. Naesset e Gjevestad (2008), utilizando receptores de dupla frequência, com permanência no ponto de 15 minutos obtiveram precisão que variou entre 0,95 a 3,48 m, com a impossibilidade de cálculo da posição em 44% das posições.

O procedimento para a obtenção do posicionamento geográfico dessas árvores foi padronizado da seguinte forma: a) Identificação da árvore através de plaqueta de identificação; b) Medição do diâmetro da copa com trena; c) Ocupação do ponto com DGPS (Leica SR20); d) Ocupação do ponto com GPS (Garmin Etrex Venture HC). Em caso de impossibilidade de obtenção de sinal favorável, ou seja, GDOP ou número mínimo de satélites insuficiente para os receptores GPS e DGPS, por um período superior a 15 minutos, em cada ponto, a ocupação era suspensa temporariamente. Neste caso, ocorriam mais duas tentativas, em dias subsequentes, sempre com período de espera de 15 minutos. Em caso de impossibilidade de posicionamento que possibilitasse cálculo diferencial (posicionamento Relativo), a posição era considerada somente baseada no posicionamento Absoluto. O receptor usado possui um sistema *ClearTrak Multipath Mitigation*, que reduz o problema do multicaminhamento de sinais (LEICA GEOSYSTEMS, 2008).

A antena utilizada foi a AT 501 Pole, fixada no bastão. A altura da antena variou entre 1,60 m e 2,60 m, devido as condições da vegetação, que nem sempre permitem a utilização da altura máxima. Os parâmetros utilizados para a coleta de dados (GDOP de valor 6 e ângulo de corte de 15°) foram selecionados com base nas indicações do fabricante do aparelho e no trabalho de Farret et al. (2006), considerando que a precisão é de 1 cm + 2ppm da distância da

linha de base em posicionamento relativo. A inicialização do receptor era efetuada estacionando-se o aparelho em um ponto, por no mínimo 9 minutos, antes de iniciar a coleta de dados no modo *Max Precision*. Na impossibilidade da obtenção do sinal sob cobertura florestal, utilizou-se também o modo *Hypertracking* como segunda opção.

As configurações mínimas do receptor (número mínimo de 4 satélites, Filtro GDOP 6 e ângulo de corte de 15°) tiveram como base o estabelecido na Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. Na impossibilidade de obtenção do sinal devido ao relevo ou densidade da cobertura florestal, o ângulo de corte era reduzido gradativamente, até 5°, uma vez que o presente trabalho não objetiva precisão padronizada. A linha de base utilizada era superior a 100 km, utilizando-se a solução “*Float*”.

Os dados gravados na memória do receptor DGPS, durante as ocupações dos pontos foram exportados no formato *Receiver INdependent EXchange Format – RINEX*. O tratamento dos dados baseou-se na solução Code (código) para todas as medições, com cálculo do resíduo para as variáveis dx, dy e dz.

#### **4.5. Processamento de pontos e edição de mapas**

O processamento das coordenadas UTM coletadas no terreno foi executado no software Leica Geo Office versão 4.0. A exportação dos dados foi efetuada no formato RINEX. Na seqüência houve a importação e conversão dos pontos utilizando o software Posição 2004, em ambiente Autocad. Com os pontos disponíveis no Autocad, foi realizado o desenho das copas. Sob cada ponto, utilizando-se a ferramenta círculo, era inserido o valor do diâmetro da copa, gerando um círculo sobre a copa. No caso de copa não circular, era efetuado o desenho de uma elipse, seguindo a orientação N-S e L-O para os raios obtidos em campo, conforme as figuras 14 e 15.

A medição do diâmetro das copas de Araucárias foi realizada em campo utilizando-se uma trena de 20 metros. O processo consistia em medir o raio da copa considerando sua projeção no solo. As medidas eram efetuadas no lado norte da árvore. Normalmente, a copa da Araucária apresenta-se no formato circular, mas, em determinadas situações em campo, observou-se o formato elipse. Nesses casos, foram efetuadas medidas do raio no sentido norte-sul e leste-oeste.



Figura 14 – Medição do raio das árvores em campo

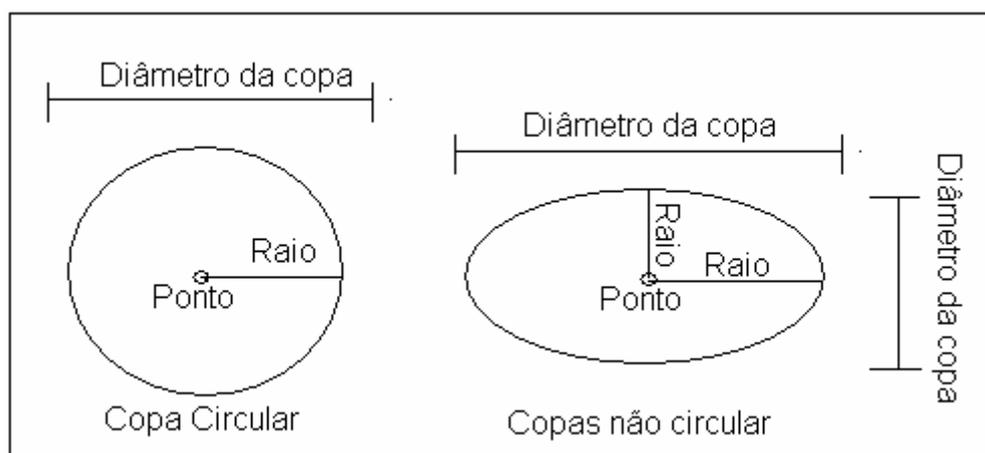


Figura 15 – Medição do raio da copa das árvores

A plotagem das copas medidas no campo foi inserida sobre a imagem Quickbird no software ArcGis 9.2, onde também foram efetuadas as verificações de Sistema de Coordenadas e Datum. A legenda final do mapa continha cinco planos de informação em formato shapefile: localização de Araucárias (somente pontos); copas dominantes; copas subdominantes; pontos coletados com GPS; pontos coletados com DGPS.

#### 4.6. Elaboração do mapa de vegetação

O mapa de vegetação do Campus Universitário de Irati foi elaborado com vetorização sobre tela, no software SPRING 5.02, utilizando a imagem Quickbird (ver Figura 09). Foram selecionadas cinco classes: vegetação rasteira (gramíneas ou vegetação em estágio inicial de regeneração), vegetação arbustiva (arbustos até 4 metros de altura ou vegetação em estágio intermediário de regeneração), vegetação arbórea (árvores com altura superior a 4 metros ou vegetação em estágio avançado de recuperação), pavimento e edificações (figura 16).

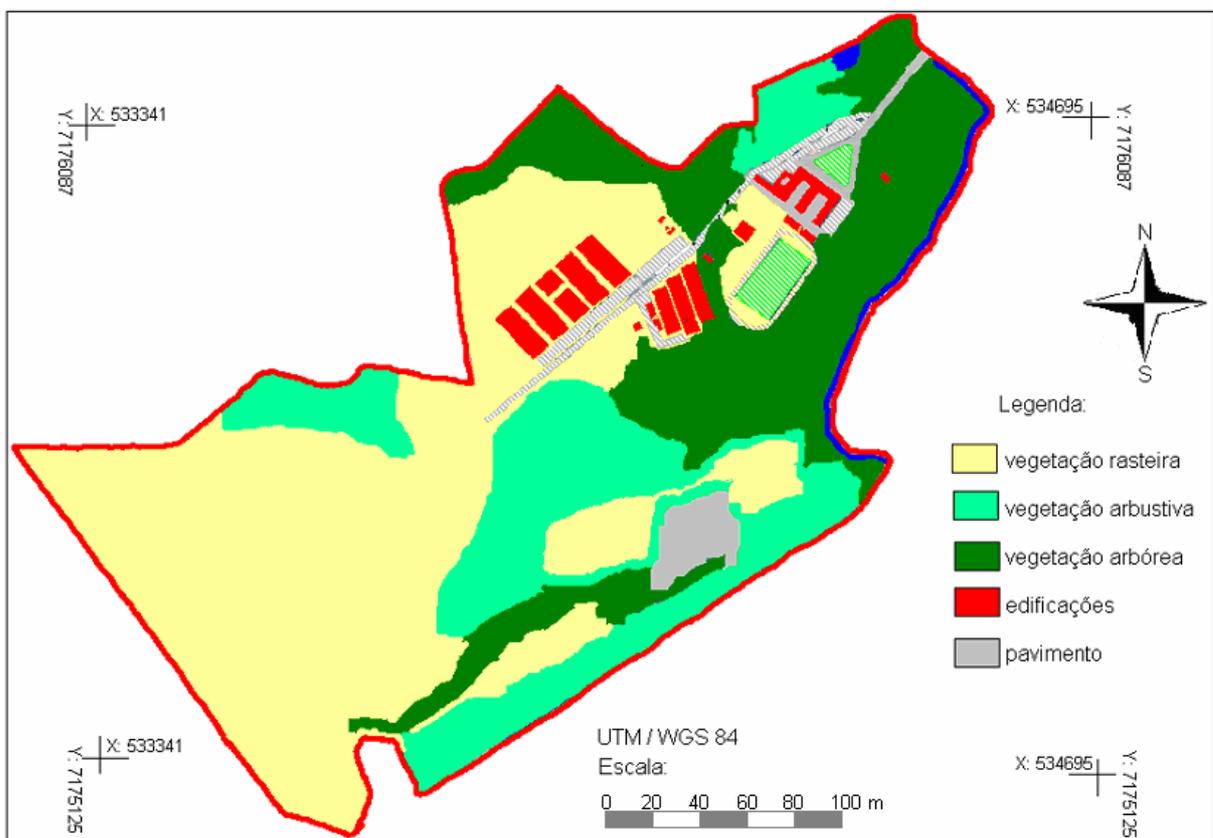


Figura 16 – Mapa de vegetação do Campus Universitário de Irati, elaborado utilizando a imagem Quickbird.

#### 4.7. Elaboração do mapa de área Basal

O mapa de área basal do Campus Universitário de Irati foi elaborado com base no mapa de vegetação e utilizando princípios de relascopia. Foram determinados 100 pontos amostrais, distribuídos no campus sistematicamente, com equidistância mínima entre pontos de 50 metros. Os pontos, colocados sobre a grid de coordenadas UTM, foram inseridos no receptor GPS Garmin Etrex Venture HC, como mapa de fundo.

O procedimento de determinação de área basal utilizou uma Barra de *Bitterlich*, baseando-se no princípio de que a área basal por unidade de área pode ser expressa em função do diâmetro das árvores, suas distâncias em relação ao centro da amostra e os correspondentes ângulos proporcionados por qualquer bitola angular. Em resumo, o número de árvores contadas em um giro de 360° a altura do peito e observados a partir de um ponto fixo, superiores ao ângulo de projeção constante são proporcionais à área basal por unidade de terra (Figura 17) (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2006).

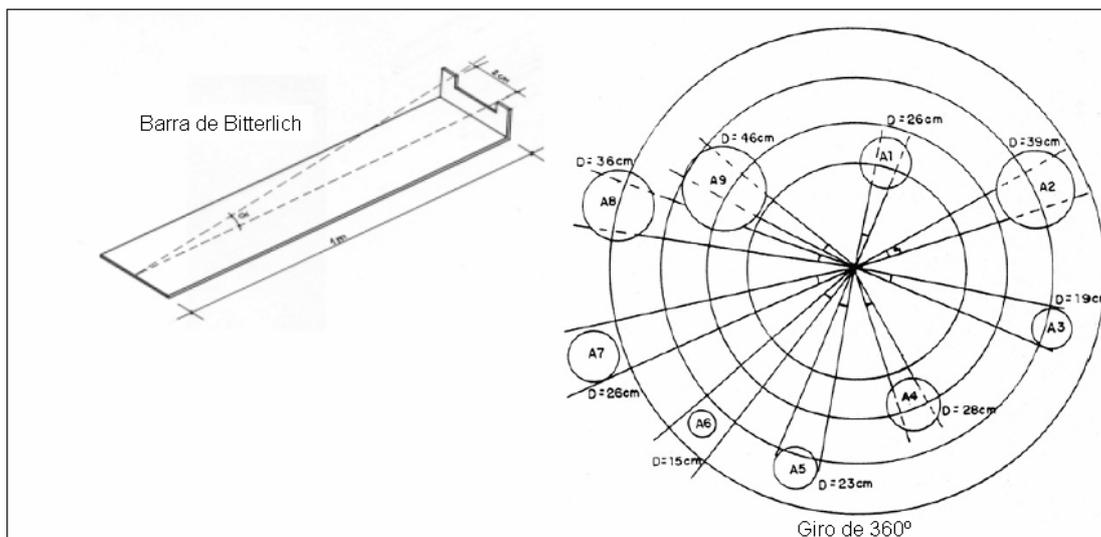


Figura 17 – Barra de Bitterlich

Fonte: Adaptado de Encinas et al. 2002.

A Barra de *Bitterlich* utilizada, possui 25 cm de comprimento e abertura da mira de 1 cm, e a fórmula aplicada foi  $G = KN$  (  $G$ = área basal;  $K$ = fator de área basal;  $N$ = número de árvores contadas na amostra), com  $K = 1$ . Entretanto, ressalta-se que grande parte da área do campus possui vegetação rasteira, sem presença de árvores. Foram amostrados 10 pontos na

área de vegetação rasteira e 85 pontos na área de vegetação arbustiva e arbórea, conforme indica a figura 18. Os valores de área basal obtidos subsidiaram a elaboração do mapa de área basal do campus, produzido através do procedimento de Krigagem do *software* SPRING 5.02.

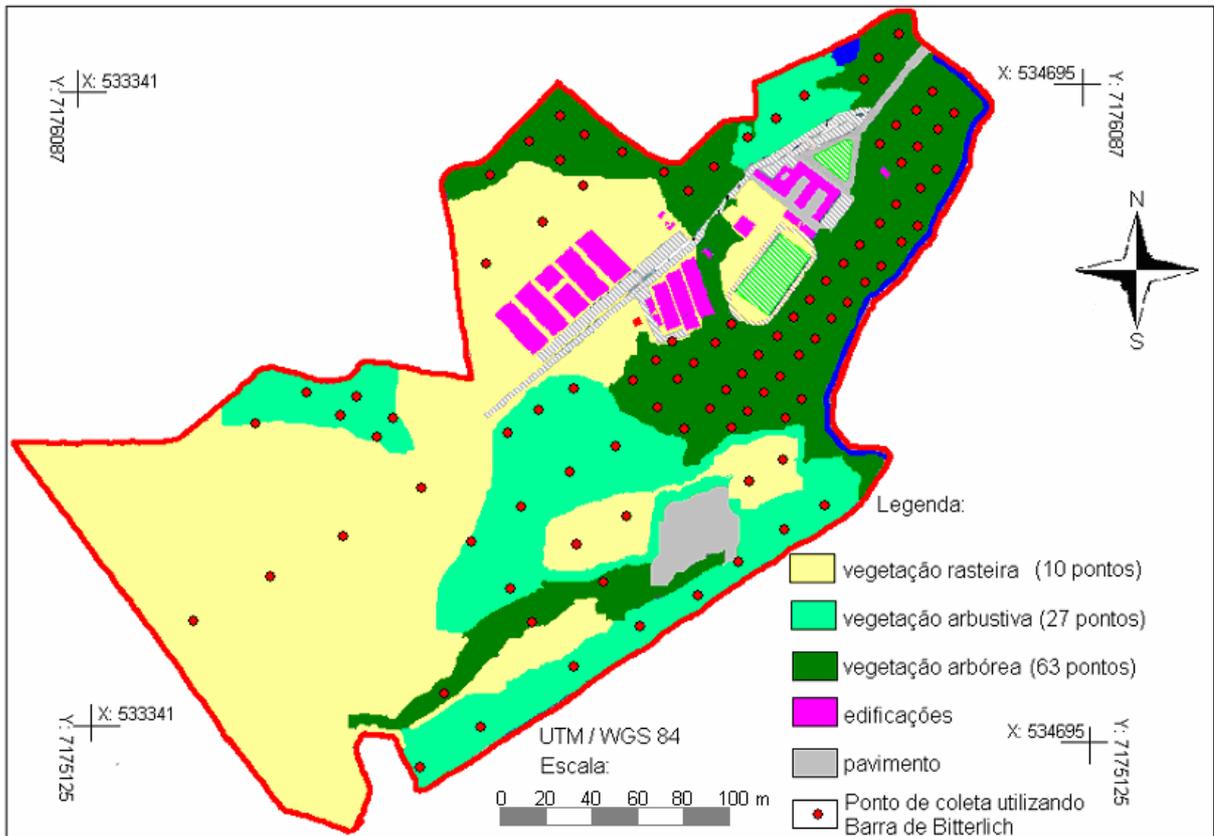


Figura 18 – Localização dos pontos amostrais para determinação da área basal

#### 4.8. Produção de mapas de declividade

O mapa de declividade foi elaborado utilizando-se o *software* SPRING 5.02, com o uso de curvas de nível de metro em metro (figura 19), produzidas a partir de fotografias aéreas métricas 1:8.000, abrangendo toda a área de estudo. A grade utilizada para geração do mapa de declividades considerou resolução de 1 metro ( $X=1$  e  $Y=1$ ). A figura 20 apresenta o mapa de declividade da área de estudo.

