Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 595-606.

ESTUDO PRELIMINAR PARA A ESCOLHA DE UM NOVO SÍTIO PARA O AERÓDROMO DE OLÍMPIA COM UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Gabriela A. Ipolliti[1]
Magaly G. Oliveira[1]
Ana Carolina Rezende[1]

[1] INPE – Instituto Nacional de Pesquisas espaciais
Pós-graduação em Sensoriamento Remoto
Caixa Postal 515, 12202 São José dos Campos, SP, Brasil
gabriela@ltid.inpe.br
magaly@ltid.inpe.br
anac@ltid.inpe.br

Abstract. This work was a preliminary study to find suitable sites for a new aerodrome in Olímpia - SP. GIS-based analysis were done using criteria provided by specialists in airport planning. The criteria concerned to cultural and natural elements as urban areas distance, roads protection and accessibility, streams protection, flood sensibility, slope, and landing strip dimensions. As a preliminary study, some elements were assumed to be suitable, as land cover, soil, geology and meteorology. The data set was obtained from four topographic map sheets at 1:50,000 scale. The metodology used here can be improved and applied to other similar cases.

Keywords: GIS analysis, data conversion, data modelling, airport planning

1. Introdução

Os problemas resultantes da incorporação das atividades aeroportuárias no complexo da vida metropolitana são relativamente recentes. Nos primórdios do transporte aéreo, os aeródromos ficavam distantes das cidades, situados em terrenos pouco valorizados e onde a inexistência de obstáculos permitia a máxima flexibilidade das operações de aeronaves. Porém, na atualidade, a demanda por terras urbanizáveis tem levado a um grande adensamento urbano, residencial e industrial nas proximidades dos aeródromos.

Como consequência desse crescimento desordenado das cidades, as operações aeroportuárias são prejudicadas por estruturas que se elevam nas aerovias, por visibilidade reduzida em virtude de atividades que provocam fumaça e pó, e por perturbações nas comunicações devido à interferência elétrica. Por outro lado, a vizinhança está sujeita aos riscos e incômodos resultantes do tráfego de aviões (Horonjeff, 1966).

Tal é o caso do atual aeródromo do Município de Olímpia, o qual encontra-se envolvido pela malha urbana da cidade, sem condições de expansão e dificultando o crescimento planejado do Município. Sua pista de terra de 1050 **metros** de comprimento com declividades acentuadas em ambas as cabeceiras, seu entorno edificado e a falta de auxílios à navegação trazem insegurança ao transporte aéreo local. Neste contexto, resulta de grande

importância para o Município a escolha de um novo sítio para a localização do aeródromo, de maior superfície e com entorno mais adequado.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permitem a manipulação de dados geograficamente referenciados e seus respectivos atributos e a integração desses dados em diversas operações de análise geográfica. Os SIG's vêm sendo amplamente utilizados para apoiar a tomada de decisão referente aos problemas territoriais (Sendra, 1992).

No contexto do que foi exposto acima, o presente trabalho teve o objetivo de determinar, em nível preliminar, áreas adequadas à localização de um aeródromo da categoria 3/VFR (*Visual Flight Rules*, Portaria 1.141 de 1987) no Município de Olímpia (SP) através de análises espaciais baseadas nas ferramentas de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). A metodologia aqui utilizada poderá ser adaptada e estendida a outras regiões, a fim de apoiar a tomada de decisões dos agentes responsáveis pela localização de aeródromos.

2. Área de Estudo

O Município de Olímpia encontra-se localizado no norte do Estado de São Paulo (**Figura 1**). As coordenadas geográficas aproximadas (latitude, longitude) mínimas e máximas do retângulo envolvente do Município são 20°30', 48°45' e 21°07', 49°15', respectivamente.

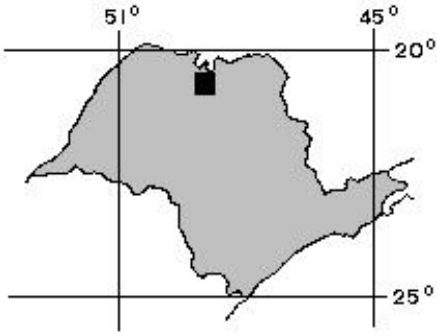


Figura 1. Localização do Município de Olímpia no Estado de São Paulo.

Na carta topográfica editada pelo IBGE em escala 1:50.000, o Município de Olímpia encontra-se mapeado em quatro folhas: Altair (SF-22-X-B-IV-2), Uchôa, (SF-22-X-B-IV-4), Olímpia (SF-22-X-B-V-1) e Severínia (SF-22-X-B-V-3).

