

IMAGENS DO *GOOGLE EARTH* PARA FINS DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DE EXATIDÃO PARA O MUNICÍPIO DE SÃO LEOPOLDO/RS.

Marcelo Zagonel de Oliveira, Maurício Roberto Veronez, Marcos Turani, Alessandro Ott Reinhardt, Reginaldo Macedônio da Silva

RESUMO

O principal objetivo desse trabalho foi, por meio de imagens orbitais disponibilizadas gratuitamente pelo *Google Earth*, e com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), analisar a viabilidade de utilização das mesmas na definição de Áreas de Proteção Permanente (APPs) do Município de São Leopoldo/RS. Para atingir tal objetivo foi necessário definir o Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC) do mosaico advindo do *Google Earth* onde o mesmo serviu de base para espacialização de informações ambientais em um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Estatisticamente concluiu-se que a imagem do *Google Earth* elaborada por meio de cenas capturadas a 5900 metros de altitude pode ser enquadrada em uma classe B e escala 1/15.000. A pesquisa mostrou que imagens de satélites de alta resolução do *Google Earth* (associada a uma rede de pontos GPS) podem ser utilizadas de forma eficiente no aspecto de uma localização e quantificação mais precisa das APPs.

Palavras chaves: *Google Earth*, Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC), Áreas de Preservação Permanente, Sensoriamento Remoto.

1 INTRODUÇÃO

Bacias hidrográficas vêm sofrendo impactos ambientais desencadeados por alterações no uso e ocupação do solo, e estes, por sua vez, advindos pelo processo de urbanização. Tais transformações, sofridas pelas bacias, podem ocorrer muito rapidamente, influenciando a qualidade da paisagem, degradação ambiental, ocupação irregular e falta de planejamento na gestão urbana (Ono et al., 2005). Segundo Vieira (2006), as técnicas convencionais, quando aplicadas para monitorar a expansão urbana e a ocupação de áreas de bacias hidrográficas, não têm conseguido acompanhar a velocidade deste fenômeno. Sendo assim, deve-se alertar para a necessidade da busca de novos métodos, empregando tecnologias mais adequadas, para detectar, em tempo real, a expansão urbana e as alterações ambientais decorrentes.

Atualmente, o uso de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) representam um importante suporte para o planejamento e tomadas de decisões relacionadas ao meio ambiente (Green, 1994). Nos últimos anos, houve uma grande inovação nas imagens orbitais para uso comercial. A partir do desenvolvimento de satélites com sensores de alta resolução espacial, como o IKONOS-II e o QUICKBIRD, abriu-se um novo campo no SR (Tanaka e Sugimura, 2001).

O *Google Earth* é o que revoluciona, na contemporaneidade, o processo de disponibilização de produtos cartográficos de forma gratuita. Conforme o *site* <http://earth.google.com/faq.html> é possível visualizar em diferentes partes do globo,

imagens de satélites georreferenciadas (muitas vezes de alta resolução geométrica) caracterizando informações detalhadas como: parques, hospitais, aeroportos, sistemas aquíferos, cadeias de montanhas, florestas, afloramentos, falhas e fraturas, etc. Instituições como o *United States Geological Survey* (USGS) e o *National Severe Storms Laboratory* (NSSL) vêm utilizando com frequência imagens do *Google Earth*. Tanto para pesquisas geológicas e ambientais (Haefner & Gordon, 2008), quanto para investigações meteorológicas (Smith, T. M. et al. 2007). Além disso, o periódico científico *Nature* destacou o *Google Earth*, citando que, inclusive o Prof. Michael Goodchild, da Universidade da Califórnia, Santa Bárbara e Jack Dangermond, fundador e presidente da ESRI, trazem esta ferramenta como promotora do aumento da consciência do potencial do SIG (Butler, 2006).