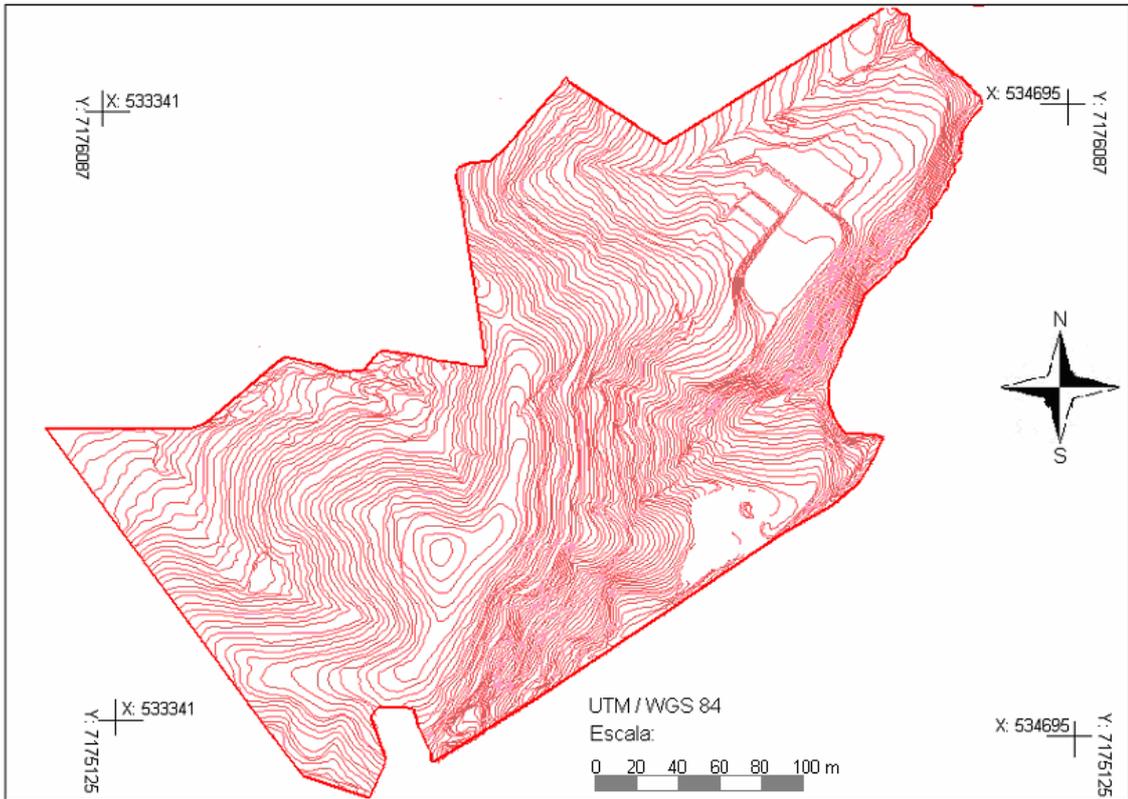


Figura 19 – Mapa de Curvas de Nível da área de estudo

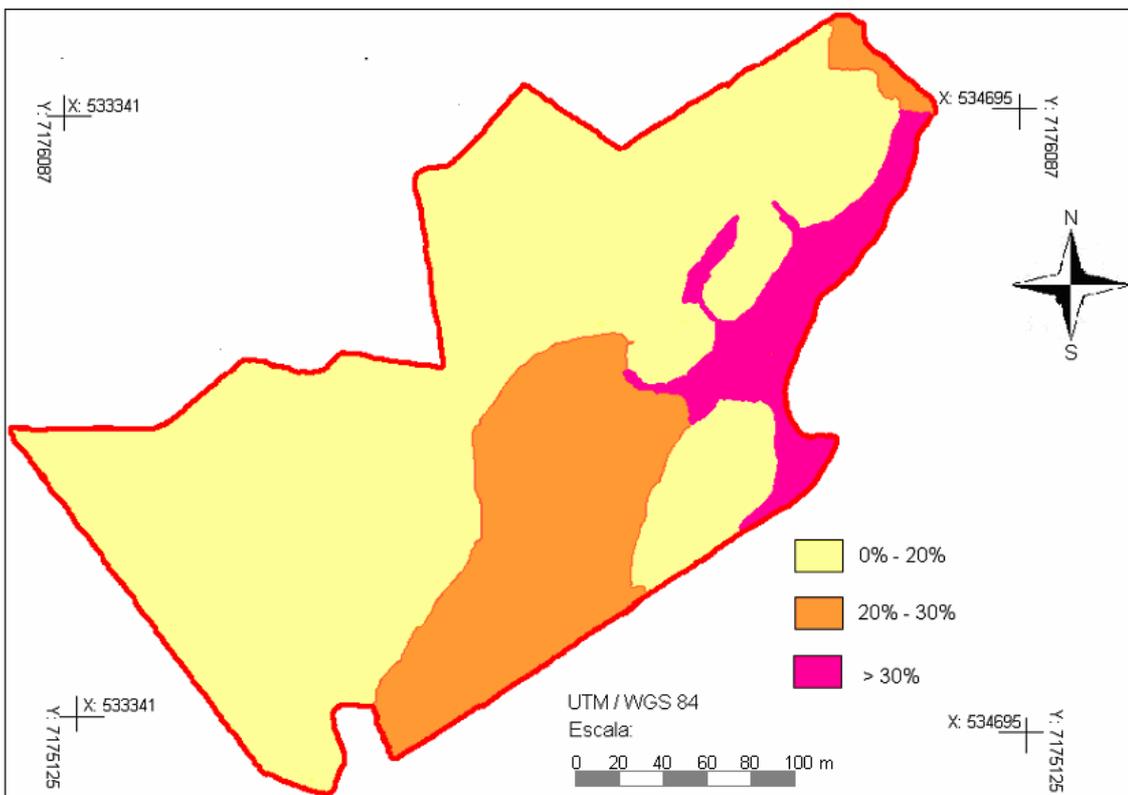


Figura 20 – Mapa de Declividade da área de estudo

#### **4.9. Interpretação das imagens**

A interpretação da imagem foi realizada no software SPRING 5.02. O procedimento consistiu em criação de um banco de dados e projeto contendo a imagem Quickbird/colorido normal e o limite da área de estudo.

As Araucárias foram separadas em duas classes distintas: dominantes e subdominantes. Ambos os termos dominantes e subdominantes referem-se basicamente a possibilidade ou não de identificação da estrutura da copa na imagem de satélite. Uma árvore dominante caracteriza-se por possuir uma copa que ocupe os estratos superiores da floresta. Uma árvore subdominante ou dominada possui copa abaixo do extrato superior da floresta, condição que pode não possibilitar a individualização de sua copa na imagem de satélite.

A interpretação consistiu na delimitação, utilizando as ferramentas de edição vetorial do SPRING, das copas de Araucária identificáveis na imagem, por três intérpretes com conhecimento de fotointerpretação e processamento digital de imagens. Aos intérpretes, coube a tarefa de identificar e delinear as copas de Araucárias (isoladas ou em bloco), utilizando livremente a ferramenta zoom, mas sem alteração no contraste da imagem. Como ferramenta adicional foi utilizando um monitor convencional de 20 polegadas (para o primeiro interprete) e um monitor LCD acoplado a um projetor multimídia para o segundo e terceiro interpretes. Os resultados foram colocados em planos de informação distintos, sendo que nenhum dos interpretes teve acesso ao plano de informação contendo os pontos ou outras interpretações.

A comparação entre as interpretações e dados coletados em campo foi feita no software SPRING, considerando: erro de omissão (copas de Araucárias), erro de comissão (delimitação de copas referentes a outras espécies florestais), área de copa, separação de copas individuais e identificação de árvores agrupadas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Mapa de Araucárias do Campus Universitário de Irati

O Mapa de Araucárias do Campus Universitário de Irati foi elaborado com base na coleta de dados em campo da localização das 264 Araucárias, com GPS e DGPS e também com a medição dos raios das copas utilizando trena. A figura 21, apresenta o mapa de distribuição de Araucárias elaborado na área de estudo.

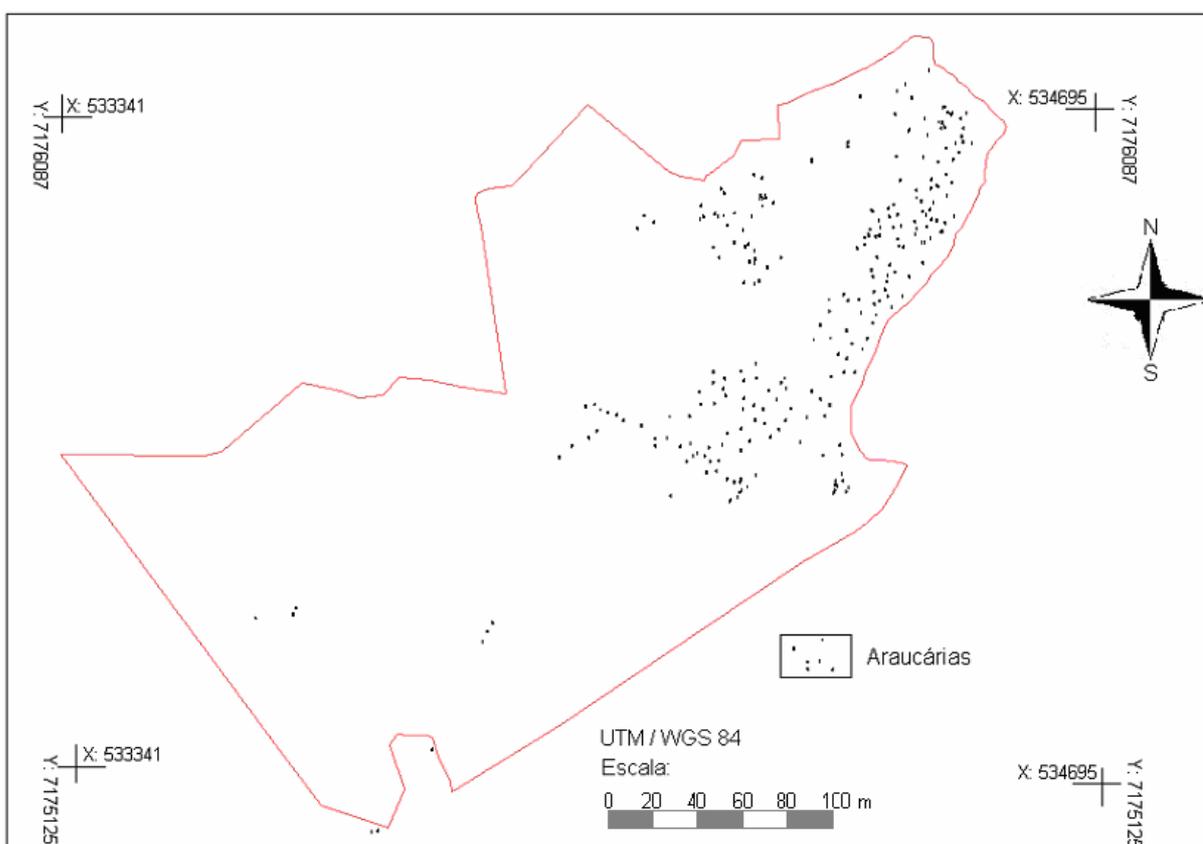


Figura 21 – Mapa de Araucária elaborado com GPS/DGPS

### 5.2. O posicionamento de árvores com DGPS

O presente estudo utilizou como base fixa as estações de monitoramento contínuo da empresa MANFRA localizadas nas cidades de Guarapuava, Curitiba e Maringá. Foram ocupados 264 pontos com o equipamento SR20, sendo que a recepção de sinal DGPS só foi

possível em 141 pontos (ou 53,4% do total) (figura 22), com processamento executado utilizando dados da base fixa de Curitiba (132 pontos) e Maringá (9 pontos).

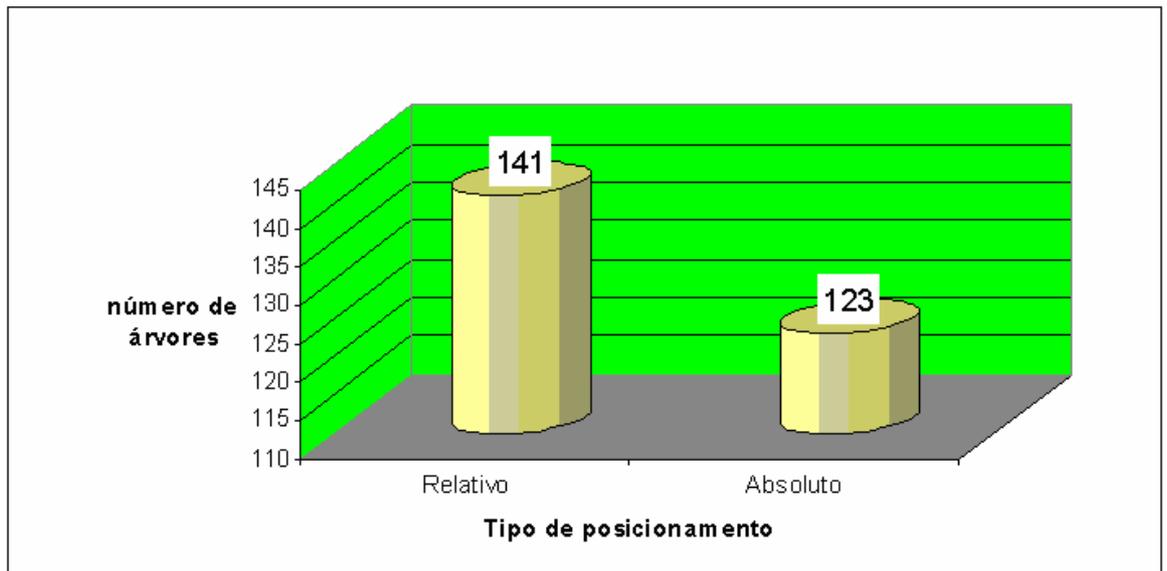


Figura 22: Ocupação de pontos utilizando posicionamentos Relativo e Absoluto

O posicionamento relativo dependia de basicamente três fatores: obtenção do sinal, GDOP < 6 e número de satélites igual ou superior a 4. Um quarto fator que pode ser incluído diz respeito a cobertura vegetal, responsável pela interrupção do sinal em determinados momentos. O posicionamento absoluto era dependente somente do número de satélites, igual ou superior a 4. A figura 23 ilustra períodos de interrupção da recepção do sinal devido obstruções nas proximidades da antena do receptor.

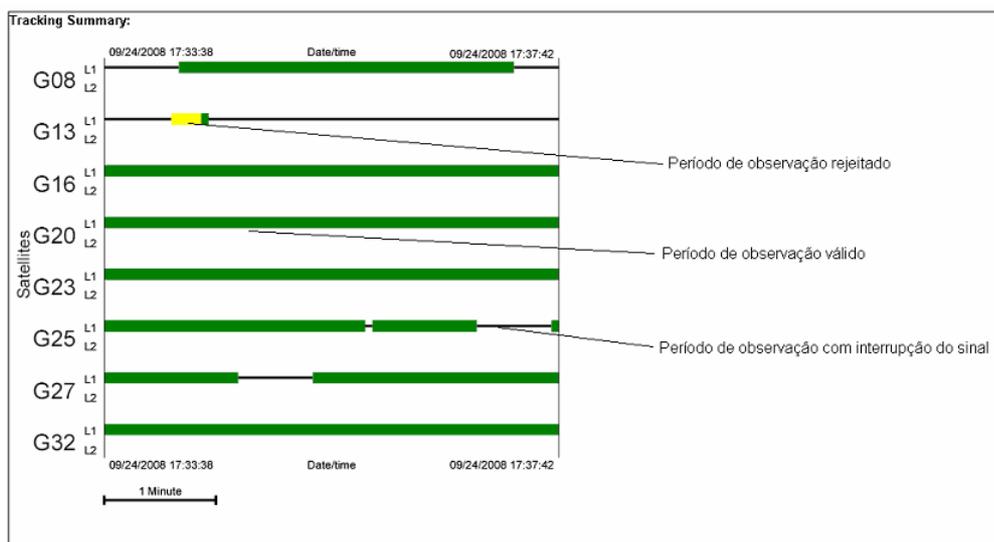


Figura 23 – Relatório de recepção do sinal do satélite no momento do rastreamento pelo receptor

A recepção do sinal dos satélites pela antena do DGPS pode sofrer interrupções, devido as obstruções causadas por obstáculos, tais como edificação e a vegetação. Obstruções semelhantes ocorridas na recepção do sinal são relatadas em trabalho realizado pela FUNDEP/UFMG (2006). No presente trabalho, um dos fatores de obstrução do sinal era o fuste (tronco) da árvore, conforme indica a figura 24. O multicaminhamento de sinais, resultante da reflectância das ondas na vegetação superior, também é um dos fatores de obstrução.

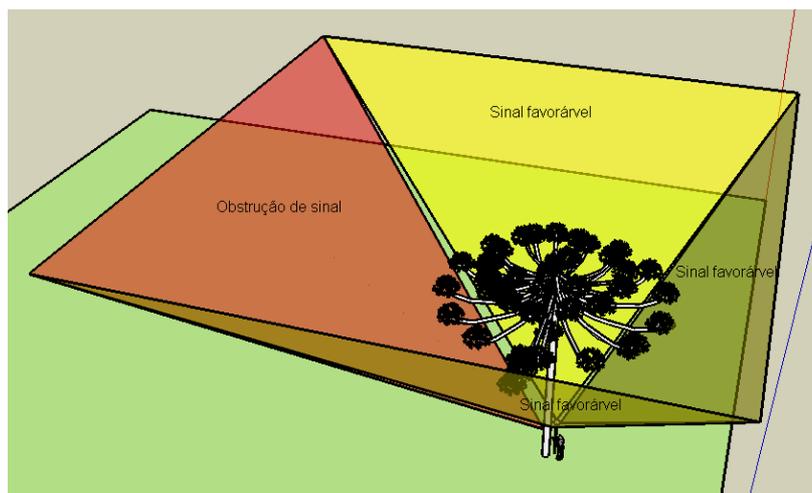


Figura 24 – Obstrução do sinal pelo tronco da árvore

Observando a figura 24 pode-se verificar que o posicionamento da antena do equipamento DGPS ao lado do tronco da árvore, ocasiona uma obstrução do sinal. Em uma situação ideal, a antena deveria ser posicionada acima do obstáculo, ou seja, acima copa da árvore, reduzindo o efeito do multicaminhamento devido aos galhos, acículas. A obstrução do sinal reduz o número de satélites disponíveis, reduzindo assim a capacidade de utilização de valores de GDOP baixos. As copas das árvores causam a obstrução dos sinais dos satélites e favorecem o multicaminhamento. A interrupção pela vegetação é destacada no trabalho de Lohani e Kumar (2006), assim como a interrupção dos sinais pelo relevo. Na área de coleta de dados, a consideração da densidade da vegetação foi pela área basal (G), utilizando-se o método de Bitterlich (MACHADO e FIGUEIREDO FILHO, 2006).