3. Desenvolvimento

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizadas uma estação de trabalho *Sun SPARC Station*10 e uma mesa digitalizadora A0 *Digigraf*, que fazem parte do equipamento disponível no Laboratório de Tratamento Imagens Digitais (LTID) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para os processos de digitalização dos dados, edição, manipulação, análises espaciais e apresentação dos resultados, foi utilizado o *software* ARC/INFO™ versão 7.0.2 (ESRI Inc., 1994).

3.1. Critérios para a localização de áreas adequadas ao aeródromo

A localização das áreas para construção de um aeródromo de categoria 3/VFR, foi condicionada por uma série de critérios, citados por Alves e Muller (1990), que serão apresentados a seguir.

a. Distância dos centros urbanos

Esse critério teve como objetivo evitar a interferência do desenvolvimento urbano nas operações aeroportuárias, além de fornecer segurança à população (distância mínima) e estabelecer o raio máximo de deslocamento do usuário de Olímpia (distância máxima). Nesse sentido, determinaram-se as distâncias de afastamento do aeródromo da periferia da cidade de Olímpia e da vila Ribeiro dos Santos, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Afastamento máximo e mínimo entre o aeródromo e a periferia dos centros urbanos.

Centro Urbano	Distância máxima (m)	Distância mínima (m)
Olímpia	15000	3000
Ribeiro dos Santos	---	1000

b. Proteção ao sistema viário e acessibilidade

Como mecanismo de proteção, foi considerada a distância mínima de 100 metros ao redor das estradas. Entretanto, uma vez detectadas as áreas mais adequadas neste estudo preliminar, deverão ser priorizadas as áreas próximas à rede viária, como forma de evitar o levantamento de vias de acesso muito compridas, que possam aumentar os custos de construção.

c. Proteção à rede de drenagem e suscetibilidade a alagamentos

Foi considerada a distância mínima de 300 metros ao redor da rede de drenagem como forma de proteção e prevenção de alagamentos, além das condições de solo e visibilidade reduzida.

d. Declividade

Para a segurança das operações de pouso e decolagem, devem ser evitadas as variações bruscas de declividade que possam fazer com que a aeronave deixe prematuramente o solo, ou que possam acarretar uma oscilação longitudinal. Neste sentido, considerou-se que as áreas adequadas deviam apresentar uma declividade máxima de 1%.

e. Dimensões mínimas da pista

A categoria do aeródromo (3/VFR), determina que a pista deve ter 1320 metros de comprimento por 150m de largura, com áreas livres nas cabeceiras de 240 metros por 200 metros (**Figura 2**). Essas dimensões resultaram uma área mínima total de 412.800 m^2. Esse critério foi utilizado para excluir áreas que, apesar de adequadas segundo outros critérios, fossem muito pequenas para o novo aeródromo. Entretanto, o formato foi analisado visualmente depois de obtidos os resultados das análises no SIG.

FIG. 2

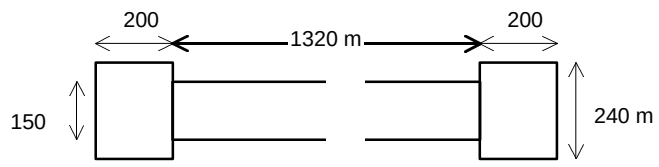


Figura 2. Representação esquemática das dimensões da pista

f. Condições meteorológicas

A pista deve estar orientada na direção dos ventos predominantes. Esse requisito deve ser contemplado rigorosamente, porque tanto no pouso como na decolagem, a aeronave somente poderá percorrer a pista enquanto a componente do vento perpendicular à direção de deslocamento não for excessiva. Na região estudada, os ventos predominantes apresentam a direção N-S; assim, a pista deve seguir a direção N-S, mas pode ser deslocada em 30° nas direções E-W. Entretanto, no presente trabalho, as condições locais foram assumidas como adequadas, de modo que não foram consideradas nas análises realizadas no SIG.

g. Obstáculos nas vizinhanças

O local para o aeródromo deve ser livre de obstáculos, ou os obstáculos porventura existentes devem ser removíveis. Para o presente trabalho, foram considerados como obstáculos os morros e os postes da rede elétrica linhas e da telefônica, sendo os últimos considerados como removíveis.

Para um aeródromo da categoria considerada, as normas estabelecem a existência de zonas livres de obstáculos nas extremidades das pistas, em uma distância mínima de 3000m com inclinação livre 1:30. Esse fator será verificado após a determinação das áreas preliminares.

h. Geologia e solos

Os temas Geologia e Solos não foram considerados nesta fase do trabalho, pela falta de informação em escala suficientemente detalhada. Entretanto, uma vez determinadas as áreas adequadas resultantes desta fase preliminar, tais fatores deverão ser verificados *in situ* por uma equipe especializada.