Vale ainda ressaltar que, atualmente, a gestão ambiental é realizada majoritariamente por meio de cartas topográficas, fotos aéreas e imagens de satélites, que possuem um alto custo principalmente para prefeituras e empresas que necessitam planejar e gerir ambientalmente seu território. Com as imagens de satélites de alta resolução geométrica disponibilizadas pelo *Google Earth* gratuitamente para toda a comunidade com acesso à *internet* vislumbra-se a possibilidade de utilizar esses recursos para fins de gestão ambiental.

O principal objetivo desse trabalho foi analisar a exatidão cartográfica de um mosaico elaborado a partir da captura de cenas disponibilizadas pelo *Google Earth* de toda a cidade de São Leopoldo/RS e, com o auxílio de um SIG, utilizar este produto na delimitação das Áreas de Proteção Permanente (APPs) do respectivo município visando o gerenciamento ambiental das inúmeras atividades desenvolvidas pela Secretária de Meio Ambiente.

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Área de estudo

A área de estudo selecionada foi o município de São Leopoldo no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (figura 1), o qual possui uma área de 104,50 km² e está localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre. A sede municipal situa-se na Latitude 29°45'37"S e Longitude 51°08'50"W. A altitude média do Município é de 26 m, sendo que a área urbana está entre as elevações de 5 e 25 m e a área rural acima de 25 m. Na porção sudeste ocorre morros com altitudes entre 50 e 302 m, onde localiza-se o ponto mais alto, o Morro de Paula. Na porção noroeste, as elevações oscilam entre 50 e 100 m acima do nível do mar.

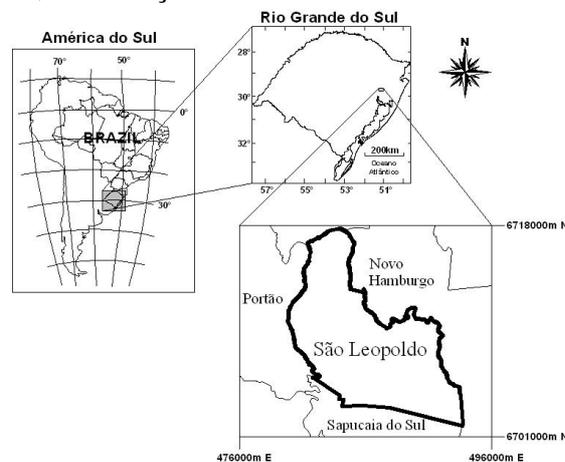


Figura 1 Localização da área de estudo

2.2 Estruturação do mosaico a partir de cenas capturadas do *Google Earth*

Para estruturação do mosaico foram capturadas 15 cenas a uma altitude de 4.000 m. Após este procedimento realizou-se a junção das mesmas formando uma cena única da área de estudo, utilizando o programa *Panavue Image Assembler*, que automatizou e otimizou o processo de construção do mosaico. O georreferenciamento da imagem foi realizado no programa *ARCGIS 9.2* com base em 17 pontos da rede GPS implantada no município de São Leopoldo.

2.3 Análise da exatidão cartográfica do mosaico advindo do *Google Earth*

Para análise da exatidão cartográfica estruturou-se no município de São Leopoldo uma rede GPS de 30 vértices materializada seguindo as especificações técnicas definidas pelo IBGE. Os vértices foram implantados de tal forma que os mesmos fossem bem identificáveis na imagem da *Google Earth* e no terreno e também que tivessem uma distribuição uniforme abrangendo todo o limite do município. A malha teve como ponto de referência o vértice UNISINOS, onde o mesmo é homologado pelo IBGE ao Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas (SIRGAS).

Após materializados os 30 pontos, executou-se rastreios com o Sistema GPS através do método relativo estático. O equipamento utilizado foi do fabricante LEICA, modelo SR-9400 (Portadora L1 e Código C/A) com um tempo de coleta de 1 hora para cada vértice. Para que fosse possível realizar um ajustamento da rede pelo Método dos Mínimos Quadrados – MMQ, executou-se dupla vetorização de tal forma a garantir um nível de precisão e exatidão dos pontos melhor do que 0,10m. Para o processamento dos vetores e posterior ajuste dos vértices da rede utilizou-se o programa SKI 2.35 da LEICA.