Existiam locais onde as Araucárias se encontravam isoladas ou em áreas onde os valores de área basal eram de  $< 1\text{m}^2/\text{ha}$ . Em outros locais, a área basal era superior a  $25\text{m}^2/\text{ha}$ . Entretanto, mesmo em áreas de elevados valores de G, ocorria recepção de sinal e

possibilidade de posicionamento relativo. Considerando a distribuição de Araucárias no Campus, existem 264 árvores.

Entre as dificuldades encontradas no trabalho de campo, além da perda de sinal e GDOP insuficiente, ocorreram alguns problemas relacionados a fatores naturais. A estrutura do bipé teve que ser retirada do equipamento em alguns pontos, devido a problemas com cipós e vegetação rasteira. O transporte do equipamento ligado (Bastão + receptor) ocupa as duas mãos do operador, dificultando o deslocamento em locais de mata fechada. A opção mais segura de transporte do equipamento por longas distâncias (mais de 200 metros) na floresta é o desligamento do aparelho, porém, nesse caso é necessário fazer novo ponto de inicialização com permanência média de 10 minutos no ponto.

Em 123 árvores (46,6% do total), nas três tentativas ou revisitas não foi possível a obtenção de parâmetros mínimos que possibilitassem o cálculo diferencial. O uso do GPS de navegação (Etrex Venture HC) possibilitou a obtenção de posicionamento em todos os pontos, independentemente da declividade da área ou cobertura florestal. A figura 25 apresenta a localização das árvores onde não foi possível posicionamento relativo, obtendo-se então o posicionamento absoluto.

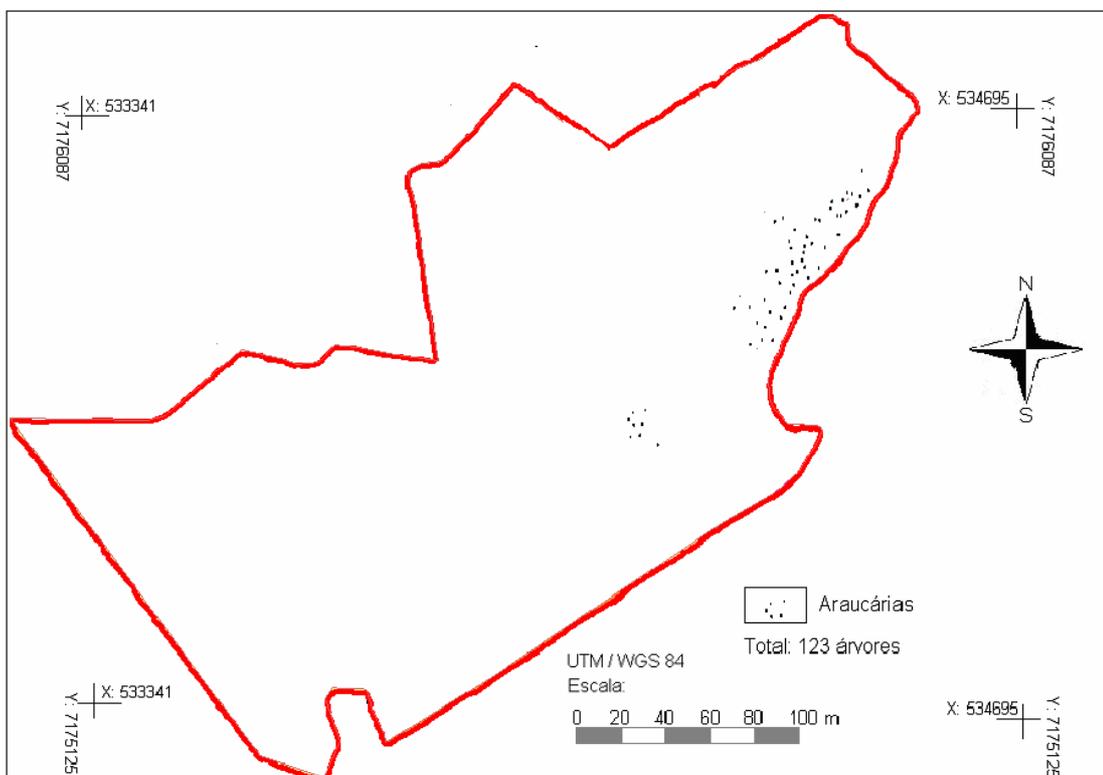


Figura 25 – Posicionamento Absoluto das Araucárias no Campus Universitário de Irati

### 5.3. Posicionamento relacionado a situação das copas das Araucárias

Após efetuados 141 posicionamentos relativos, pode-se verificar que em 17 situações as copas eram co-dominantes, e em 124 situações as copas eram dominantes. No posicionamento absoluto, constatou-se que 17 árvores eram subdominantes e 106 possuíam condição de dominância. Considerando o total de árvores, 34 são subdominantes e 230 são dominantes (figura 26). O ANEXO I apresenta uma lista com o posicionamento de todas as árvores referidas neste estudo.

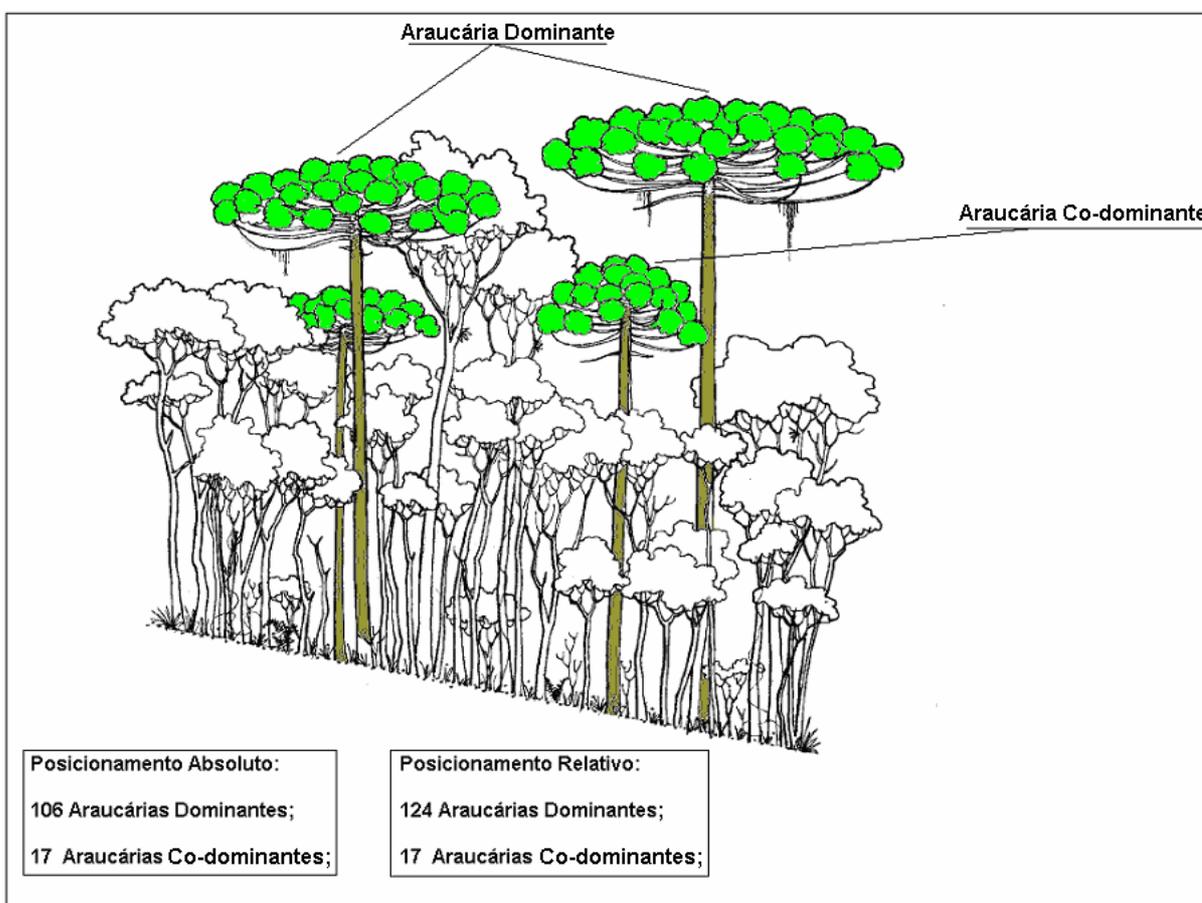


Figura 26 – Situação das copas das Araucárias em relação ao posicionamento

Fonte: Adaptado de Seger et al. (2005)

Pode-se concluir que, na área de estudos 88% das Araucárias possuem DAP superior a 10 cm, com copas atingindo os estratos superiores da floresta. As Araucárias co-dominantes representam 12% das árvores, e constituídas por árvores adultas.

#### 5.4. Posicionamento das Araucárias relacionado a declividade da área

A declividade da área de estudo é bastante diversificada, com predominância de áreas de baixa declividade e ocorrência de locais onde os valores do declive atingem 40% ou mais. Em relação ao posicionamento das Araucárias houve uma grande influência do relevo, representado pela declividade da área. Devido à situação da área de estudo, altamente antropizada em alguns locais, mas com características de floresta natural em alguns pontos, e a disposição não homogênea das Araucárias no terreno, pode-se observar uma predominância de árvores em locais de alta declividade. A figura 27 apresenta a localização das Araucárias, com base no mapa de declividades.

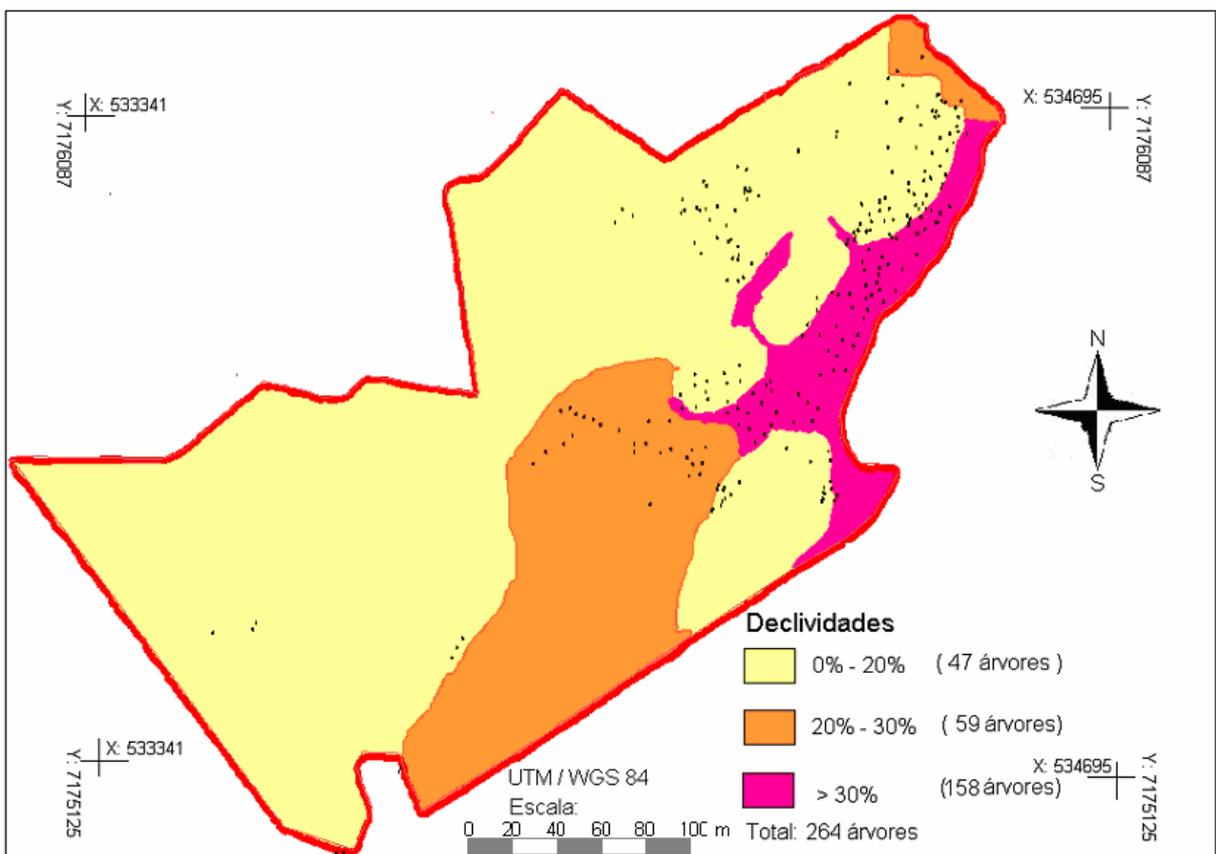


Figura 27 – Localização das Araucárias em relação à declividade

Considerando-se o total de Araucárias existentes na área de estudo (264 árvores), a maioria ocorre na região de maior declividade. Em percentuais, 59,8% das árvores consideradas no estudo estão em locais onde os valores de declividade estão acima de 30%;

na área intermediária, com declividades de 20 a 30%, estão localizadas 22,4% das árvores; e em regiões mais planas (abaixo de 20%), localizam-se 17,8% das árvores.

Em termos de posicionamento relativo, a figura 28 apresenta a localização das árvores onde foi possível a obtenção do posicionamento relativo, em relação às classes de declividade.

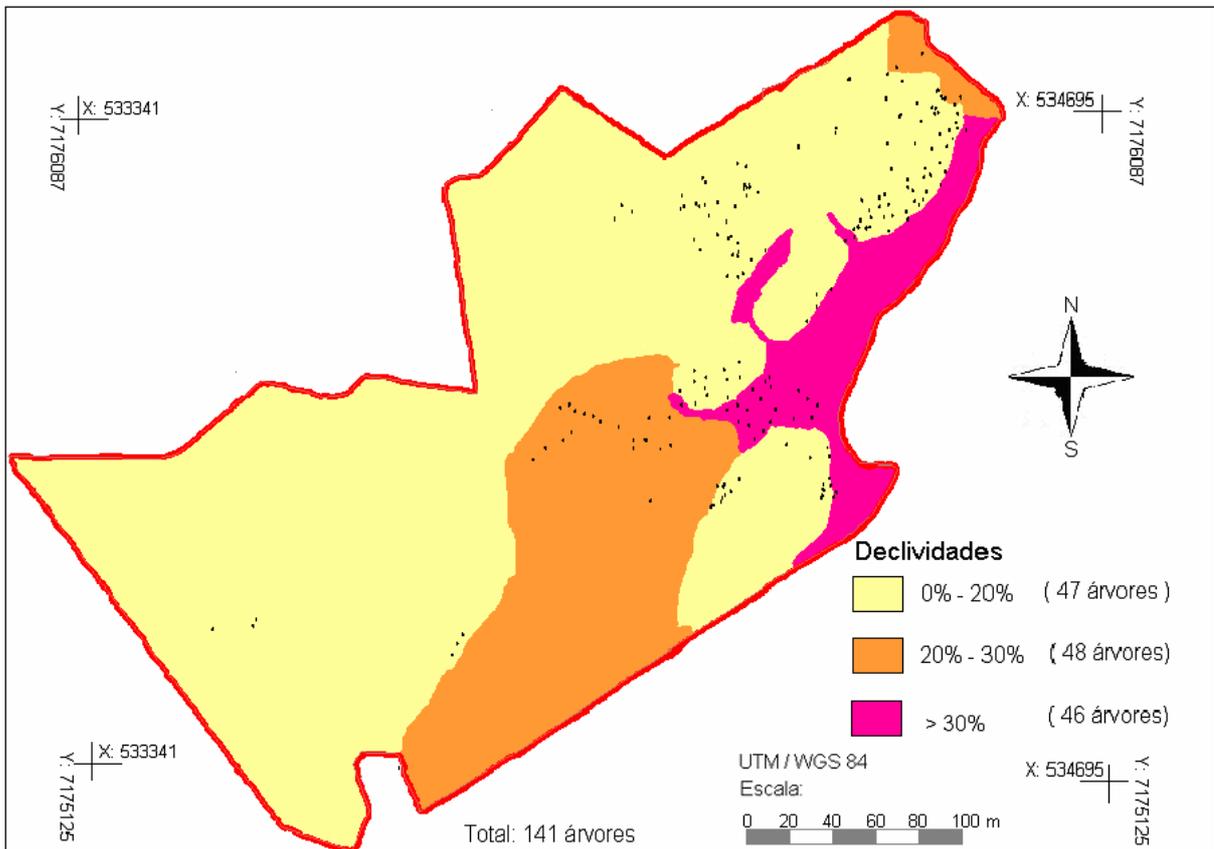


Figura 28 – Localização das Araucárias relativas à declividade

O posicionamento relativo é dependente de vários fatores como número mínimo e geometria de satélites, ângulo de corte e tempo de permanência no ponto. Além desses fatores é preciso realizar um processo de inicialização do aparelho, permanecendo estacionado em um ponto sem cobertura vegetal por 10 minutos. Nas áreas de menor declividade, 100% das Araucárias possibilitaram o cálculo diferencial, ou seja, possibilitaram posicionamento relativo. Na área de declividade intermediária, 81% das árvores (48 de 59 árvores) possibilitaram o posicionamento relativo. Na área de maior declividade, 29% das árvores possibilitaram o posicionamento relativo. A questão do relevo como fator interveniente na recepção dos sinais de satélite também foi destacada por Ângulo Filho et al. (2002).