3.2. Base de dados

Como fonte de dados foram utilizadas as quatro folhas topográficas da região de estudo na escala 1:50.000. Foram gerados os seguintes planos de informação geográfica (*coverages*):

- limite municipal;
- altimetria (curvas de nível e pontos cotados);
- drenagem (rios, córregos e represas);
- áreas inundáveis (terreno sujeito a inundação);
- zonas urbanas (Olímpia e Ribeiros dos Santos);
- sistema viário (rodovias e ferrovias).

A partir dos planos de informação de curvas de nível, pontos cotados e rede de drenagem, foi gerado o modelo numérico de terreno (MNT), representado, neste caso, por uma rede triangular irregular (*Triangular Irregular Network* - TIN). A partir do MNT, foi calculado o mapa de declividade em porcentagem, com as seguintes classes: declividade menor ou igual a 1% (classe1), declividade maior que 1% e menor ou igual a 3% (classe 2) e declividade maior que 3% (classe3).

3.3. Análises espaciais

As análises espaciais foram realizadas sobre elementos vetoriais, baseadas nos atributos, na natureza espacial e na topologia desses elementos. Os processos são descritos a seguir e apresentados na **Figura 3**.

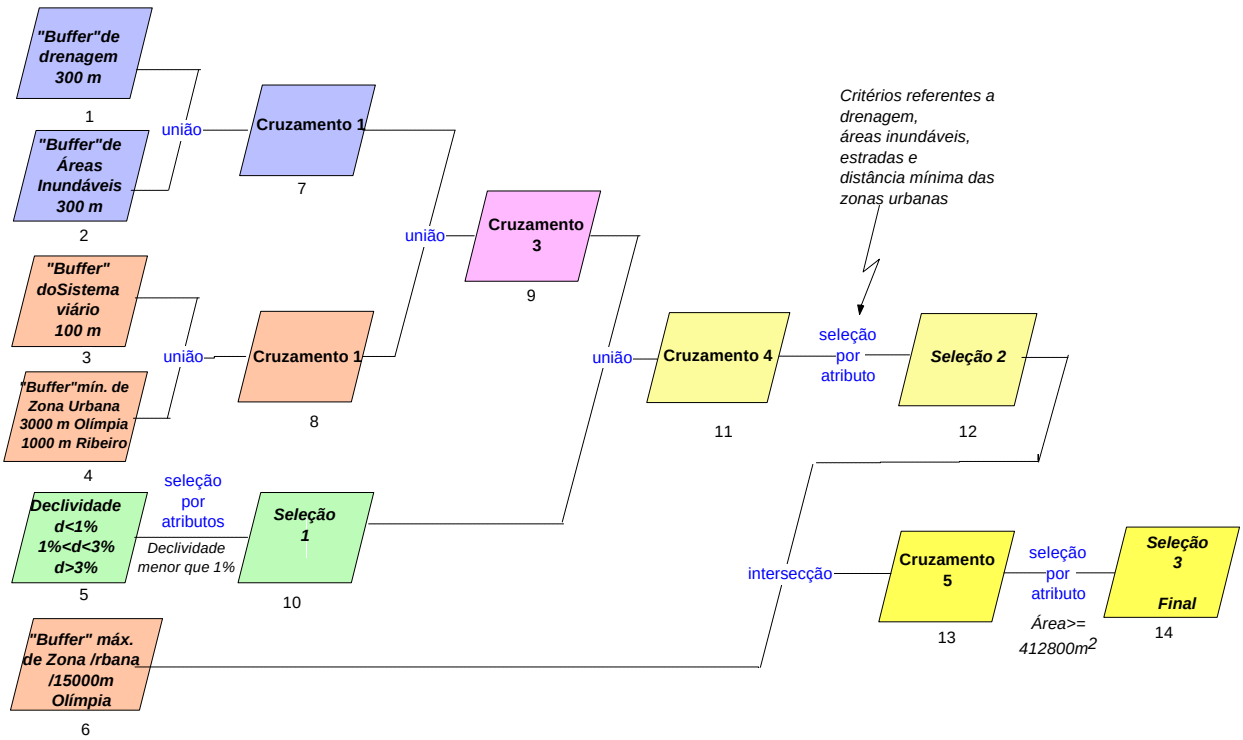


Figura 3. Esquema das análises realizadas no trabalho e os respectivos planos de informação

3.3.1. Análise de proximidade

Consistiu na definição de entornos de influência ou *buffers* (Aronoff, 1989; DeMers, 1997). A largura das áreas foi determinada pelos critérios de distância em relação a rede de drenagem, sistema viário e áreas urbanas, conforme apresentado no item **3.1.** Foram obtidos cinco novos planos de informação geográfica que serviram de suporte à análise posterior. Estes planos são identificados com os números 1, 2, 3, 4 e 6 da **Figura 3**.