Para todos os pontos elaborou-se uma Monografia de Marcos divulgando as coordenadas nos sistemas: geodésico, na projeção UTM (Universal Transverso de Mercator) e no plano topográfico local. Todas as coordenadas foram associadas ao sistema de referência SIRGAS.

Dos 30 vértices implantados, 17 foram utilizados para georreferenciar a imagem *Google Earth* do município. Isso se fez necessário para que se tivesse uma distribuição uniforme englobando toda a área de estudo. Os 13 restantes foram utilizados para análise do padrão de exatidão cartográfico. O georreferenciamento da imagem foi realizado no programa *ARCGIS* por meio de um polinômio de grau 3.

O Diário Oficial da União publicado no dia 20 de junho de 1984, através do Decreto nº 89.817, estabelece as Instruções Reguladoras de Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Segundo o artigo 8º do mencionado Decreto, a classificação das cartas quanto à sua exatidão deve obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfico - PEC, que é descrito a seguir: “Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfico - Planimétrico estabelecido”.

O PEC é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro-Padrão (equação 1).

$$PEC = 1,649 \cdot EP \quad (1)$$

Onde:

- PEC corresponde ao Padrão de Exatidão Cartográfica;
- EP corresponde ao Erro Padrão podendo ser equivalente às expressões do Desvio Padrão e Erro Médio Quadrático.

O artigo 9º do mesmo decreto estabelece que as cartas sejam classificadas, segundo sua exatidão, nas classes A, B e C, considerando os seguintes critérios conforme tabela 1:

Tabela 1 Padrão de Exatidão Cartográfica em função da escala. Fonte: Adaptado de PEC Decreto nº 89817.

Escala	Classes	PEC Planimétrico		Erro Padrão	
		Carta (mm)	Terreno (m)	Carta (mm)	Terreno (m)
1/2000	A	0.5	1.0	0.3	0.6
	B	0.8	1.6	0.5	1.0
	C	1.0	2.0	0.6	1.2
1/10000	A	0.5	5.0	0.3	3.0
	B	0.8	8.0	0.5	5.0
	C	1.0	10.0	0.6	6.0
1/15000	A	0.5	7.5	0.3	4.5
	B	0.8	12.0	0.5	7.5
	C	1.0	15.0	0.6	9.0

2.4 Delimitação das APPs

Para delimitação das APPs, foi gerado um Modelo Digital do Terreno (MDT), com curvas em nível espaçadas de 5 em 5 metros, com o objetivo de associá-lo à imagem do *Google Earth* para geração de um modelo tridimensional do município.

Toda essa base cartográfica serviu como referência para geração das APPs, conforme o estabelecido pela legislação ambiental brasileira, as áreas selecionadas para delimitação foram às seguintes: ao redor de nascentes; ao longo de cursos d'água; áreas úmidas; matas nativas.

2.5 Delimitação das APPs ao redor de nascentes ou olhos d'água

A resolução N°303, de 20 de março de 2002 do CONAMA, a qual dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente, em seu artigo 2º, inciso II, adota como definição para nascentes ou olho d'água um local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea. O artigo 3º, inciso II define os limites a serem preservados ao redor de nascentes ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica constituinte. Delimitou-se esta classe em conformidade com as definições descritas acima. Para diminuição das incertezas na definição desta APP, em relação à localização de algumas nascentes, foi utilizado o MDT (Modelo Digital do Terreno).

2.6 Delimitação das APPs ao longo do rio ou de qualquer curso d'água

Em conformidade com o artigo 2º da lei N°4.771 do código florestal brasileiro, foram também consideradas áreas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo do rio ou de outro qualquer curso d'água. A resolução N° 303 do CONAMA, define os limites para os cursos d'água, a qual estabelece uma faixa marginal cuja largura mínima será de trinta metros para o curso d'água com menos de dez

metros de largura; cinquenta metros, para curso d'água com dez a cinquenta metros de largura.