O posicionamento absoluto obtido com receptor Etrex Venture HC foi possível em todos os pontos, inclusive nas áreas de maior declividade, com variação de precisão de 5 a 11 metros (valor informado pelo receptor no momento da ocupação do ponto). A figura 29 apresenta os pontos onde não foi possível obtenção de posicionamento relativo.

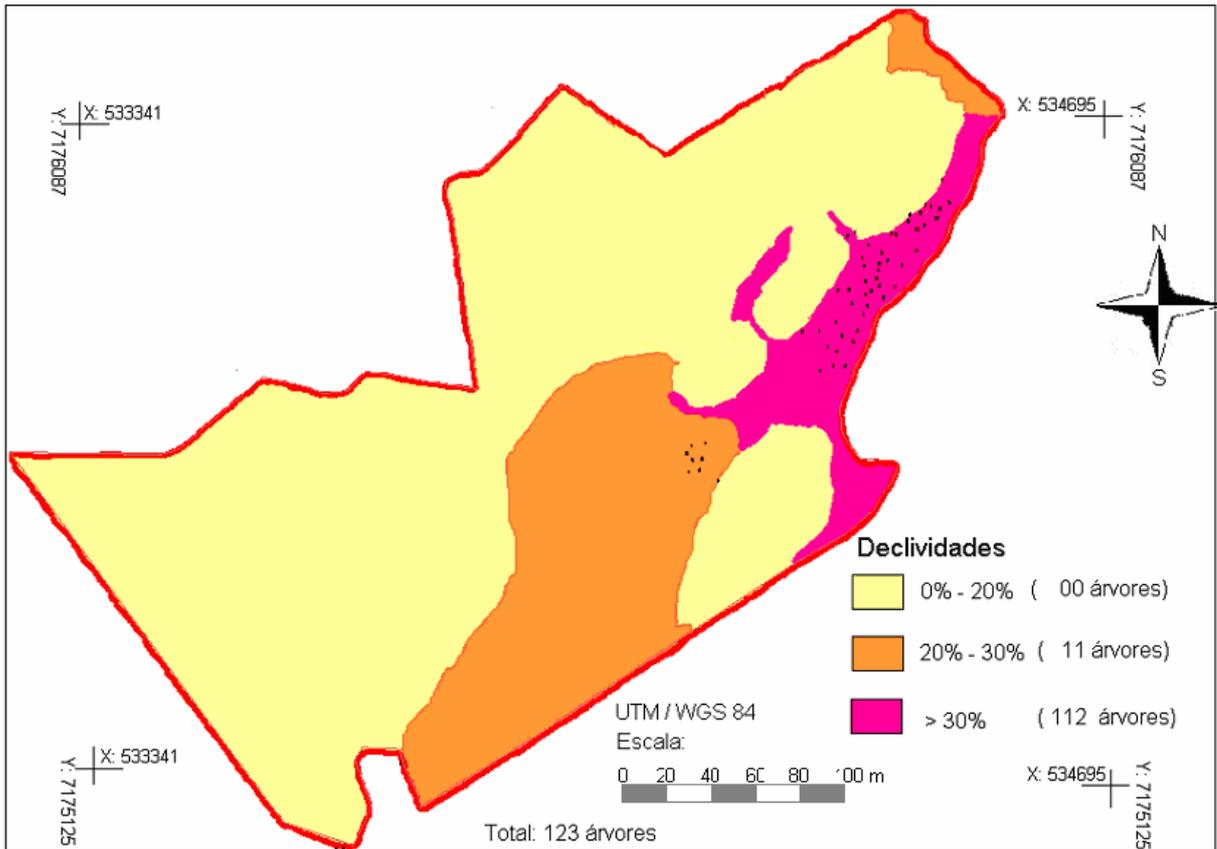


Figura 29 – Posicionamento absoluto das Araucárias no Campus Universitário de Irati Observando os valores de declividade

### 5.5. Posicionamento relacionado a Área Basal ( $m^2/ha$ )

A cobertura vegetal influencia a recepção dos sinais de satélites do sistema GPS. Sob cobertura vegetal foi necessário utilizar o modo *Hyper Tracking* do receptor DGPS SR 20. Sob essas condições, o multicaminhamento aumentou e a interrupção de sinais foi constante. O receptor de navegação (*Etrex Venture HC*) utilizado no estudo foi concebido para trabalhar

nessas condições, com antena de grande sensibilidade, obtendo, segundo informação do fabricante e confirmado no presente trabalho, bom desempenho sob cobertura vegetal.

A densidade da cobertura florestal, expressa pelos valores de área basal, é apresentada na figura 30, com a distribuição de todas as Araucárias.

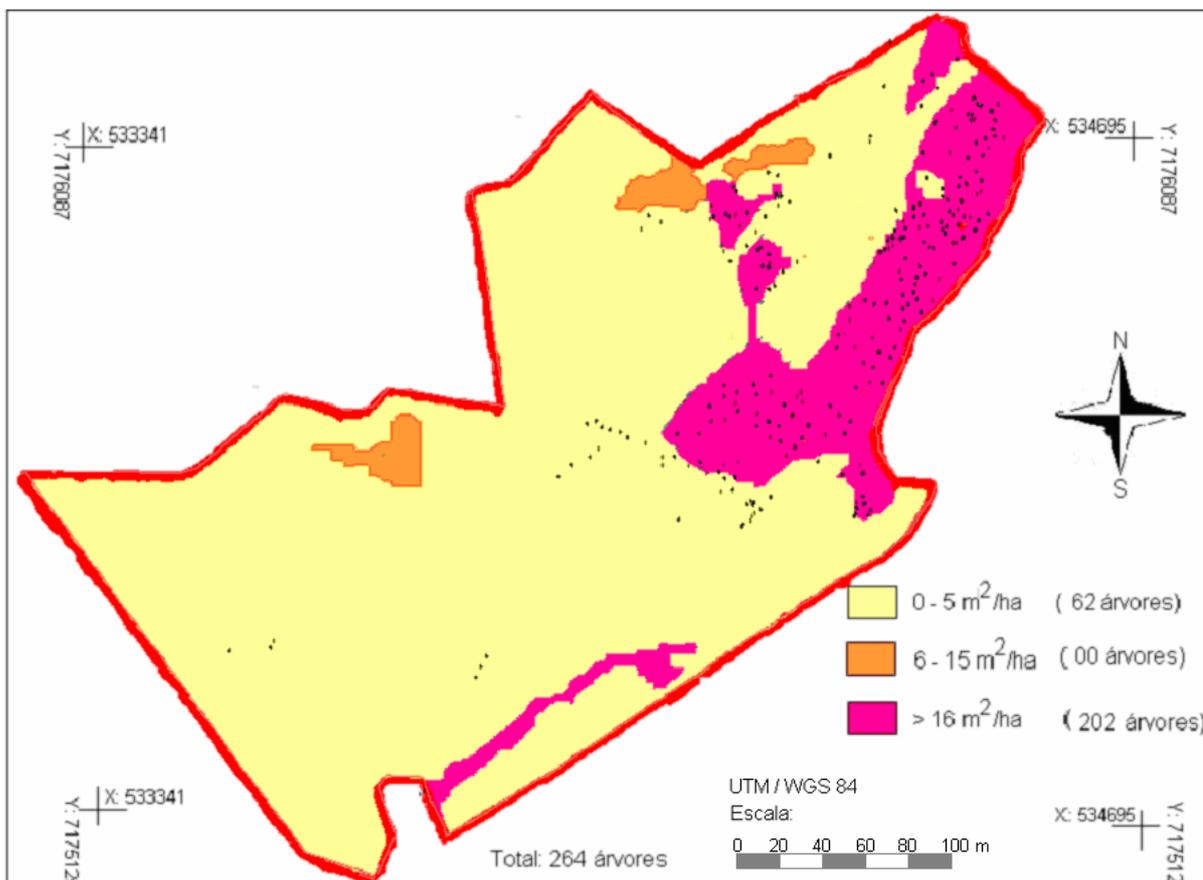


Figura 30 – Distribuição das Araucárias em relação a área basal da área de estudo (m²/ha)

A grande maioria das Araucárias (76%) localiza-se em área de área basal acima de 16 m²/ha. O restante apresenta-se em áreas de baixa densidade ou locais de vegetação em estágio primário ou secundário de regeneração. Salienta-se que a produção do mapa de área basal foi efetuada com a Barra de Bitterlich, com K=1. Os valores de área basal na área de estudo apresentam um máximo de 35 m²/ha, enquanto que em outras áreas (por exemplo, a Floresta Nacional de Irati, distante 20 km da área de estudo) freqüentemente os valores são superiores a 36m²/ha.

O posicionamento relativo foi possível em 141 árvores (Figura 31), sendo que 56 árvores (90% do total nessa classe de vegetação) encontram-se em locais de baixos valores de

área basal. Na área de valores elevados de área basal, foi utilizado o posicionamento relativo para 85 árvores (42% do total nessa classe).

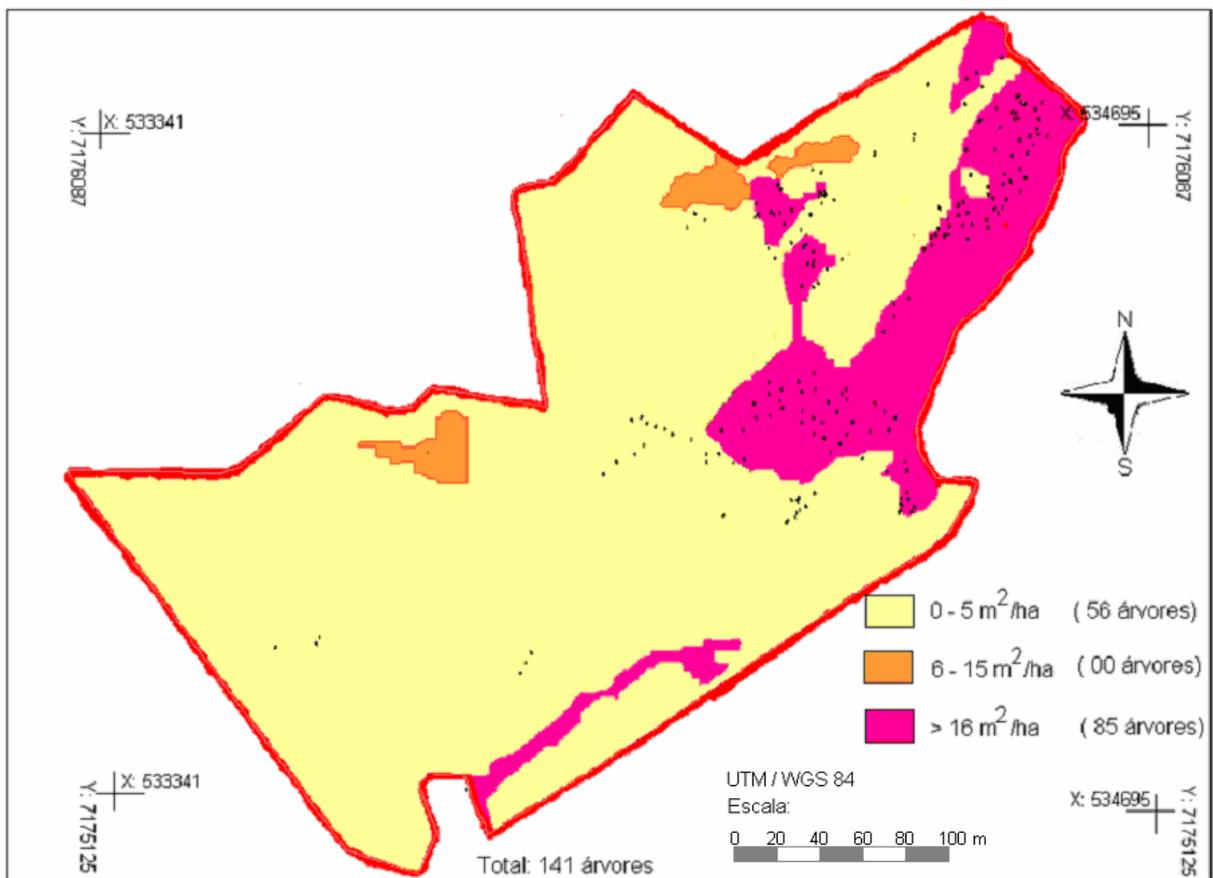


Figura 31 – Posicionamento relativo relacionado a área basal (m<sup>2</sup>/ha)

O posicionamento absoluto foi possível em 85 locais com área basal elevada e 56 locais com área basal baixa. Essa opção foi utilizada para 123 árvores, sendo a grande maioria em locais de altos valores de área basal, conforme apresenta a figura 32.

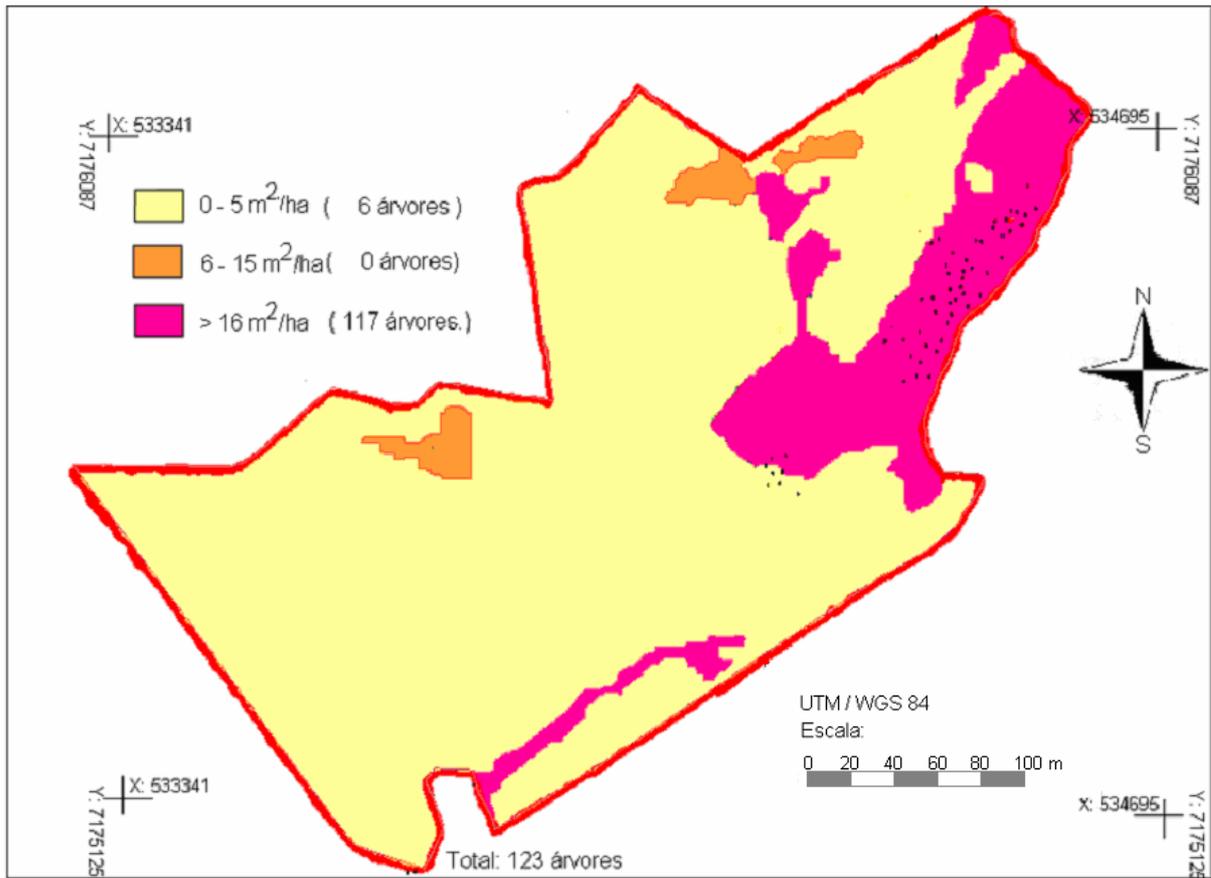


Figura 32 – Posicionamento absoluto de árvores em áreas que apresentaram impossibilidade de obtenção de posicionamento relativo

### 5.6. Relevo e cobertura vegetal relacionada ao posicionamento relativo

A utilização de ferramentas como cruzamento de planos de informação, no software SPRING, permitiu obter informações derivadas de dois planos de informação. A figura 33 apresenta a ocorrência de Araucárias na área de maior declividade (>30%) e maior área basal (> 16m<sup>2</sup>/ha).