3.3.2. Cruzamentos topológicos

No processo de cruzamentos que considerou a topologia dos dados (Burrough, 1986; DeMers, 1997), os planos de informação foram cruzados dois a dois, sendo que cada plano de informação resultante herdou os atributos dos planos de origem. Foram utilizadas ‘’as operações de união e de interseção entre os planos de informação geográfica. O processo de união foi utilizado para o cruzamento entre os seguintes planos de informação:

- *buffer* de drenagem;
- *buffer* de área inundável;
- *buffer* de sistema viário;.
- *buffer* mínimo de zona urbana;
- declividade.

O processo de interseção foi aplicado no resultado dos cruzamentos dos planos de informação anteriores com o *buffer* de distância máxima de zonas urbanas Como resultado desse processo, foi gerado um plano de informação contendo todas as áreas que se encontravam nas distâncias adequadas das vias de drenagem, do sistema viário, das áreas inundáveis, das zonas urbanas e que possuíam uma declividade máxima de 1% (plano 13 da **Figura 3**). As áreas menores a 412.800 m^2 foram desprezadas por meio de seleção por atributos.

FIG. 3

3.3.2. Seleção por atributos

O processo de seleção por atributos foi realizado para restringir o conjunto de dados e apresentar somente os elementos de interesse nos resultados, conforme os critérios estabelecidos e apresentados no item 3.1. (por exemplo, declividade menor menor que 1%, áreas fora dos *buffers* de proteção e áreas dentro do *buffer* máximo de 15000m de Olímpia).

Uma vez concluídos os cruzamentos topológicos, foram selecionados somente os elementos que, além de atenderem os critérios descritos anteriormente, possuíam área maior ou igual a 412.800 m^2 (o que resultou no plano 14 da **Figura 3**).

4. <u>Resultados</u>

Os resultados dos processos descritos no item anterior são apresentados no **Apêndice**, em 4 mapas na escala 1:200.000, os quais contêm as áreas adequadas ao aeródromo em contraste com o mapa base, com os *buffers* de drenagem e de áreas inundáveis, com os *buffers* do sistema viário e de zonas urbanas e com a declividade.

MAPA 1

MAPA 2

MAPA 3

MAPA 4

Através de um mapa de relevo sombreado com a sobreposição das áreas adequadas e de áreas de declividade maior que 3% (não apresentados aqui) verificou-se que as áreas resultantes adequadas à localização do aeródromo estão limitadas por declividades de até 3%, com inclinação descendente, o que é um ponto favorável à localização do aeródromo.

Os mapas finais estão na escala 1:200.000 para se adequarem ao formato do documento original, contendo o relatório deste trabalho, que utilizou papel formato A4.

5. Conclusões

Este trabalho teve o objetivo de determinar, de modo preliminar, as áreas adequadas à localização de um novo sítio para o aeródromo de Olímpia. Além disso, este trabalho teve o propósito de apresentar uma metodologia inovadora para apoiar o planejamento de aeroportos. Os processos e as análises foram feitos utilizando-se um Sistema de Informação Geográfica e seguindo os critérios estabelecidos por Alves e Muller (1990).

Pôde ser verificado que algumas áreas, como aquelas próximas a Ribeiro dos Santos e outras muito próximas à estradas, já vinham sendo estudadas paralelamente pela equipe especializada. Essa equipe poderá utilizar os resultados deste trabalho para discussões e para estudos posteriores, bem como para comparar estes resultados com aqueles sugeridos pela Prefeitura de Olímpia.

Entretanto, para a escolha de um novo sítio para o aeródromo, a utilização do SIG como ferramenta de apoio à tomada de decisão e gestão territorial deve prosseguir. Além disso, outros fatores como uso e cobertura do solo, zoneamento e dados sócio-econômicos, por exemplo, poderiam ser levados em consideração para análises mais refinadas em etapas posteriores.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Professor Cláudio Jorge P. Alves, do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), que vem efetivamente desenvolvendo o projeto para a localização do novo aeródromo de Olímpia e que contribuiu com os fundamentos e com os critérios utilizados neste trabalho.

Referências Bibliográficas

Alves, C.J.P; Muller, C. **Planejamento de aeroportos**. Apostila de Curso. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos, Brasil. 1990. 205p.

Aronoff, S. **Geographical information systems: a management perspective**. Ottawa, WDL Publications. 1989. 275p .

Burrough, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment.** London, Oxford University Press. 1986. 193p.