2.7 Delimitação das APPs de banhado/áreas úmidas

Em conformidade com o artigo 11 da lei municipal N.º5.247, de 25 de abril de 2003, os banhados naturais/áreas úmidas são considerados áreas de preservação permanente, sendo que nestas áreas de preservação permanente não serão permitidas atividades que, de qualquer forma, contribuem para descaracterizar ou prejudicar seus atributos e funções essenciais.

Banhados são áreas alagadas permanente ou temporariamente, conhecidos na maior parte do país como brejos. São também denominados de pântanos, pantanal, charcos, varjões e alagados, entre outros. É necessário esclarecer que, na literatura consultada, o termo banhado corresponde a apenas um dos tipos de ambientes incluídos na categoria áreas úmidas ou zonas úmidas (do inglês “*wetlands*”). As definições e os termos relacionados às áreas úmidas são muitos e, em sua maioria, confusos. Como as características das áreas úmidas situam-se num contínuo entre as de ambientes aquáticos e terrestres, as definições tendem a ser arbitrárias (Mitsch e Gosselink, 1986). No entanto, é possível identificar algumas características comuns como a presença de água rasa ou solo saturado de água, o acúmulo de material orgânico proveniente da vegetação e a presença de plantas e animais adaptados à vida aquática.

2.8 Delimitação das APPs de mata nativa

A escolha desta APP deve-se ao fato de ela ser de importância fundamental na manutenção da biodiversidade urbana, entretanto como afirma Löfvenhaft et al. (2002) a legislação ambiental que orienta o planejamento, não considera explicitamente a conservação da biodiversidade como critério de planejamento e licenciamento ambiental.

A Lei nº 4.771, de 1965, Código Florestal, considera apenas os critérios de relevo e hidrografia. Assim, o critério utilizado para seleção de APPs de Mata Nativa no município de São Leopoldo, foi o artigo 269 da lei orgânica municipal, que considera bem de interesse comum e declaradas de preservação permanente, proibindo seu corte e destruição parcial ou total por qualquer modo, as florestas, capões e matas, constituídas por árvores nativas, bem como toda a vegetação natural de seu interior, existentes no Município.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Avaliação dos resultados do PEC

O método utilizado para avaliar a qualidade da imagem do *Google Earth* baseou-se em Dalmolin e Leal (2001), onde são calculadas as diferenças entre as coordenadas dos pontos obtidos em campo (GPS) e os da imagem.

Para avaliar a exatidão aplicou-se o teste “*t-Student*” com um nível de significância de 10%. A equação 2 possibilita estimar a média populacional a partir da média amostral e desvio padrão populacional. A equação 3 possibilita determinar o valor da estatística *t*.

$$\mu \leq \bar{x} + t_{\alpha} \cdot \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad (2)$$

Onde:

- μ corresponde à média populacional;
- t_{α} corresponde à estatística “t-Student” tabelado para $\alpha = 0,1$ e $n = 13$;
- \bar{x} corresponde à média amostral
- s corresponde ao desvio padrão amostral.

$$t = \frac{\left(\bar{x} - \mu_0 \right)}{\left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)} \quad (3)$$

Onde:

- t corresponde à estatística amostral calculada;
- μ_0 corresponde à média amostral calculada.

Além da exatidão analisou-se também a precisão da imagem aplicando-se o teste “Qui-quadrado” empregando um nível de significância de 10%. A equação (4) estabelece a estimativa do desvio padrão populacional a partir do desvio padrão amostral. O valor da estatística “Qui-quadrado” pode ser obtida pela equação (5).

$$\sigma \leq \sqrt{\frac{(n-1) \cdot s^2}{\chi^2_{1-\alpha}}} \quad (4)$$

Onde:

- σ corresponde ao desvio padrão populacional;
- $\chi^2_{1-\alpha}$ corresponde à estatística “Qui-quadrado” tabelada para $\alpha = 0,1$ e $n = 13$.

$$\chi^2 = \frac{(n-1) \cdot s^2}{\sigma_0^2} \quad (5)$$

Onde:

- χ^2 corresponde à estatística amostral calculada;
- σ_0^2 corresponde à variância populacional esperada.