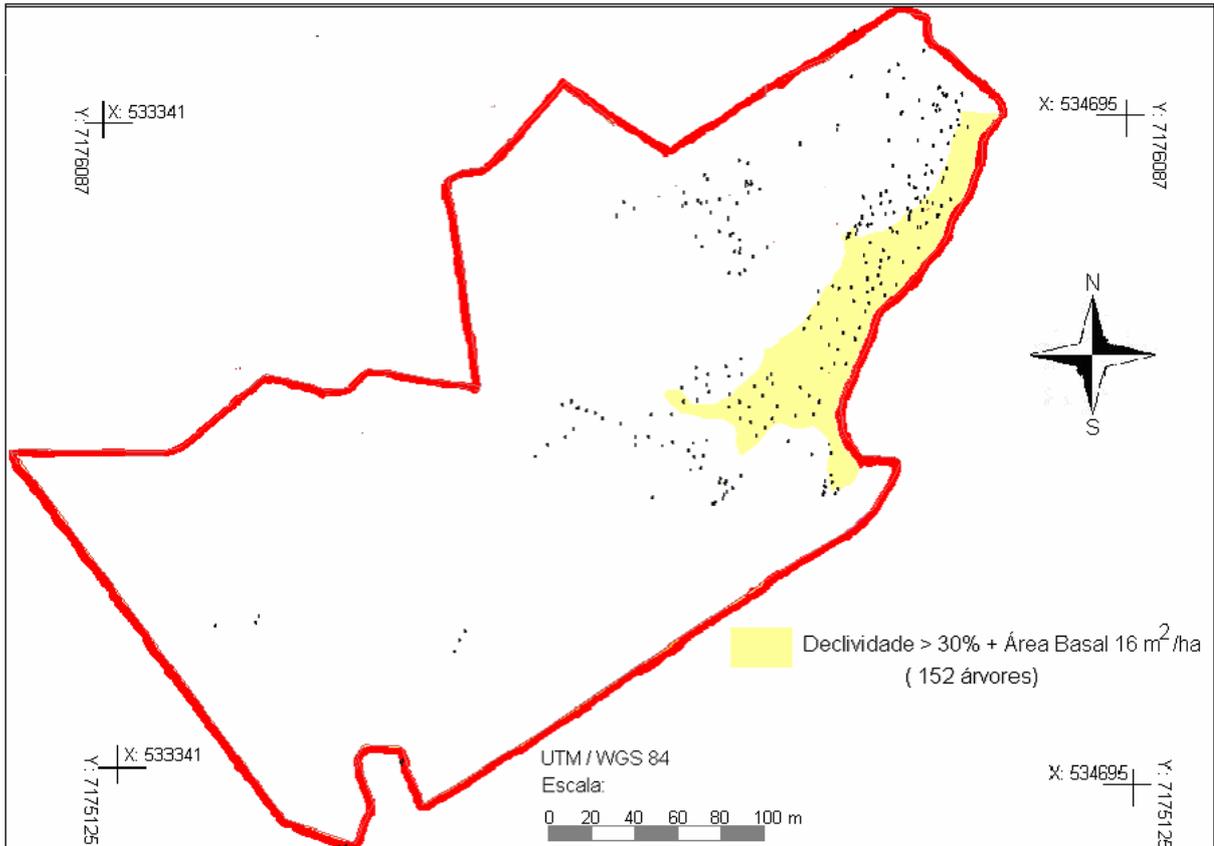


Figura 33 – Região de ocorrência de maiores valores de área basal associada a altas declividades

Os locais onde ocorrem altas declividades associado a de valores elevados de área basal, apresentou a ocorrência de 152 Araucárias. Desse total, o posicionamento relativo foi possível em 38 árvores, enquanto o posicionamento absoluto foi necessário em 114 ocupações. A associação dos dois fatores afetou de forma decisiva o posicionamento relativo, pois a impossibilidade de obtenção de baixos valores de GDOP impossibilita o cálculo diferencial.

A declividade apresentou interferência na possibilidade de obtenção de posicionamento relativo. A situação apresenta-se de forma mais proeminente quando ocorre associação de declividades elevadas (> 30%) e valores de área basal elevada (>16m<sup>2</sup>/ha). O posicionamento absoluto não é inviabilizado pela declividade e densidade da florestal, ocorrendo apenas redução da precisão. O presente trabalho foi executado com permanência de 150 segundos no ponto, baseado no trabalho de Farret et al. (2006). A permanência no ponto por um período maior de tempo pode apresentar resultados diferentes.

## 5.7. Fotointerpretação

A localização e a delimitação das copas de espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista, principalmente a Araucária, podem ser feitas em fotografias aéreas ou imagens satelitárias de altíssima resolução usando ferramentas de processamento digital de imagens.

A imagem colorida normal do Quickbird-2, fusionada (multiespectrais + pan), com resolução espacial de 61 cm, foi disponibilizada para três interpretes em ambiente do SPRING. A utilização de mais do que um interprete não é muito comum em trabalhos fotointerpretativos assim como em processamento digital de imagens, mas ocorre devido a natureza de alguns trabalhos, como o de Marceal et al. (1998), onde os resultados de dez interpretes foram analisados quanto a forma e a variação dos contornos das copas. Nesse sentido também, Disperati e Skalski Junior (1989) utilizaram três interpretes na delimitação de copas de Araucária em fotografias aéreas em escala 1:2.000 e 1:8.000 de um mesmo local.

No Campus foram posicionadas geograficamente 264 Araucárias, sendo que destas 230 apresentam a copa dominante (ascendem aos estratos superiores da floresta) e 34 apresentavam copas consideradas co-dominantes e 5 árvores estavam em áreas recobertas por nuvens (localizadas no extremo sul da imagem), portanto dificilmente seriam delineadas individualmente nas interpretações. Desse modo, o número possível de copas de araucária a serem marcadas seria 225 ( $264 - 34 - 5 = 225$ ).

As interpretações realizadas pelos interpretes são mostradas nas figuras 34, 35 e 36 e nas quais está inserida também o número de copas delineadas. Salienta-se que a análise das interpretações foi feita digitalmente e, portanto com muito mais informações no que tange às copas delineadas do que nas figuras apresentadas e nas quais devido a escala de apresentação final (1:7.500) ocorreu a junção de diversas copas. Para visualizar todas as copas medidas no terreno, sem nenhum recobrimento entre elas, seria preciso imprimir o mapa em escala 1:1.000.

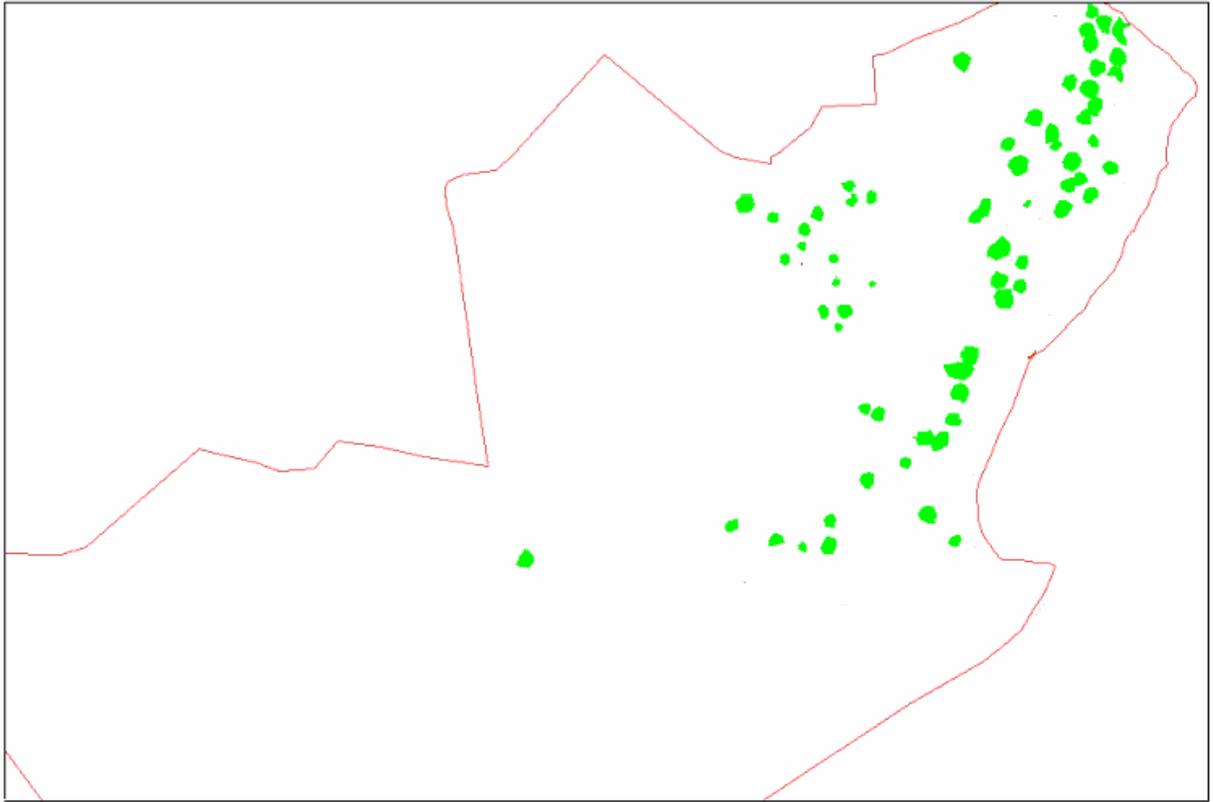


Figura 34 - Interpretação de copas realizada pelo fotointerprete 1 (91 copas)

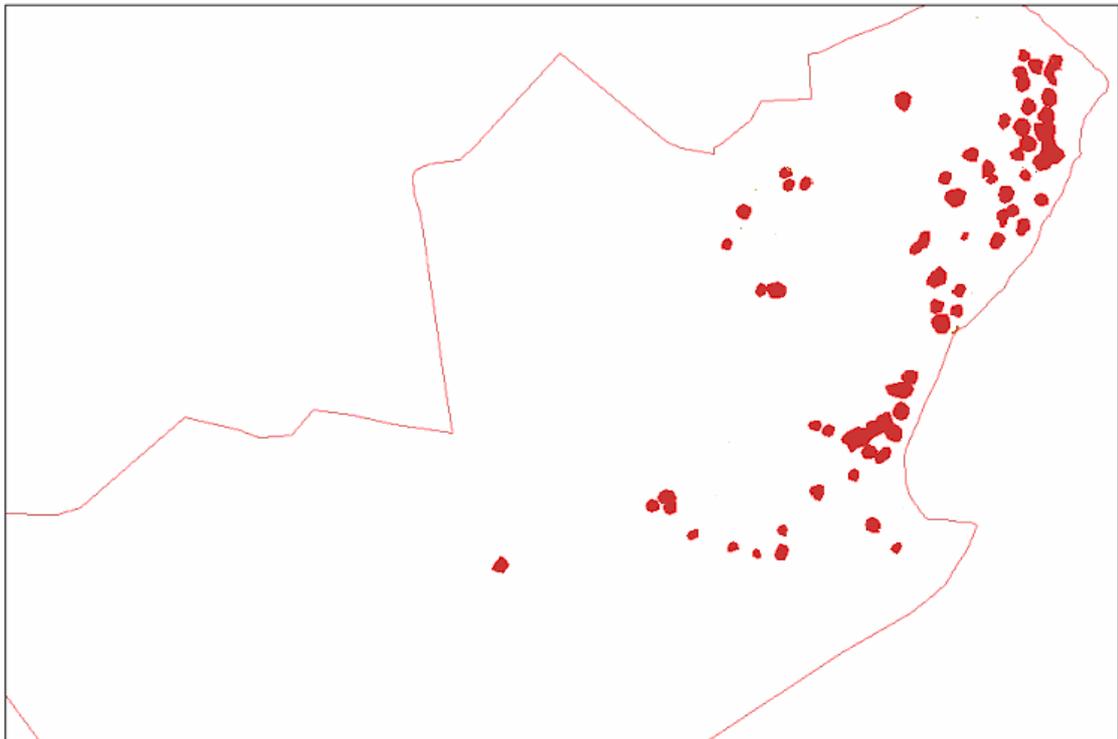


Figura 35 – Fotointerpretação realizada pelo fotointerprete 2 (92 copas)

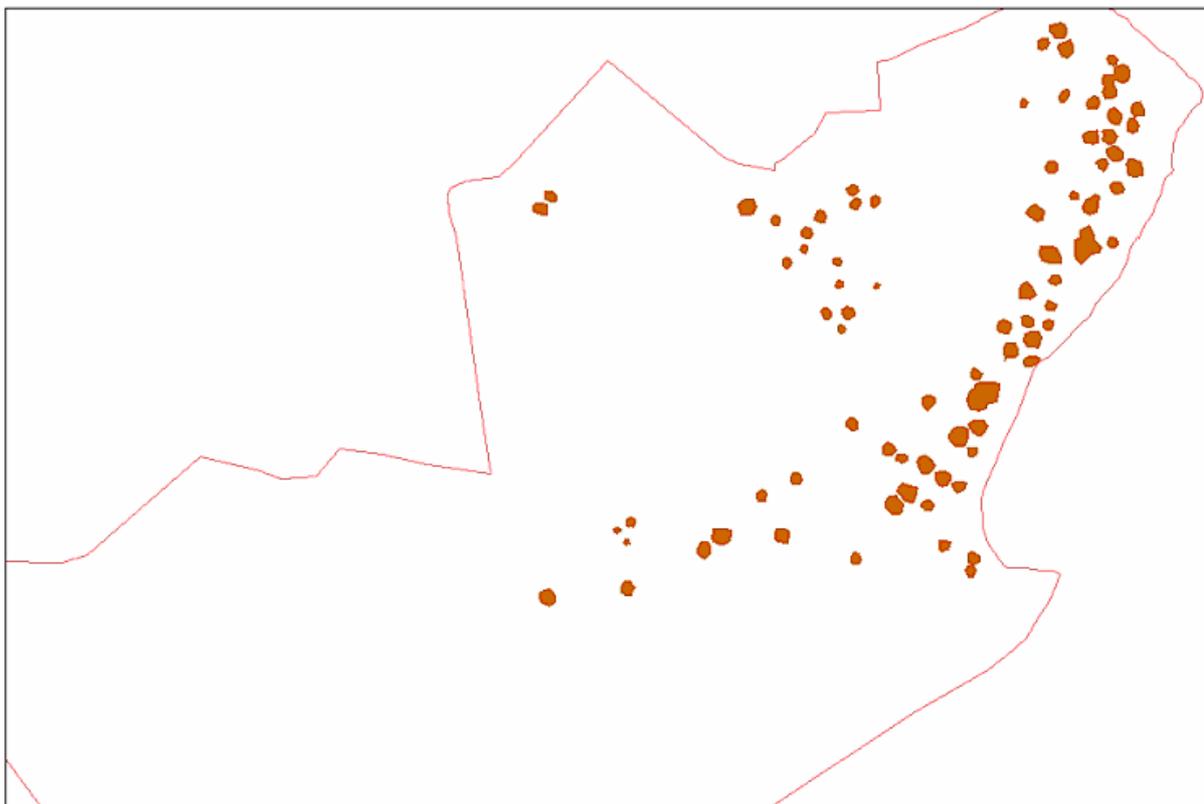


Figura 36 – Fotointepretação realizada pelo fotointerprete 3 (91 copas)

A figura 37 apresenta o mapa de copas das Araucária dominantes no Campus elaborado através do posicionamento DGPS e GPS e do levantamento do tamanho da copa obtido em campo.

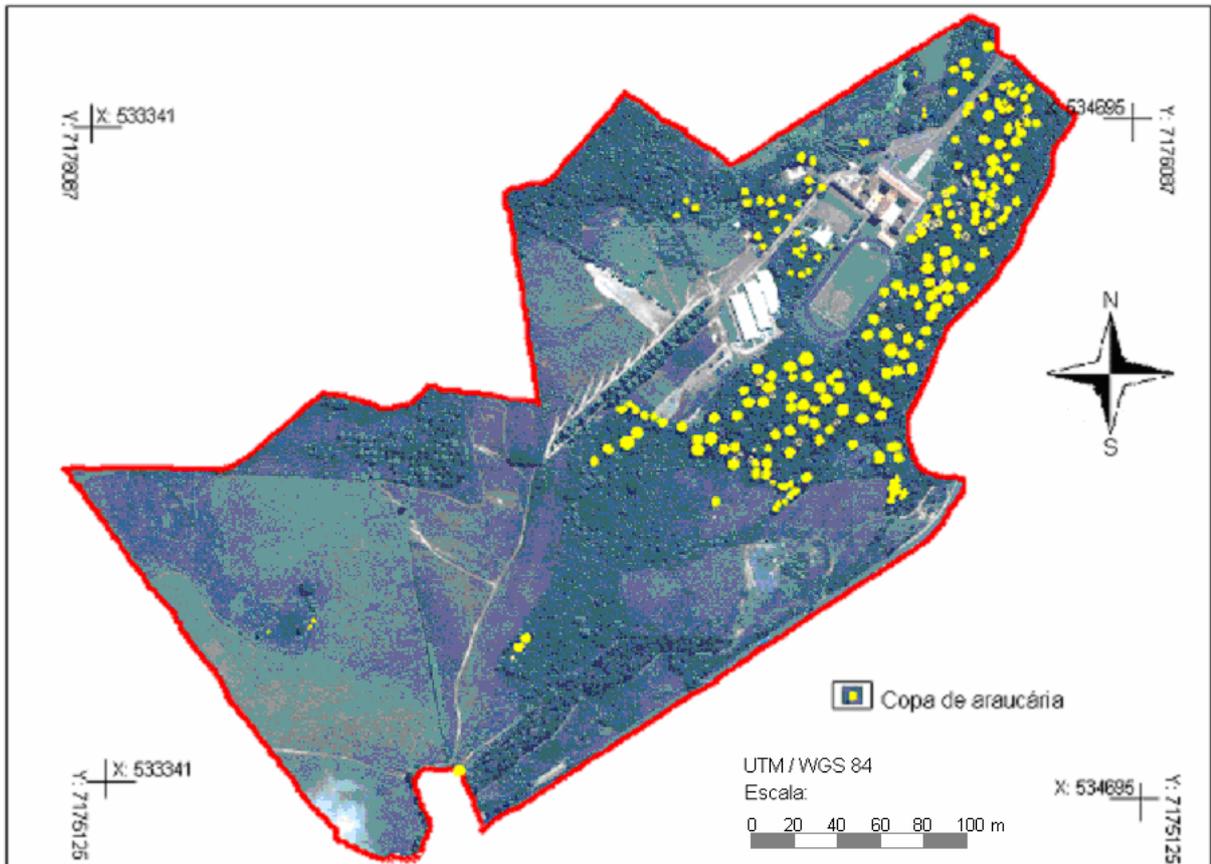


Figura 37 – Mapa de copas dominantes de Araucária no Campus de Irati.