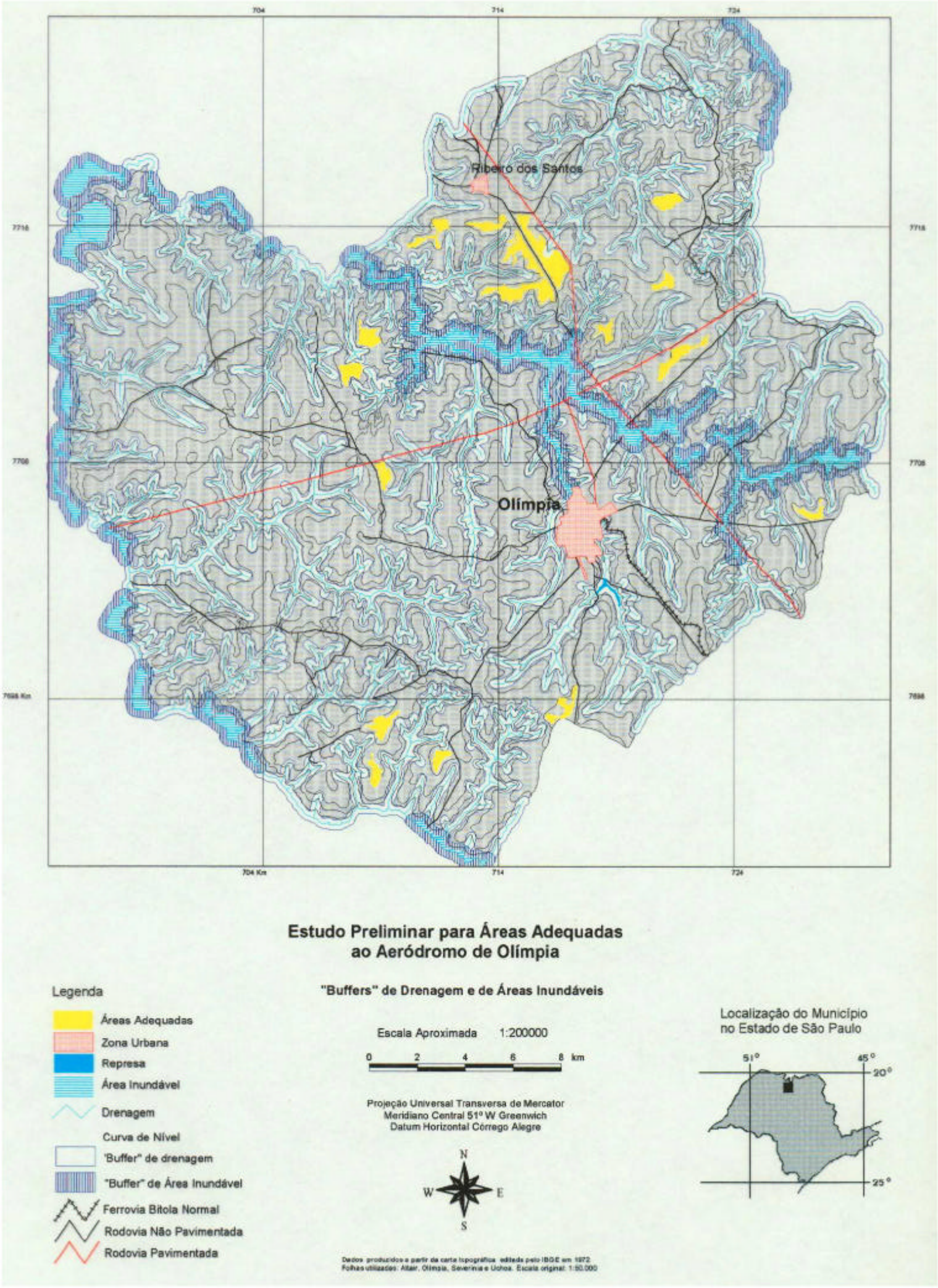
DeMers, M.N. **Fundamentals of geographic information systems**. New York, John Willey & Sons. 1997. 486p.