Os testes assumiram como média e desvio padrão admissíveis os definidos na tabela 1. Adotou-se um padrão similar ao PEC para enquadrar à imagem do *Google Earth* na classe B para uma escala 1/15.000. Assim o erro planimétrico máximo é de 12,0 m e um erro padrão de $\pm 7,5$ m.

A tabela 2 lista os erros das coordenadas UTM dos 13 vértices (equações 6, 7 e 8) utilizados na análise da qualidade da imagem.

$$\Delta_{(Este)} = E_{(conhecido)} - E_{(imagem)} \quad (6)$$

$$\Delta_{(Norte)} = N_{(conhecido)} - N_{(imagem)} \quad (7)$$

$$Erro_{(Linear)} = \sqrt{(\Delta_{(Este)})^2 + (\Delta_{(Norte)})^2} \quad (8)$$

Onde:

- $\Delta_{(Este)}$ e $\Delta_{(Norte)}$ correspondem aos erros em Este e Norte, respectivamente, dos 13 vértices utilizados para análise da exatidão da imagem do *Google Earth*;
- $E_{(conhecido)}$ e $E_{(imagem)}$ correspondem as coordenadas UTM em Este conhecida e da imagem do *Google Earth*, respectivamente, dos 13 vértices utilizados para análise da exatidão cartográfica;
- $N_{(conhecido)}$ e $N_{(imagem)}$ correspondem as coordenadas UTM em Norte conhecida e da imagem do *Google Earth*, respectivamente, dos 13 vértices utilizados para análise da exatidão cartográfica;

Tabela 2 Coordenadas UTM conhecidas e da imagem *Google Earth* dos 13 vértices utilizados para análise do PEC. Meridiano Central 51°W e Sistema de Referência Geodésico SIRGAS.

Pontos	Coordenadas UTM Conhecidas		Coordenadas UTM da Imagem <i>Google</i>		Erros (m)		
	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	$\Delta_{(Norte)}$	$\Delta_{(Este)}$	Linear
3	6704391,301	487182,091	6704385,991	487180,878	5,310	1,213	5,45
4	6702651,463	489929,620	6702649,913	489926,823	1,550	2,797	3,20
5	6705656,690	484010,587	6705661,805	484010,233	-5,115	0,354	5,13
6	6706014,602	485767,036	6706014,046	485763,823	0,556	3,213	3,26
12	6707578,061	488774,868	6707575,352	488777,018	2,709	-2,150	3,46
13	6707154,273	489616,568	6707155,928	489623,183	-1,655	-6,615	6,82
14	6708000,586	489503,933	6707994,617	489500,204	5,969	3,729	7,04
18	6708867,953	485380,912	6708872,701	485382,905	-4,748	-1,993	5,15
20	6710997,482	485362,667	6710998,646	485358,041	-1,164	4,626	4,77
22	6710332,694	483277,445	6710335,099	483285,729	-2,405	-8,284	8,63
23	6710779,104	484752,428	6710786,645	484745,649	-7,541	6,779	10,14
27	6712861,925	482250,333	6712860,88	482245,027	1,045	5,306	5,41
29	6712294,613	484014,948	6712285,954	483987,402	8,659	27,546	28,87
Média Amostral (\bar{X})					0,097	3,216	7,490
Desvio padrão amostral (s)					4,696	8,691	6,740

3.2 Análise de tendência dos resultados

Para uma análise de tendência dos resultados planimétricos empregou-se o teste “*t-Student*” com nível de significância de 10%. As hipóteses formuladas foram:

- Para a média das discrepâncias da coordenada Este:

$$H_0: \Delta_{Este} = 0;$$

$$H_1: \Delta_{Este} \neq 0$$

- Para a média das discrepâncias da coordenada Norte:

$$H_0: \Delta_{Norte} = 0;$$

$$H_1: \Delta_{Norte} \neq 0$$

As hipóteses H_0 e H_1 correspondem, respectivamente, a ausência e a presença de tendência na componente da coordenada.