### 5.7.1. Número de copas interpretadas vs. Número de copas no terreno

O número de copas de Araucárias delineadas pelos interpretes foi praticamente idêntico (variação >1%), ficando entre 91 e 92 copas. Tais valores reportam erroneamente o fato de que cada copa delineada na interpretação corresponde a uma copa no terreno. O número 91 copas delineadas resulta na precisão do mapeamento de 40,4% (91 de 225 copas), valor este não considerado como representativo da precisão do mapeamento. Como será visto adiante, muitas copas individuais delineadas representam um agrupamento de Araucárias com diversas copas. Em complemento, a análise visual das figuras 34 a 36 evidencia que o formato das copas delineadas manteve o formato próximo da circular e com pouca variação.

Houve apenas dois tipos de erro de comissão. Dois interpretes delimitaram uma sombra na imagem como sendo uma copa de araucária. Um interprete marcou erroneamente uma copa de *Cinnamomum camphora* (canforeira) como sendo araucária. A referida árvore encontra-se isolada no terreno e é de grande porte, possuindo ampla área de copa (1.037 m<sup>2</sup>).

### **5.7.2. Área das copas interpretadas vs. Área das copas medidas no terreno**

A avaliação das interpretações foi feita também através da comparação das áreas totais das copas delineadas na imagem com a proveniente das medições efetuadas no terreno. O maior valor do raio da copa de araucária encontrado no terreno foi de 16 m, resultando em uma área de copa de 804 m<sup>2</sup>. Entretanto, 75% das Araucárias apresentavam copas com raios médios de 2 a 3 m. A área total das copas encontradas no Campus, através das medidas efetuadas no terreno, é de 24.334,14 m<sup>2</sup>, incluindo copas dominantes e subdominadas, computadas individualmente. O sombreamento (ou sobreposição parcial de parte das copas) entre árvores dominantes é de 1,9% (461,12 m<sup>2</sup>), ocorrendo em agrupamentos de Araucárias. As copas subdominantes representam 1,4% (332,10 m<sup>2</sup>) e as 5 copas presentes na área de cobertura de nuvens correspondem a 1,01% (232,15 m<sup>2</sup>) da área total de copas. Somadas, as oclusões (copas que possivelmente não são identificáveis na imagem) representavam menos de 5% do total, ou 1.025,42 m<sup>2</sup>. Isso resulta que a área total de copas dominantes, ou seja, copas teoricamente possível de serem delineadas de 23.308,71 m<sup>2</sup> representando 225 Araucárias.

A Tabela 01 mostra os valores numéricos dos erros de omissão, comissão e de acerto dos interpretes e baseou-se nas figuras 34,35 e 36 comparadas com a figura 37.

Tabela 01 – Erros e acerto dos interpretes

<i>Fotointerprete</i>	<i>Erro por Omissão</i>	<i>Erro por Comissão</i>	<i>Acerto</i>
Fotointerprete 1	13.028,01 m <sup>2</sup> (55,89%)	502 m <sup>2</sup>	9.778 m <sup>2</sup>
		(2,1%)*	(41,9%)
	120 árvores ou 108 copas	-	91 copas
Fotointerprete 2	9.518,38 m <sup>2</sup>	1.037 m <sup>2</sup>	12.753 m <sup>2</sup>
	(40,83%)	(4,44%)**	(54,71%)
	116 árvores ou 106 copas	1	92 copas
Fotointerprete 3	10.327,33 m <sup>2</sup>	217 m <sup>2</sup>	12.764 m <sup>2</sup>
	(44,30%)	(0,93%)*	(54,7%)
	125 árvores ou 112 copas	-	91 copas

\* Refere-se a delimitação de uma sombra no terreno;

\*\*Refere-se a delimitação de outra espécie - *Cinnamomum camphora* (canforeira).

Em se tratando da utilização da área total das copas de araucária como forma de avaliação da precisão do mapeamento conduzido pelos três interprete, verifica-se que os resultados apresentaram uma maior variação numérica do que o número de copas delineadas na imagem. Os erros de omissão tiveram variação de 40,83 a 55,89%, os erros de comissão de 2,15 a 4,44% e finalmente os acertos foram de 41,9 a 54,7%.

### 5.7.3. Detalhamento de cada copa interpretada na imagem

O posicionamento geográfico das Araucárias através do DGPS e GPS permitiram um modo adicional de avaliação das interpretações, qual seja de verificar para cada copa delineada na imagem o equivalente número de copas de Araucária no terreno. As copas individuais delineadas pelos interpretes, em determinadas ocasiões, abrangiam diversas copas no terreno (agrupamento de copas). Tais agrupamentos não foram delineados de forma semelhante e nem em mesmo número pelos três interpretes.

É fato sobejamente conhecido que em floresta natural, em função de condições ambientais favoráveis, ocorre a presença próxima de muitos exemplares de Araucárias e cujas copas se entrelaçam formando assim um bloco ou agrupamento de copas e na maioria das vezes difícil, mesmo em fotografias aéreas em escala muito grande, de caracterizar individualmente cada copa. DISPERATI e OLIVEIRA FILHO (2006) mostraram diversas

situações típicas de ocorrências de árvores individuais e de agrupamento de Araucárias através de fotografias aéreas em escala muito grande (1:1.000).

Considerando o número de copas delineadas pelos três interpretes, os valores foram os seguintes:

- interprete 1: identificou 84 árvores individuais e 7 agrupamentos (correspondendo a 21 árvores); isto é, 91 copas delineadas na imagem correspondendo a 105 árvores no terreno;
- interprete 2: identificou 82 árvores individuais e 10 agrupamentos (correspondendo a 27 árvores); isto é, 92 copas delineadas na imagem correspondendo a 109 árvores no terreno;
- interprete 3: identificou 86 árvores individuais e 5 agrupamentos (correspondendo a 14 árvores); isto é, 91 copas delineadas na imagem correspondendo a 105 árvores no terreno;

Os três interpretes identificaram de forma semelhante, apenas com pequenas variações no formato da copa, 76 árvores individuais e 4 agrupamentos. A árvore com menor raio de copa identificada simultaneamente pelos três interpretes era de 3 metros. Considerando a médias dos raios das copas identificadas individualmente e simultaneamente pelos três interpretes, o valor médio encontrado foi de 4,5 metros. Foi possível observar que copas de Araucária com área superior a  $27\text{m}^2$  (ou 3 metros de raio) foram delineadas pelos interpretes na imagem colorido normal do Quickbird-2 enquanto que copas com área inferior a  $25\text{m}^2$  não foram delineadas, significando que tais copas foram confundidas com as demais copas de outras espécies existentes no local. O valor médio de área das copas dominantes da área de estudo é de  $48\text{m}^2$ .

O resultado do delineamento de agrupamentos de Araucárias foi o seguinte:

- 4 agrupamentos (respectivamente com 2, 2, 4, 4 copas) foram identificados simultaneamente pelos três interpretes;
- 2 agrupamentos (respectivamente com 4 e 2 copas) foram identificados simultaneamente pelos interpretes 1 e 2;
- 1 agrupamento (com 2 copas) foi identificado simultaneamente pelos interpretes 2 e 3;
- 1 agrupamento (com 3 copas) foi identificado somente pelo interprete 1;
- 3 agrupamentos (respectivamente com 3, 2, 2 copas) foram identificadas somente pelo interprete 2;

Em se tratando apenas de delineamento de copas individuais de araucária o resultado obtido foi:

- 76 árvores (33,8% do total de 225 copas no terreno) foram identificadas simultaneamente pelos 3 interpretes;
- 6 árvores foram identificadas simultaneamente pelos interpretes 1 e 3;
- 2 árvores foram identificadas simultaneamente pelos interpretes 1 e 2;
- 4 árvores foram identificadas simultaneamente pelos interpretes 2 e 3;

No local considerado (Campus Universitário de Irati), os três fotointerpretes delinearam maior número de copas de Araucária individuais do que em agrupamentos. O fato refere-se possivelmente às características da floresta, que possui predominância de árvores adultas. A proximidade das árvores, que ocorre em alguns pontos, apresenta a formação de blocos ou grupos e Araucárias. Na presente área considerada, os agrupamentos de copas delineados na imagem abrangeram de duas a quatro Araucárias no terreno.

Apesar das interpretações evidenciarem que houve apenas dois tipos de erros de comissão na delimitação das copas de Araucária e, portanto não houve dificuldade aparente na delimitação das copas de araucária pelos três interpretes, a precisão média do mapeamento foi baixo em todos os procedimentos de avaliação considerados, a saber: número de copas delimitadas (40,4%), área de copas (erro de omissão: 45,34%, erro de comissão (1,82%) e acerto (45,34% conferir) e delimitação de copas individuais de araucária (33,8%). Tais valores inviabilizam o uso prático da imagem Quickbird-2 para delimitar as copas de Araucária.

Menção deve ser feita quanto à indisponibilidade da banda do infravermelho próximo para a presente pesquisa. É fato sobejamente conhecido na literatura especializada (Lillesand e Kiefer (1979), Avery e Berlin (1985)) que na referida banda espectral, as coníferas (no caso a Araucária) absorvem mais energia do que as folhosas e, portanto aparecem com tonalidade mais escura na imagem. Possivelmente, a utilização da banda do infravermelho próximo aumentaria a precisão do mapeamento das copas de Araucária.

Os valores numéricos obtidos no presente estudo são relativos à resolução da imagem do Quickbird-2 utilizada e referentes à área estudada. Para outros fragmentos florestais, devido às particularidades de manejo ou conservação, assim como em imagens de outros sensores das imagens satelitárias ou mesmo com fotografias aéreas, os valores obtidos podem não ser muito representativos.

## 5.8. Precisão associada ao posicionamento absoluto e relativo

A condução de experimentos científicos com espécies da Floresta Ombrófila Mista, depende muitas vezes da capacidade de individualização das árvores, evitando erros nas repetições dos experimentos. A individualização de árvores depende basicamente da precisão obtida pelo posicionamento. Uma precisão de 10 metros indica que determinada árvore está localizada em uma área de até 10 metros de raio do ponto ocupado. A existência de outra árvore da mesma espécie nesse limite possibilita a ocorrência de erro em remedições de experimentos. A precisão submétrica reduz a possibilidade de se encontrar a árvore desejada em área compreendida em até 1 metro de raio do local indicado.

O presente estudo verificou a possibilidade de confusão de Araucárias devido à precisão do posicionamento. No posicionamento relativo, a precisão média obtida foi de 25 cm, com valores variando entre 6 e 84 cm. No posicionamento Absoluto, a precisão média obtida foi de 9 metros, com valores variando de 5 a 14 metros. Utilizando-se o software SPRING foi gerado o mapa de distâncias (Buffer) ao redor de pontos representando Araucárias, utilizando-se os valores médios de posicionamento absoluto e relativo. A figura 39 apresenta um exemplo da operação realizada, utilizando valores mínimo e máximo de erro (0,25 e 9 m).

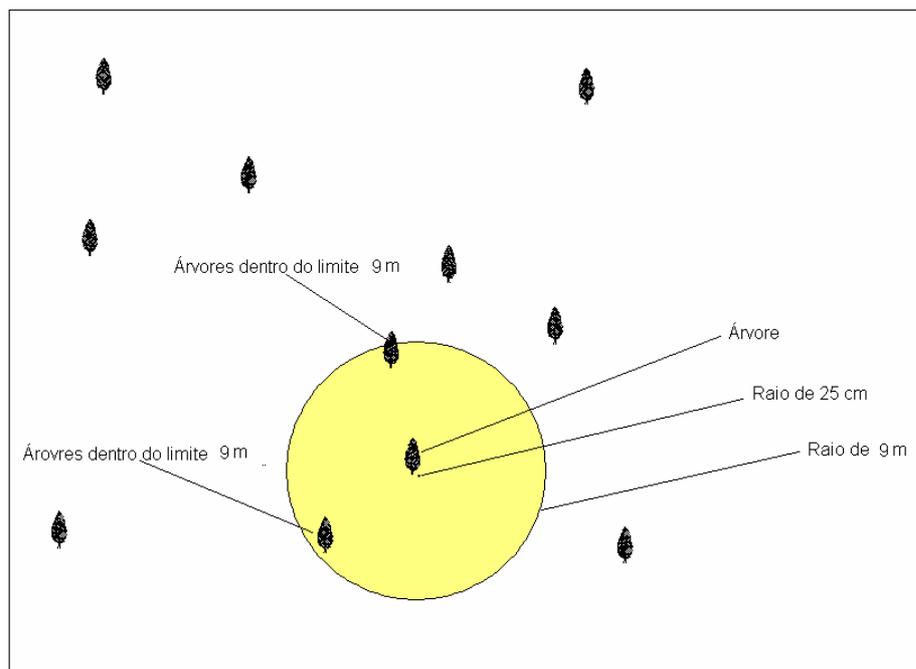


Figura 39 – Área representando a precisão associada ao posicionamento relativo e absoluto (0,25 e 9 m respectivamente)

A possibilidade de utilização do posicionamento relativo em todos os 264 pontos ocupados, considerando uma precisão média de 25 cm, não causaria nenhuma confusão de árvores, ou seja, as árvores estavam dentro do raio de precisão média obtida. Considerando o valor mínimo de precisão (84 cm) no posicionamento relativo, ocorreriam somente duas situações de possibilidade de confusão de árvores.

A utilização do posicionamento absoluto em todos os 264 pontos ocupados, com precisão média de 9 metros causaria confusão de árvores envolvendo 74 Araucárias (28%). Considerando o valor mínimo de precisão (14 metros), o valor subiria para 137 Araucárias (51,9%).

Copas de araucária com raio inferior a 3 metros (área aproximada da copa de 25 m<sup>2</sup> ou 4 pixels) não foram identificadas na imagem de satélite por nenhum dos interpretes. A média de raio das copas encontradas no campus é de 4 metros (área aproximada da copa de 48 m<sup>2</sup>). Assim a precisão mínima exigida por um método qualquer de posicionamento, considerando o presente estudo, para individualização de árvores é de 4 metros, desse modo, o valor médio do posicionamento absoluto com precisão média de 9 metros praticamente inviabiliza a correta individualização das copas

## 6. CONCLUSÕES

A execução do presente trabalho permite concluir que:

- O mapa elaborado com base na tecnologia GPS mostra a localização geográfica de 264 Araucárias presente na área de estudo, com uma precisão média de: a) variação de 6 a 84 cm em 141 árvores posicionadas utilizando-se posicionamento relativo e; b) variação de 5 a 14 m em 123 árvores posicionadas utilizando-se posicionamento absoluto;
- A cobertura florestal e a declividade interferem na recepção de sinais do sistema GPS, porem isso não ocorre no posicionamento absoluto. O posicionamento relativo foi possível em 90% dos casos onde a área basal era inferior a 5 m<sup>2</sup>/ha e em 42% dos casos onde a área basal era superior a 16 m<sup>2</sup>/ha; o posicionamento absolutos foi possível em 100% dos casos. Em relação a declividade, o posicionamento relativo foi possível nas seguintes proporções: em 100% das Araucárias localizadas em área de declividade < 20%; em 80% das Araucárias localizadas em área de declividade entre 20% e 30%; em 29% das Araucárias localizadas na área de declividade > 30%; o posicionamento absoluto foi possível em 100% dos casos. Entretanto, condições de declividade e densidade florestal podem interferir nos valores de DOP, impossibilitando o uso de posicionamento relativo.
- A utilização do posicionamento relativo para a determinação das coordenadas geográficas das Araucárias no Campus de Irati, possibilita a localização precisa, sem possibilidade de confusão de árvores, em todos os casos; o posicionamento absoluto, utilizado não possui precisão suficiente para individualização de Araucárias;
- A condução da análise digital visual da composição colorido normal da imagem Quickbird, por três fotointerpretes, apontou pequenas diferenças no número de copas identificadas e no formato das copas; nenhum dos fotintepretes delineou copas com raio inferior a 3 m (área inferior a 25 m<sup>2</sup> ou 4x4 pixels); As fotointerpretações apresentaram valores médios de 50% de acerto relacionado a área de copas; foram identificadas em média 40% das Araucárias existentes na área de estudo.

- O uso da tecnologia GPS no modo absoluto, para posicionamento de Araucárias na área estudada foi eficiente, porém não permitiu a obtenção de valores de precisão compatíveis com a necessidade de localização precisa de árvores;
  
- A utilização do posicionamento relativo para determinação das coordenadas de localização de Araucárias na área de estudos obteve valores de precisão compatíveis com as necessidades do setor florestal, salientando-se que no modo relativo a interferência de fatores como cobertura vegetal e relevo foi significativa.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÂNGULO FILHO, Rubens; VETORAZZI, Carlos A.; SARRIES, Gabriel. Exatidão de posicionamento de um receptor GPS, operando sob diferentes coberturas florestais. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. V. 6, nº 2, p. 325 – 331. Campina Grande – PB: 2002.