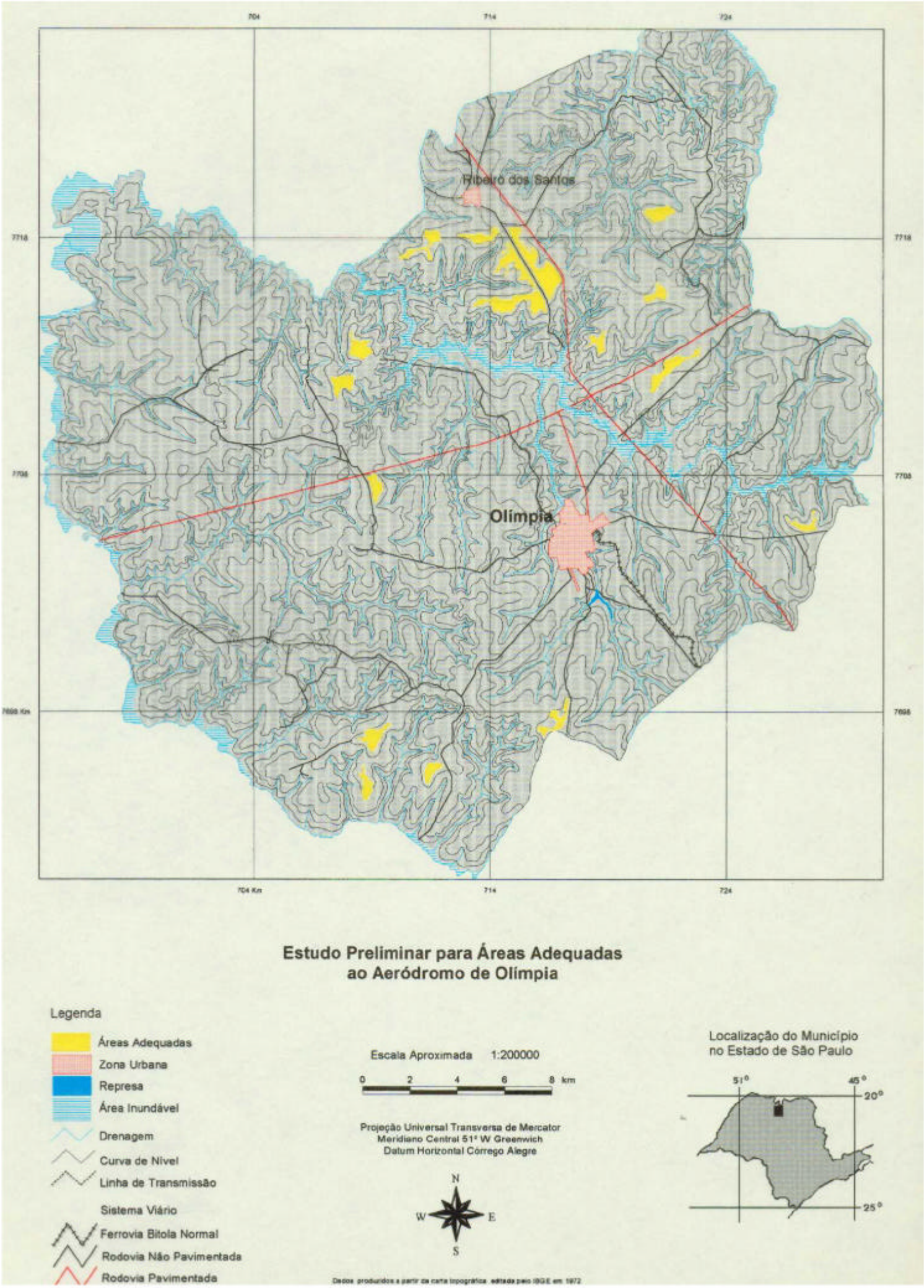
ESRI Inc. **ARC/INFO 7.0.2 Help on line**. Redlands, California. Environmental Systems Research Institute. 1994