A estatística “*t*” foi calculada segundo a equação (9), sendo que seu módulo não deve ultrapassar o valor $t_\alpha = 1,356$, para um nível de significância de 10% obtido da tabela de distribuição de “*t-Student*”.

$$t = \frac{\bar{\Delta x} \cdot \sqrt{n}}{s_x} \tag{9}$$

Onde:

- t corresponde o valor da estatística t ;
- $\bar{\Delta x}$ corresponde a média das discrepâncias para a coordenada;
- s_x corresponde ao desvio padrão
- n corresponde o número de amostras.

Os valores da estatística “ t ” para as componentes das coordenadas “Este” e “Norte” foram, respectivamente, $t_{Este} = 0,074$ e $t_{Norte} = 1,334$. Assim, não existe uma tendência nas discrepâncias, pois para as duas componentes a estatística “ t ” foi inferior ao limiar $t\alpha = 1,356$, aceitando-se a hipótese H_0 .

3.3 Análise da exatidão

Para a análise da exatidão utilizou-se o teste de hipótese “ t -Student”. A estimativa da média populacional (μ), a partir da média amostral (\bar{x}) quando o desvio padrão populacional (σ) é desconhecido, pode ser calculada segundo as equações (2) e (3).

Conforme a tabela de distribuição “ t -Student”, o valor da estatística amostral é $t\alpha = 1,356$. O valor determinado da média populacional para a amostra planimétrica (μ_{Plan}) foi $\mu_{Plan} \leq 10,02$ m.

O resultado indica que a média populacional das discrepâncias é inferior a 10,02 m no intervalo de confiança de 90%.

A classificação do resultado segundo o PEC para a classe B escala 1/15.000 foi realizada conforme os testes de hipóteses::

$$H_0: \mu_0 \leq 12,5 \text{ m};$$
$$H_1: \mu_0 > 12,5 \text{ m}.$$

Para uma escala 1/15.000 estabelece como erro máximo 12,5 m em planimetria. Assim, o valor da estatística “ t -Student” corresponde a $t_{Plan} = -1,325$.

Observa-se que o valor calculado para a estatística “ t -Student” é inferior ao tabelado, pois $t_{Plan} \leq t_{\alpha}$, portanto, aceita-se a hipótese (H_0) ao nível de significância de 10%, ou seja, a média populacional das discrepâncias é menor ou igual a 12,5 m para planimetria. Assim pode-se afirmar que a exatidão está dentro do padrão de qualidade da classe B do PEC na escala 1/15.000.

3.4 Análise da precisão

Para avaliar a precisão utilizou-se o teste de hipótese baseado na distribuição “Qui-quadrado” (χ^2) para um intervalo de confiança de 90%. A estimativa do desvio padrão populacional (σ) a partir do desvio padrão amostral (s) foi obtida pela equação (4) e o teste estatístico segundo a equação (5).

De acordo com a equação (4), o valor obtido para o desvio padrão populacional no intervalo de confiança de 90%, foi $\sigma_{Plan} \leq 5,424$ m.