AVERY, T. E.; BERLIN, G. L. 4<sup>th</sup> edition. **Interpretation of aerial photographs**. Burgess Publishing Company: Minneapolis, 1985, 554 p,

BERNARDI, Dennis; PONTES, Cláudio R. **Utilização de pocket GPS no microplanejamento florestal**. VII Seminário em Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados a Engenharia Florestal. 17 a 19 de outubro de 2006. Curitiba, PR.

BUENO, Régis. GNSS: com quais benefícios podemos contar agora. **Revista InfoGPS/GNSS**. Edição 14, pg 35-36. Editora Mundogeo, Curitiba: 2006.

BROWN, Foster; ALECHANDRE, Andréa; CAMPOS, Carlos Alberto; AZEVEDO, Kelceane; MELO, Tadeu. **Cartilha de mapeamento de espécies florestais: um guia simplificado para a sistematização em planilha eletrônica de mapas de campo de espécies florestais**. Rio Branco, AC: UFAC/PROPEG/Fundação Ford/FUNBIO, 2007

CANALEZ, Geise G.; CORTE, Ana Paula; SANQUETTA, Carlos R. Dinâmica da estrutura da comunidade de lauráceas no período 1995-2004 em uma floresta de Araucária no sul do estado do Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 2006 v. 16, n. 4, p. 357-367.

CONAMA. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 278, de 24 de maio de 2001**. Dispõe contra corte e exploração de espécies ameaçadas de extinção da flora da Mata Atlântica" - Data da legislação: 24/05/2001 - Publicação DOU nº 138, de 18/07/2001, págs. 51-52

DISPERATI, Attilio A.; SKALSKI JUNIOR, J. **Contagem de copas de pinheiro do Paraná em fotografias aéreas verticais (convencionais e 35 mm coloridas): caso de estudo do Capão da Imbuia**. 6º Congresso Florestal Brasileiro: Florestas e Meio ambiente: conservação e produção, patrimônio social. Campos do Jordão. P. 91-99. 1989.

DISPERATI, Attilio A.; Oliveira Filho, Paulo C. Copas de Araucária Observadas em Fotografias Aéreas 70 mm Colorido Normal em Escala Muito Grande (1:1.000). **Revista Ambiência**. Guarapuava, PR v.2 p. 137-149, Edição Especial, 1 2006 ISSN 1808 – 0251

DISPERATI, Attilio A.; OLIVEIRA FILHO, Paulo C.; BERNARDI, Dennis. Aplicações na floresta com Araucária e em Reflorestamentos. In DISPERATI, Attilio A.; AMARAL, Ricardo Farias.; SCHULER, Carlos A. **Fotografias aéreas de pequeno formato: aplicações ambientais**. Editora Unicentro: Guarapuava, 2007. P. 95 – 129.

DIVERIO, Viviane T.; STRANZ, Anamaria; DUTRA, Tânia L. **Uso de imagens Landsat no mapeamento de Araucaria angustifolia no Estado do Rio Grande do Sul**. Anais X SBSR, Foz do Iguaçu, 2001, 21-26 de abril, p. 1579 – 1581 – Sessão Pôster.

EL-SHIMY, Naser; WRIGHT, D. Bruce. **Real time forest fire fighting thought integration of infrared video, GPS and INS systems.** TS 19 Best Practice in Positioning. Paris - France, 13-17, 2003.

ENCINAS, José I.; FERNANDES da SILVA, Gilson; TICCHETI, Iuri. Variáveis dendrométricas. **Comunicações técnicas florestais V. 4 nº 1.** Universidade de Brasília, 2002.

FARRET, Julio C.; SANTOS, Marcelo C.; MORAES, Carlito C.; PEREIRA, Rogers A. A precisão possível com GPS L1/CA em georreferenciamento: o desabio do multicaminho no projeto de um receptor com código suavizado. Boletim de Ciências Geodésicas, sec. Comunicações, Curitiba, v. 12, no 2, p.353-372, jul-dez, 2006.

FIGUEIREDO, Evandro Orfanó; MESQUITA, Renato Cunha; BRAZ, Evaldo Munoz; FIGUEIREDO, Simone Maria de Melo; NEVES, Marcus Vinicius d' Oliveira. **Avaliação de procedimentos para localização de árvores em inventários florestais censitários, visando o emprego do manejo de precisão.** 4º Simpósio Latino Americano Sobre Manejo Florestal: produção de bens materiais e imateriais. Santa Maria, RS. 26 a 28 de novembro de 2008.

FIGUEIREDO FILHO, Afonso; DIAS, Andrea Nogueira; WATZLAWICK, Luciano Farinha. **Inventario das florestas naturais na Floresta Nacional de Irati, Estado do Parana.** Irati, PR: A. N. Dias, 2006.

FUNDEP/UFGM. **Estudo técnico científico visando a delimitação de parques aquícolas nos lagos das usinas hidroelétricas de Furnas e Três Marias – MG.** CONVÊNIO 8713 FUNDEP-UFGM Parques Aquícolas SECTES-MG Nº 025/2005 PROCESSO: 00350.000278/2005-20

FRANKLIN, Steven E. **Remote sensing for sustainable forest management.** Lewis Publishers, New York: 2001.

GAO, Jay. Non-differential GPS as an alternative source of planimetric control for rectifying satellite imagery. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing.** Vol. 67, nº. 1, april 2001. USA. p. 49 – 55.

GAO, Jay. Integration of GPS with remote sensing and GIS: reality and prospect. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing.** Vol. 68, nº. 5, may 2002. USA. p. 447 – 453.

GARMIN. **What is WAAS?** Garmin, 2009. Disponível on line em <http://www8.garmin.com/aboutGPS/waas.html>. Acesso em 18 de janeiro de 2009.

GUERREIRO, José Carlos Fialho. **Precisão do Posicionamento GPS.** 2005. Disponível on line em: [http://www.malima.com.br/satelite/blog\\_comento.asp?blog\\_id=9](http://www.malima.com.br/satelite/blog_comento.asp?blog_id=9) . Acesso em 18 de janeiro de 2009.

HAZAH, Khali AZIZ. Remote sensing, GIS and GPS as a tool to support precision forestry practices in Malaysia. In: **22<sup>nd</sup> Asian Conference on remote Sensing**, 5-9 November 2001, Singapore. Disponível em <http://www.crisp.nus.edu.sg/~acrs2001/pdf/276HAMZA.PDF>, Último acesso em 4 de abril de 2009, 5 p.

HINCH, Stephen W. **Trail mapping with GPS receivers**. Disponível em <http://www.annadelpress.com/Trail%20Mapping.pdf>. 2005, Annadel Press. Último acesso em 4 de abril de 2009. 8 p.

HOLZ, Robert K. Structures and cultural features. In Manual of photographic interpretation. Second edition. Chapter 7, (269 – 306). **América society for photogrammetry and remote sensing**. Maryland, USA: 1997.

IBGE, SGB – Sistema Geodésico Brasileiro. **SISTEMAS DE REFERÊNCIA**. 2008. Disponível on line em [ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/sisref\\_2.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/sisref_2.pdf). Acesso em 18 de janeiro de 2009.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Série manuais técnicos em geociências, n.1, Rio de Janeiro:IBGE, 1992.

INCRA. Rede **INCRA de Bases Comunitárias do GPS – RIBaC**. 2008 Disponível em <http://ribac.incra.gov.br/ribac/objetivos.htm>. Acesso em 18 de janeiro de 2009.

INCRA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 2003.

KRUEGER, Cláudia P. **Levantamento no litoral do estado do Paraná com o GPS. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário** · UFSC Florianópolis · 6 a 10 de Outubro 2002. Disponível on line em [http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2002/072/072.htm](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2002/072/072.htm). Acesso em 25 de novembro de 2008.

LAGO, Izabel Franco; FERREIRA, Luiz Danilo; KRUEGER, Cláudia Pereira. GPS e GLONAS: aspectos teóricos e aplicações práticas. UFPR, **Boletim de ciências geodésicas**, V. 8, n. 2 (2002). Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/bcg/article/view/1419/1173> Acesso em 12 de novembro de 2008.

LEICA GEOSYSTEMS. **Leica GS20 Professional Data Mapper**. 2008 Disponível on line em: [http://www.leicageosystems.com/corporate/en/products/mobile\\_mapping/lgs\\_4502.htm](http://www.leicageosystems.com/corporate/en/products/mobile_mapping/lgs_4502.htm). Acesso em 25 de novembro de 2008.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley e Sons. 1979, 612 p.

LOHANI, Bharat; KUMAR, Raman. **A model for GPS-GDOP prediction in urban environment using lidar data**. 2005. Department of Civil Engineering, IIT Kanpur, Kanpur 208016 (India).

MACHADO, Sebastião do A; FIGUEIREDO FILHO, Afonso;. **Dendrometria**. 2 ed. Editora Unicentro: Guarapuava, 2006.

MANFRA. **Bases fixas**. 2008. Disponível on line em : <http://www.manfra.com.br/bases.php> . Acesso em 21 de setembro de 2008.

MARCEAL, Danielle; HAY, Geoffrey; DUBÉ, Patrick. Voronoi diagrams, extended area stealing interpolation and tree crown recognition: a fuzzy approach. 1998. In **Automated Interpretation of High Spatial Resolution Digital Imagery for Forestry**. Canadá – Victória p.115-125

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS**. Descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora UNESP, 2000, 288 p.

MUGA, André P. **Introdução ao mundo dos satélites**. 2006. Disponível on line em <http://www.apmuga.com/docs/Satelites.pdf> . Acesso em 12 de novembro de 2008.

NAESSET, Erik; BJERKE, Trygve; OSTEDAL, Ola; RYAN, Lorentz. Contributions of differential GPS and GLONASS observations to point accuracy under forest canopies. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**. Vol. 66, nº. 4, abril 2000. USA. p. 403 – 407.

NAESSET, Erik. Effects of differential single- and dual-frequency GPS and GLONASS observations on point accuracy under forest canopies. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**. Vol. 67, nº. 9, september 2001. USA. p. 1021 –1026.

NAESSET, Erik; GJEVESTAD, Glenn. Performance of GPS precise point positioning under conifer forest canopies. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**. Vol. 74, nº. 5, may 2008. USA. p. 661 – 670.

NIMA – NATIONAL IMAGERY AND MAPPING AGENCY. **Word Geodetic System 1984**. Technical report. 3 ed. Department of Defense. Reston (USA), 2000.

NUTTO, Leif. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 9-25. 2001.

OHMA, Matti; MIETTINEN, Mikko; KOSTI, Kannas; JUTILA, JAAKKO; VISALA, Arto; FORSMAN, Pekka. **Tree Measurement and Simultaneous Localization and Mapping System for Forest Harvesters**. In: 6<sup>th</sup> International Conference on Field and Service Robotics, FSR 2007, France. Disponível em <http://autsys.tkk.fi/en/Publications/53699>. Último acesso 4 de abril de 2009.

PIEDALLU, Christian; GEGOUT, Jean-Claud. Effects of forest environment and survey protocol on GPS accuracy. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**. Vol. 71, nº. 9, september 2005. USA. p. 1071 – 1078.

POLETI, E. R; MAZUCHI, E. O Transporte de Coordenadas UTM empregando Receptor GPS ProMark 2 - Tales Navigation. COBRAC 2006 · **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário** · UFSC Florianópolis · 15 a 19 de Outubro 2006. Disponível em [http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2006/034.pdf](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2006/034.pdf). Acesso em 18 de janeiro de 2009.

ROCHA, Cezar Henrique Barra. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG : Ed. do Autor, 2000.

RODRIGUES-PEREZ, José R.; ALVAREZ, M. Flor; SANZ, Enoc; GAVELA, Antonio. **Comparison of GPS receiver accuracy and precision in Forest environmental. Practical recommendations regarding methods and receiver selection. Shaping the Changes.** XXIII FIG Congress. Munich, Germany: 2006.

SANDO, Thobias; MUSSA, Renatus; SOBANJO, John; SPAINNHOUR, Lisa. Quantification of the accurac of low priced GPS receivers for crash location. **Journal of the Transportation Research Forum**. Vol. 44, Number 2. 2005.

SANTOS, Antonio O. Monitoramento localizado da produtividade de milho cultivado sob irrigação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, abr. 2001 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141543662001000100016&lng=pt&enrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662001000100016&lng=pt&enrm=iso)>. Acesso em: 20 jan. 2009. doi: 10.1590/S1415-43662001000100016.

SEGER, Celso D.; DUGLOSZ, Fernando L.; KURAZ, Gilberto; MARTINEZ, Diego; RONCONI, Elisângela; MELO, Luiz A.; BITTENCOURT, Sérgio; BRAND, Martha; CARNIATTO, Irene; GALVÃO, Franklin; RODERJAN, Carlos. Levantamento florístico e análise fitossociológica de um remanescente de floresta ombrófila mista localizado no Município de Pinhais, Paraná-Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, PR. V. 35, nº 2, 2005

SMITH, David P.; ATKINSON, S. F. Accuracy of rectification using topographic map versus GPS control points. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**. Vol. 67, nº. 5, april 2001. USA. p. 565 – 570.

TSCHIEDEL, Mauro; FERREIRA, Mauro Fernando. Introdução a agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, fev. 2002 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782002000100027&lng=pt&enrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782002000100027&lng=pt&enrm=iso)>. Acesso em: 20 jan. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782002000100027.

YOSHIMURA, TETSUSHIKO; GANDASECA, Seca; GUMUS, SELCUK; ACAR, H. HULUSI. **Evaluating the accuracy of GPS positioning in Turkish forests**. Disponível em <http://bg66.soc.i.kyoto-u.ac.jp/forestgps/doc/turkey.pdf> . Último acesso em 4 de abril de 2009.

WATSLAWICK, Luciano F.; SCHOENINGER, Emerson R.; KIRCHNER, Flávio F. **Elementos de interpretação Fotográfica**. Editora Unicentro: Guarapuava, 2007.

## ANEXO I

## ANEXO I

Árvore	ID	sit_copa	Latitude WGS84	Longitude WGS84
1	1	dominante	25°31' 56.89833" S	50°39' 23.24854" W
2	2	dominante	25°31' 57.04795" S	50°39' 22.39958" W
3	3	dominante	25°31' 56.37908" S	50°39' 22.11539" W
4	4	dominante	25°31' 56.36751" S	50°39' 22.35888" W
5	5	dominante	25°31' 56.57533" S	50°39' 22.09727" W
6	6	dominante	25°31' 56.72699" S	50°39' 21.92652" W
7	7	dominante	25°31' 56.76617" S	50°39' 21.94928" W
8	8	dominante	25°31' 57.21354" S	50°39' 22.25018" W
9	9	dominante	25°31' 57.02969" S	50°39' 22.53353" W
10	10	dominante	25°31' 56.83315" S	50°39' 21.37867" W
11	11	dominante	25°31' 57.65145" S	50°39' 23.09620" W
12	12	dominante	25°31' 57.35820" S	50°39' 22.44748" W
13	13	dominante	25° 39' 57.201" S	50° 31' 22.899" W
14	15	dominante	25°32' 00.84363" S	50°39' 24.84309" W
15	16	dominante	25° 31' 59.757" S	50° 39' 21.319" W
16	17	subdominante	25°32' 01.06890" S	50°39' 25.06609" W
17	18	dominante	25°32' 01.22147" S	50°39' 24.90665" W
18	19	dominante	25°32' 02.17696" S	50°39' 23.60613" W
19	20	dominante	25°32' 02.07769" S	50°39' 23.63783" W
20	21	dominante	25°32' 01.46325" S	50°39' 22.35655" W
21	22	dominante	25°32' 01.99317" S	50°39' 23.11903" W
22	23	dominante	25° 31' 57.433" S	25° 31' 56.57" W
23	24	dominante	25°32' 00.53785" S	50°39' 22.10876" W
24	25	dominante	25° 31' 57.433" S	50° 39' 20.794" W
25	26	dominante	25° 32' 00.21856" S	50° 39' 22.91882" W
26	27	dominante	25° 32' 00.65547" S	50° 39' 23.63458" W
27	28	dominante	25° 32' 00.28769" S	50° 39' 23.77320" W
28	29	dominante	25° 31' 59.79828" S	50° 39' 24.50336" W
29	30	dominante	25° 32' 00.89501" S	50° 39' 22.79386" W
30	31	dominante	25° 32' 02.00234" S	50° 39' 22.99756" W
31	32	dominante	25° 32' 00.96749" S	50° 39' 23.38954" W
32	33	dominante	25°32' 00.19695" S	50°39' 22.61512" W
33	34	dominante	25°31' 58.68313" S	50°39' 23.20557" W
34	35	dominante	25°32' 00.04995" S	50°39' 22.60200" W
35	36	dominante	25°31' 59.52226" S	50°39' 22.11558" W
36	37	dominante	25°31' 58.44639" S	50°39' 21.46851" W
37	38	dominante	25°31' 57.94068" S	50°39' 21.26715" W
38	39	subdominante	25°31' 57.65401" S	50°39' 21.26942" W
39	40	dominante	25°31' 57.31129" S	50°39' 21.23469" W
40	41	dominante	25° 31' 56.654" S	50° 39' 18,995" W
41	42	dominante	25°31' 58.34039" S	50°39' 22.09911" W
42	43	dominante	25°31' 59.93565" S	50°39' 21.86600" W
43	44	dominante	25°32' 02.27386" S	50°39' 22.40715" W
44	45	dominante	25°32' 02.19094" S	50°39' 22.34327" W
45	46	dominante	25°32' 02.70889" S	50°39' 24.43603" W
46	47	dominante	25°32' 02.92351" S	50°39' 24.34201" W
47	48	dominante	25°32' 02.57385" S	50°39' 24.66799" W
48	50	dominante	25°32' 02.03734" S	50°39' 25.49688" W
49	51	subdominante	25° 31' 59.995" S	50° 39' 22.92" W
50	52	subdominante	25° 32' 00.533" S	50° 39' 22.681" W
51	53	dominante	25°32' 03.04007" S	50°39' 26.68370" W
52	54	dominante	25°32' 02.53611" S	50°39' 26.32630" W
53	55	dominante	25°32' 02.44277" S	50°39' 26.11574" W