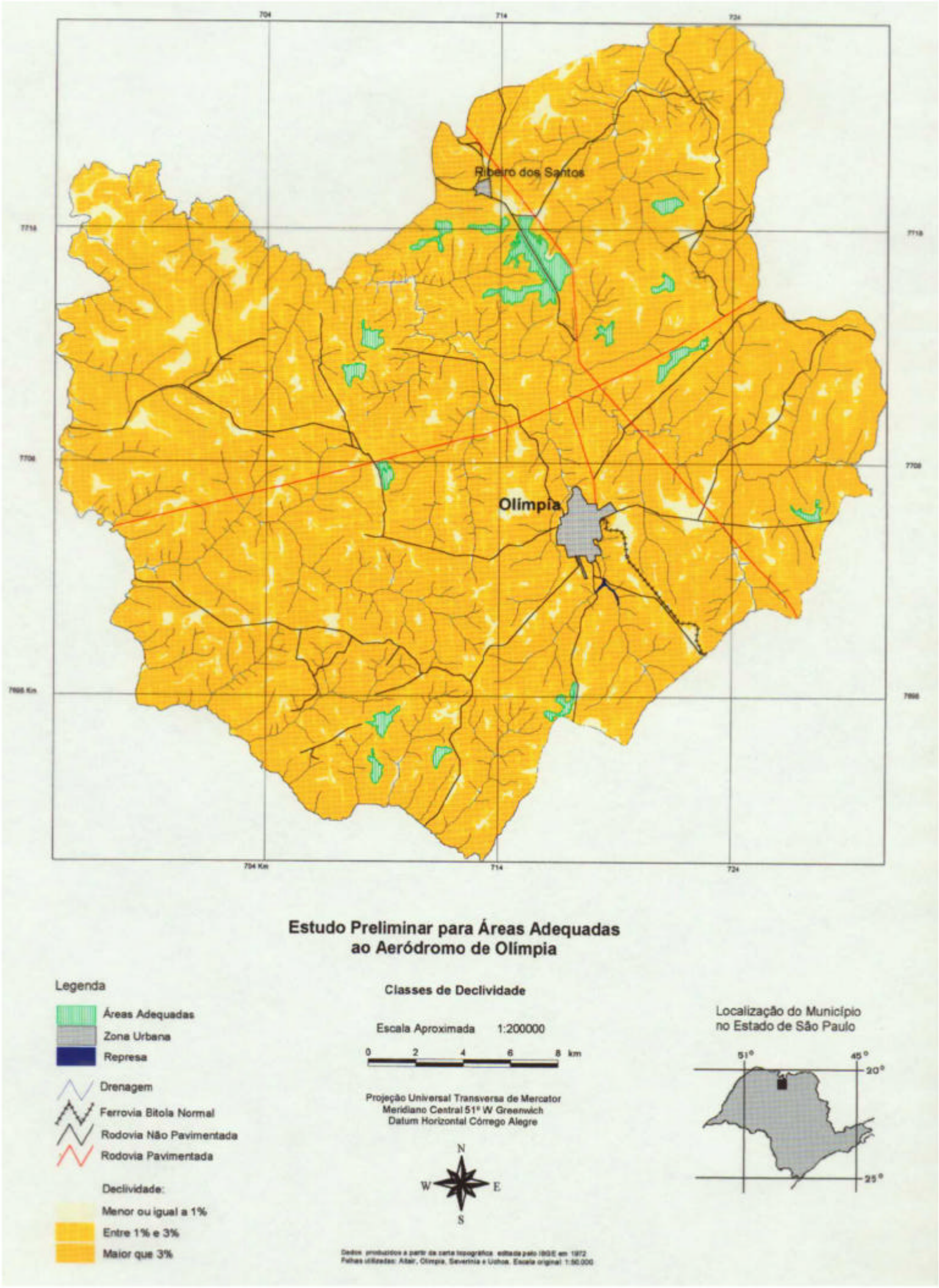
Horonjeff, R. **Aeroportos, Planejamento e Projeto**. Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional - USAID. Rio de Janeiro, Brasil. 1966. 513p

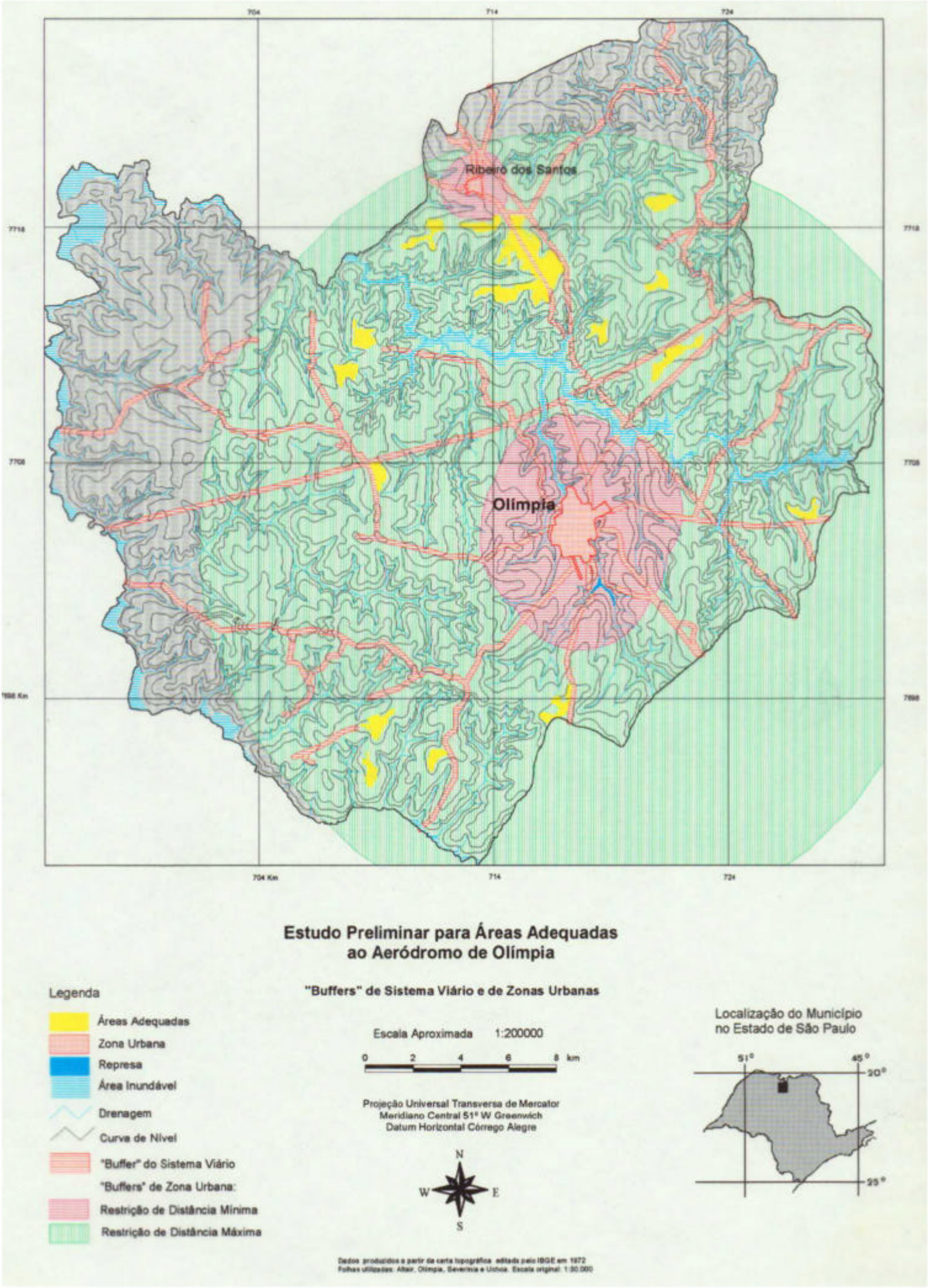
Portaria 1141/GM5 **Plano de zonas de proteção.** Diário Oficial da União em 9/12/1987. Ministério da Aeronáutica. Brasília. 1987.