Para a avaliação da precisão e conforme tabela, a estatística “Qui-quadrado” para $n = 13$ e nível de significância de 10% têm-se:

- $\chi^2_{\alpha} = 6,30$
- $\chi^2_{1-\alpha} = 18,55$

De acordo com PEC, para a escala 1/15.000 a precisão para a planimetria deve ser $\sigma_0 = \pm 7,50$ m. Assim, são formuladas as hipóteses:

- $H_0 : \sigma_0^2 \leq 7,50^2$ m
- $H_1 : \sigma_0^2 > 7,50^2$ m

O valor calculado para a estatística “Qui-quadrado” (equação 4), ao nível de significância de 10%, foi $\chi^2 = 9,703$. A estatística foi menor que a tabelada ($\chi^2_{1-\alpha} = 18,55$), portanto, o teste não é rejeitado, ou seja, a precisão esperada para a planimetria enquadra-se na classe B definido pelo PEC.

3.5 Delimitação das APPs ao redor de nascentes ou olhos d’água

Para as áreas em um raio de 50 m ao redor das nascentes encontrou-se uma área 10.900 km², representando cerca de 9,50 % da superfície do município, conforme mostrado na figura 3.

3.6 Delimitação das APPs ao longo do rio ou de qualquer curso d’água

As APPs ao longo da hidrografia estudada com uma largura de 30 m para drenagens secundárias em cada margem e de 50 m para drenagem principal ocuparam 14.400 Km² da área total do município, representando cerca de 10,40 %, sendo 0,31 % representada pela drenagem principal e 10,30% pela drenagem secundária, representados na figura 4.

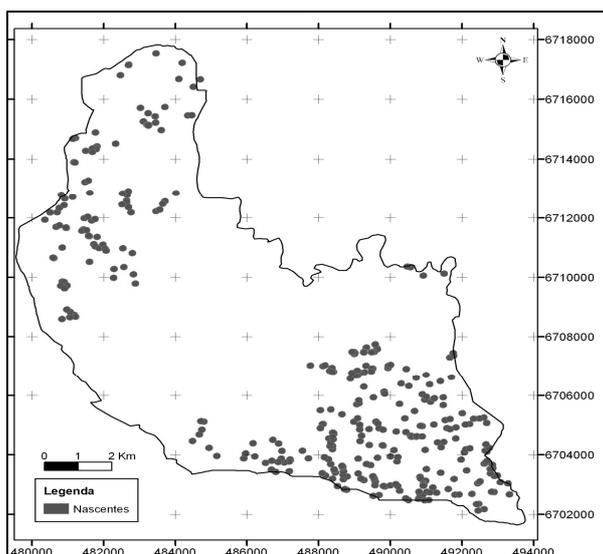


Figura 3 Delimitação das áreas de preservação permanente ao redor de nascente ou olhos d’água. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W

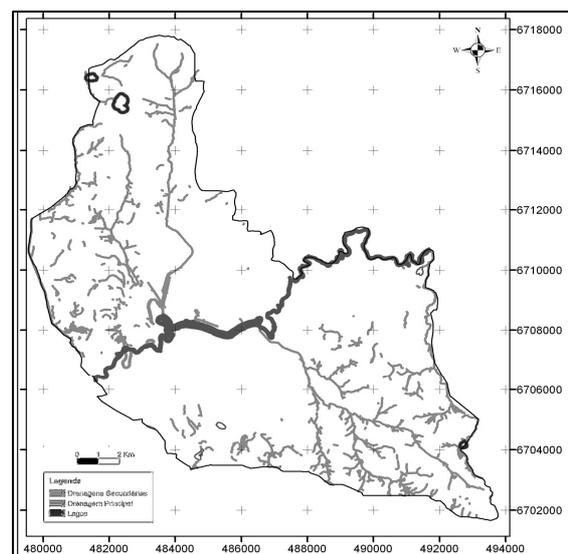


Figura 4 Carta de delimitação das APPs ao longo do rio ou qualquer curso d’água. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W

3.7 Delimitação das APPs de banhado

Esta área é a que apresentou uma maior intervenção urbana devido ao fato da maior parte da área construída do município estar em uma cota inferior a 50 m. Cabe ressaltar que a urbanização do município deu-se de forma acelerada até meados dos anos 90, onde a lei vigente era a do código florestal de 1965, que estabelecia uma menor área de preservação das margens dos cursos d'água, a qual foi ampliada pela resolução do CONAMA em 2003. Na Figura 5 apresentam-se as APPs áreas úmidas que somam 10.900 Km², ocupando cerca de 9,70 % da área total do município.