54	56	dominante	25° 32' 02.40312" S	50° 39' 26.12474" W
55	57	dominante	25° 32' 02.12642" S	50° 39' 26.00967" W
56	58	dominante	25° 32' 02.86602" S	50° 39' 26.28699" W
57	60	dominante	25° 31' 59.225" S	50° 39' 21.098" W
58	61	dominante	25° 31' 59.336" S	50° 39' 21.123" W
59	62	subdominante	25° 32' 02.68464" S	50° 39' 23.24192" W
60	63	dominante	25° 32' 02.67438" S	50° 39' 23.32985" W
61	64	dominante	25° 32' 02.50894" S	50° 39' 22.93637" W
62	65	dominante	25° 32' 03.5" S	50° 39' 25.3" W
63	66	subdominante	25° 32' 03.6" S	50° 39' 25.2" W
64	67	dominante	25° 32' 03.7" S	50° 39' 24.7" W
65	68	dominante	25° 32' 02.99567" S	50° 39' 26.00127" W
66	70	dominante	25° 32' 02.37700" S	50° 39' 25.48916" W
67	71	dominante	25° 32' 02.40481" S	50° 39' 25.73907" W
68	72	dominante	25° 32' 02.79294" S	50° 39' 32.34898" W
69	73	dominante	25° 32' 03.16048" S	50° 39' 31.99619" W
70	74	dominante	25° 32' 03.39768" S	50° 39' 31.97165" W
71	75	dominante	25° 32' 03.82199" S	50° 39' 31.33353" W
72	76	dominante	25° 32' 03.71270" S	50° 39' 32.07550" W
73	77	dominante	25° 32' 03.62782" S	50° 39' 32.34236" W
74	78	dominante	25° 32' 04.15293" S	50° 39' 31.76720" W
75	79	dominante	25° 32' 04.87223" S	50° 39' 32.12351" W
76	80	dominante	25° 32' 04.73552" S	50° 39' 32.32512" W
77	81	dominante	25° 31' 59.843" S	50° 39' 21.498" W
78	82	dominante	25° 31' 59.971" S	50° 39' 21.403" W
79	83	dominante	25° 32' 01.136" S	50° 39' 22.869" W
80	84	dominante	25° 32' 05.6" S	50° 39' 25.6" W
81	85	dominante	25° 31' 57.04795" S	50° 39' 22.39958" W
82	86	dominante	25° 32' 05.1" S	50° 39' 25.9" W
83	87	dominante	25° 32' 05.5" S	50° 39' 26.7" W
84	89	subdominante	25° 32' 06.18592" S	50° 39' 25.77315" W
85	90	subdominante	25° 32' 01.27351" S	50° 39' 25.92391" W
86	91	dominante	25° 32' 23.762" S	50° 39' 23.672" W
87	92	subdominante	25° 32' 02.37531" S	50° 39' 25.59567" W
88	93	subdominante	25° 32' 02.44544" S	50° 39' 25.69844" W
89	94	dominante	25° 32' 01.60000" S	50° 39' 25.46924" W
90	95	dominante	25° 32' 01.98258" S	50° 39' 24.82455" W
91	96	dominante	25° 31' 56.57301" S	50° 39' 21.09613" W
92	97	dominante	25° 32' 03.7" S	50° 39' 27.0" W
93	98	subdominante	25° 32' 01.999" S	50° 39' 23.957" W
94	99	dominante	25° 32' 06.1" S	50° 39' 25.7" W
95	100	subdominante	25° 32' 05.5" S	50° 39' 26.4" W
96	101	dominante	25° 32' 06.0" S	50° 39' 26.6" W
97	102	dominante	25° 32' 06.0" S	50° 39' 26.8" W
98	103	dominante	25° 32' 06.2" S	50° 39' 27.2" W
99	104	dominante	25° 32' 06.3" S	50° 39' 27.2" W
100	105	dominante	25° 32' 06.2" S	50° 39' 27.9" W
101	109	dominante	25° 32' 06.7" S	50° 39' 26.9" W
102	110	dominante	25° 32' 06.9" S	50° 39' 26.4" W
103	111	dominante	25° 32' 07.2" S	50° 39' 27.1" W
104	112	subdominante	25° 32' 06.9" S	50° 39' 27.6" W
105	113	dominante	25° 32' 07.4" S	50° 39' 27.5" W
106	114	dominante	25° 32' 05.030" S	50° 39' 25.37" W
107	115	subdominante	25° 32' 04.499" S	50° 39' 26.367" W
108	116	dominante	25° 32' 07.2" S	50° 39' 28.7" W

109	117	dominante	25° 32' 06.8" S	50° 39' 27.9" W
110	118	dominante	25° 32' 07.9" S	50° 39' 27.5" W
111	119	dominante	25° 32' 07.5" S	50° 39' 26.9" W
112	120	dominante	25° 32' 07.7" S	50° 39' 26.8" W
113	121	dominante	25° 32' 07.8" S	50° 39' 26.6" W
114	122	dominante	25° 32' 07.8" S	50° 39' 27.0" W
115	123	dominante	25° 32' 08.0" S	50° 39' 26.9" W
116	124	dominante	25° 32' 09.1" S	50° 39' 27.1" W
117	125	dominante	25° 32' 07.377" S	50° 39' 25.032" W
118	126	subdominante	25° 32' 05.443" S	50° 39' 25.551" W
119	127	dominante	25° 32' 09.5" S	50° 39' 27.3" W
120	128	dominante	25° 32' 09.1" S	50° 39' 27.8" W
121	129	dominante	25° 32' 09.0" S	50° 39' 27.9" W
122	130	dominante	25° 32' 09.3" S	50° 39' 28.5" W
123	131	dominante	25° 32' 09.4" S	50° 39' 28.7" W
124	132	dominante	25° 32' 08.371" S	50° 39' 27.257" W
125	133	dominante	25° 32' 09.8" S	50° 39' 27.7" W
126	134	dominante	25° 32' 10.4" S	50° 39' 28.1" W
127	135	subdominante	25° 32' 10.4" S	50° 39' 27.9" W
128	136	dominante	25° 32' 10.4" S	50° 39' 28.1" W
129	137	dominante	25° 32' 07.681" S	50° 39' 26.11" W
130	138	dominante	25° 32' 08.15" S	50° 39' 28.585" W
131	139	dominante	25° 32' 10.5" S	50° 39' 28.9" W
132	140	dominante	25° 32' 10.6" S	50° 39' 28.8" W
133	141	dominante	25° 32' 26.829" S	50° 39' 26.829" W
134	142	dominante	25° 32' 11.1" S	50° 39' 28.5" W
135	143	dominante	25° 32' 12.20183" S	50° 39' 29.68162" W
136	144	dominante	25° 32' 12.79564" S	50° 39' 28.49787" W
137	145	dominante	25° 32' 13.71427" S	50° 39' 27.47825" W
138	146	dominante	25° 32' 13.99675" S	50° 39' 27.47299" W
139	147	dominante	25° 32' 14.29128" S	50° 39' 27.13965" W
140	148	dominante	25° 32' 14.52959" S	50° 39' 27.30558" W
141	149	dominante	25° 32' 14.59502" S	50° 39' 27.90143" W
142	150	dominante	25° 39' 27.4757" S	50° 39' 27.8283" W
143	151	dominante	25° 32' 14.31415" S	50° 39' 27.83561" W
144	152	dominante	25° 32' 14.14739" S	50° 39' 27.81561" W
145	153	dominante	25° 32' 14.03852" S	50° 39' 27.85171" W
146	154	dominante	25° 32' 14.0" S	50° 39' 31.8" W
147	155	dominante	25° 32' 14.06810" S	50° 39' 32.73612" W
148	156	dominante	25° 32' 13.81475" S	50° 39' 32.72897" W
149	157	dominante	25° 32' 13.94543" S	50° 39' 33.08619" W
150	158	dominante	25° 32' 13.92518" S	50° 39' 33.33942" W
151	159	dominante	25° 32' 14.2821" S	50° 39' 32.3546" W
152	160	dominante	25° 32' 14.4446" S	50° 39' 32.6383" W
153	161	subdominante	25° 32' 14.5517" S	50° 39' 32.7736" W
154	162	dominante	25° 32' 14.7605" S	50° 39' 32.8481" W
155	163	dominante	25° 32' 14.9024" S	50° 39' 33.2352" W
156	164	dominante	25° 32' 15.0140" S	50° 39' 33.2877" W
157	165	dominante	25° 32' 13.47622" S	50° 39' 34.43125" W
158	166	dominante	25° 32' 13.04503" S	50° 39' 35.53100" W
159	167	dominante	25° 32' 13.56852" S	50° 39' 33.95768" W
160	168	subdominante	25° 32' 11.310" S	50° 39' 33.45" W
161	169	subdominante	25° 32' 11.352" S	50° 39' 33.453" W
162	170	subdominante	25° 32' 07.953" S	50° 32' 07.953" W
163	171	dominante	25° 32' 13.0" S	50° 39' 31.7" W

164	172	subdominante	25° 32' 11.007" S	50° 39' 32.606" W
165	173	dominante	25° 32' 12.2" S	50° 39' 32.1" W
166	174	dominante	25° 32' 07.002" S	50° 39' 30.20" W
167	175	dominante	25° 32' 09.0" S	50° 39' 30.1" W
168	176	dominante	25° 32' 09.4" S	50° 39' 30.4" W
169	177	dominante	25° 32' 07.864" S	50° 39' 30.766" W
170	178	dominante	25° 32' 07.69" S	50° 39' 30.151" W
171	179	dominante	25° 32' 09.5" S	50° 39' 31.3" W
172	180	dominante	25° 32' 09.6" S	50° 39' 31.8" W
173	181	dominante	25° 32' 08.901" S	50° 39' 32.944" W
174	182	subdominante	25° 32' 08.544" S	50° 39' 31.712" W
175	183	dominante	25° 32' 08.342" S	50° 39' 33.135" W
176	184	dominante	25° 32' 09.8" S	50° 39' 38.7" W
177	185	dominante	25° 32' 10.0" S	50° 39' 27.7" W
178	186	dominante	25° 32' 10.2" S	50° 39' 32.3" W
179	187	dominante	25° 32' 09.96698" S	50° 39' 32.66479" W
180	188	dominante	25° 32' 10.46650" S	50° 39' 32.59928" W
181	189	subdominante	25° 32' 10.6" S	50° 39' 32.0" W
182	190	dominante	25° 32' 10.4" S	50° 39' 31.7" W
183	191	dominante	25° 32' 10.4" S	50° 39' 31.8" W
184	192	dominante	25° 32' 11.3" S	50° 39' 30.3" W
185	193	dominante	25° 32' 11.59080" S	50° 39' 30.73683" W
186	194	dominante	25° 32' 11.1" S	50° 39' 30.9" W
187	195	dominante	25° 32' 11.29797" S	50° 39' 31.34323" W
188	196	dominante	25° 32' 11.1598" S	50° 39' 31.9733" W
189	197	dominante	25° 32' 10.906" S	50° 39' 25.828" W
190	198	dominante	25° 32' 11.1" S	50° 39' 29.1" W
191	199	dominante	25° 32' 11.9450" S	50° 39' 31.1695" W
192	200	dominante	25° 32' 11.51468" S	50° 39' 32.70383" W
193	201	dominante	25° 32' 09.5" S	50° 39' 34.0" W
194	202	dominante	25° 32' 09.8" S	50° 39' 34.6" W
195	203	dominante	25° 32' 10.0" S	50° 39' 34.5" W
196	204	dominante	25° 32' 10.6" S	50° 39' 33.6" W
197	205	dominante	25° 32' 12.1" S	50° 39' 36.7" W
198	206	dominante	25° 32' 12.2" S	50° 39' 36.8" W
199	207	subdominante	25° 32' 12.3" S	50° 39' 36.9" W
200	208	dominante	25° 32' 12.5" S	50° 39' 37.2" W
201	209	dominante	25° 32' 12.7" S	50° 39' 37.3" W
202	210	dominante	25° 32' 13.1" S	50° 39' 37.4" W
203	211	dominante	25° 32' 13.3" S	50° 39' 37.3" W
204	212	dominante	25° 32' 13.5" S	50° 39' 37.0" W
205	213	dominante	25° 32' 10.9028" S	50° 39' 39.1287" W
206	214	dominante	25° 32' 09.385" S	50° 39' 37.778" W
207	215	dominante	25° 32' 09.214" S	50° 39' 38.252" W
208	216	dominante	25° 32' 08.957" S	50° 39' 38.491" W
209	217	dominante	25° 32' 09.044" S	50° 39' 38.964" W
210	218	dominante	25° 32' 10.118" S	50° 39' 38.344" W
211	219	subdominante	25° 32' 20.152" S	50° 39' 44.242" W
212	220	dominante	25° 32' 21.1266" S	50° 39' 45.7844" W
213	221	dominante	25° 32' 20.7441" S	50° 39' 45.5093" W
214	222	dominante	25° 32' 26.64225" S	50° 39' 48.67818" W
215	223	dominante	25° 32' 30.63550" S	50° 39' 51.46917" W
216	224	dominante	25° 32' 30.52566" S	50° 39' 51.79584" W
217	225	dominante	25° 32' 19.018" S	50° 39' 56.054" W
218	226	dominante	25° 32' 18.884" S	50° 39' 54.054" W

219	227	dominante	25° 32' 18.583" S	50° 39' 53.88" W
220	228	dominante	25° 32' 14.75308" S	50° 39' 36.34627" W
221	229	dominante	25° 32' 10.506" S	50° 39' 38.828" W
222	230	dominante	25° 32' 10.895" S	50° 39' 39.68" W
223	231	dominante	25° 32' 11.498" S	50° 39' 40.342" W
224	232	dominante	25° 32' 00.07" S	50° 39' 35.966" W
225	233	dominante	25° 32' 00.636" S	50° 39' 36.249" W
226	234	dominante	25° 31' 59.565" S	50° 39' 33.834" S
227	235	dominante	25° 32' 00.97420" S	50° 39' 34.77556" W
228	236	dominante	25° 31' 59.74868" S	50° 39' 32.90807" W
229	237	subdominante	25° 32' 01.64653" S	50° 39' 34.73797" W
230	238	dominante	25° 32' 01.29517" S	50° 39' 34.08337" W
231	239	subdominante	25° 32' 01.48561" S	50° 39' 33.91151" W
232	240	dominante	25° 31' 59.69278" S	50° 39' 31.83301" W
233	241	dominante	25° 32' 01.91198" S	50° 39' 33.43216" W
234	242	dominante	25° 32' 02.73299" S	50° 39' 33.09259" W
235	243	dominante	25° 32' 03.46027" S	50° 39' 33.87385" W
236	244	dominante	25° 32' 02.98071" S	50° 39' 34.17936" W
237	245	dominante	25° 32' 02.12294" S	50° 39' 32.60356" W
238	245	dominante	25° 32' 01.49570" S	50° 39' 32.20635" W
239	246	subdominante	25° 32' 02.95813" S	50° 39' 32.50901" W
240	247	dominante	25° 32' 00.19764" S	50° 39' 33.76657" W
241	248	dominante	25° 32' 01.32063" S	50° 39' 33.00982" W
242	249	subdominante	25° 32' 00.42853" S	50° 39' 33.63936" W
243	250	subdominante	25° 32' 00.18282" S	50° 39' 33.76879" W
244	251	dominante	25° 32' 00.44491" S	50° 39' 31.72012" W
245	252	subdominante	25° 32' 00.60438" S	50° 39' 31.62017" W
246	253	subdominante	25° 32' 00.60764" S	50° 39' 31.51179" W
247	254	subdominante	25° 32' 00.49264" S	50° 39' 31.51935" W
248	255	dominante	25° 32' 00.98066" S	50° 39' 31.61898" W
249	256	dominante	25° 31' 59.48086" S	50° 39' 32.08518" W
250	258	dominante	25° 32' 00.87004" S	50° 39' 31.03298" W
251	259	dominante	25° 31' 58.88139" S	50° 39' 29.08456" W
252	260	dominante	25° 31' 58.8737" S	50° 39' 29.0541" W
253	261	dominante	25° 31' 58.8482" S	50° 39' 29.0757" W
254	262	dominante	25° 31' 56.284" S	50° 39' 24.584" W
255	263	dominante	25° 31' 56.624" S	50° 39' 24.457" W
256	264	dominante	25° 31' 54.42" S	50° 39' 22.188" W
257	265	dominante	25° 31' 54.126" S	50° 39' 22.8534" W
258	266	dominante	25° 31' 53.867" S	50° 39' 22.474" W
259	267	dominante	25° 31' 53.133" S	50° 39' 21.244" W
260	268	dominante	25° 31' 55.201" S	50° 39' 22.942" W
261	269	dominante	25° 31' 57.49943" S	50° 39' 24.07004" W
262	270	dominante	25° 31' 57.40900" S	50° 39' 24.03239" W
263	271	dominante	25° 32' 54.38852" S	50° 39' 24.74891" W
264	25100	subdominante	25° 32' 00.65715" S	50° 39' 31.81584" W