Sendra, J.B. **Sistemas de informação geográfica**. Madrid, Espanha. Rialp, S.A.1992. 451 p.


Ribeiro dos Santos
Olímpia
Estudo Preliminar para Áreas Adequadas
ao Aeródromo de Olímpia
"Buffers" de Drenagem e de Áreas Inundáveis
Legenda
Áreas Adequadas
Zona Urbana
Represa
Área Inundável
Drenagem
Curva de Nível
"Buffer" de drenagem
"Buffer" de Área Inundável
Ferrovia Bitola Normal
Rodovia Não Pavimentada
Rodovia Pavimentada
Escala Aproximada 1:200000
0 2 4 6 8 km
Projeção Universal Transversa de Mercator
Meridiano Central 51º W Greenwich
Datum Horizontal Córrego Alegre
N
W
E
S
Localização do Município
no Estado de São Paulo
51°
45°
20°
25°


704
714
724
7718
7708
7698 Km
704 Km
Ribeiro dos Santos
Olímpia
Estudo Preliminar para Áreas Adequadas
ao Aeródromo de Olímpia
Legenda
Áreas Adequadas
Zona Urbana
Represa
Área Inundável
Drenagem
Curva de Nível
Linha de Transmissão
Sistema Viário
Ferrovia Bitola Normal
Rodovia Não Pavimentada
Rodovia Pavimentada
Escala Aproximada 1:200000
0 2 4 6 8 km
Projeção Universal Transversa de Mercator
Meridiano Central 51º W Greenwich
Datum Horizontal Córrego Alegre
N
W
E
S
Localização do Município
no Estado de São Paulo
51°
45°
20°
25°
Dados produzidos a partir da carta topográfica editada pelo IBGE em 1972


Ribeiro dos Santos
Olímpia
704
714
724
704 Km
Estudo Preliminar para Áreas Adequadas
ao Aeródromo de Olímpia
Legenda
Áreas Adequadas
Zona Urbana
Represa
Drenagem
Ferrovia Bitola Normal
Rodovia Não Pavimentada
Rodovia Pavimentada
Declividade:
Menor ou igual a 1%
Entre 1% e 3%
Maior que 3%
Classes de Declividade
Escala Aproximada 1:200000
0 2 4 6 8 km
Projeção Universal Transversa de Mercator
Meridiano Central 51° W Greenwich
Datum Horizontal Córrego Alegre
N
W
E
S
Localização do Município
no Estado de São Paulo
51°
45°
20°
25°


Ribeiro dos Santos
Olímpia
704
714
724
704 Km
Estudo Preliminar para Áreas Adequadas
ao Aeródromo de Olímpia
"Buffers" de Sistema Viário e de Zonas Urbanas
Legenda
Áreas Adequadas
Zona Urbana
Represa
Área Inundável
Drenagem
Curva de Nível
"Buffer" do Sistema Viário
"Buffers" de Zona Urbana:
Restrição de Distância Mínima
Restrição de Distância Máxima
Escala Aproximada 1:200000
0 2 4 6 8 km
Projeção Universal Transversa de Mercator
Meridiano Central 51° W Greenwich
Datum Horizontal Córrego Alegre
N
W
E
S
Localização do Município
no Estado de São Paulo
51°
45°
20°
25°