3.8 Delimitação das APPs de mata nativa

A figura 6 apresenta as APPs de Matas Nativas, previstas pela Lei Orgânica do município de São Leopoldo e que somaram 14.500 Km², ocupando cerca de 13% da área total do município.

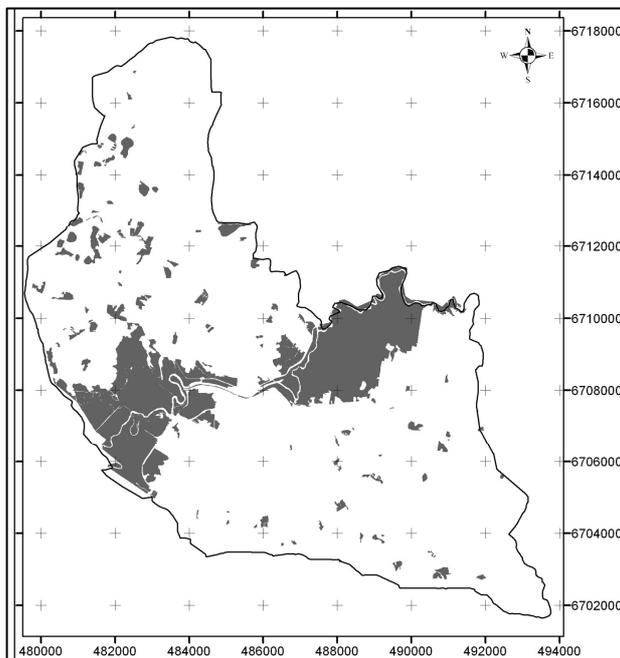


Figura 5 Carta de delimitação das APPs em áreas úmidas (banhados). Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W

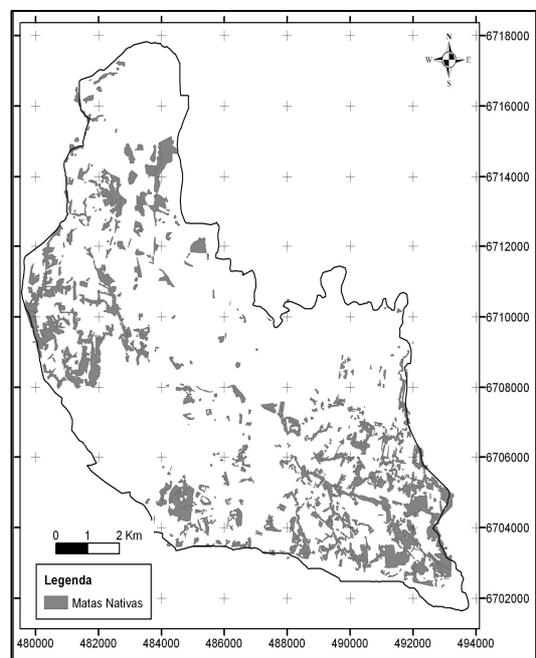


Figura 6 Carta de delimitação das APPs de mata nativa. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W

3.9 Delimitação da área total das APPs e sobreposição do conjunto de APPs mapeadas com a área construída

A figura 7 ilustra a distribuição espacial de todas as APPs que foram possíveis mapear através da imagem do *Google Earth*. Considerando-se as 4 categorias estudadas, o Código Florestal e a lei orgânica do município promovem a proteção efetiva de 58.400 Km², o que corresponde a cerca de 56,50% da área total do município.

Foi realizada uma sobreposição da área urbana construída com a carta de delimitação total de APPs e constatou-se que, em algumas situações, existem construções dispostas em locais que não estão em conformidade segundo a legislação ambiental. Na figura 8 estão representadas as áreas de conflito entre APP's e a área construída urbana.

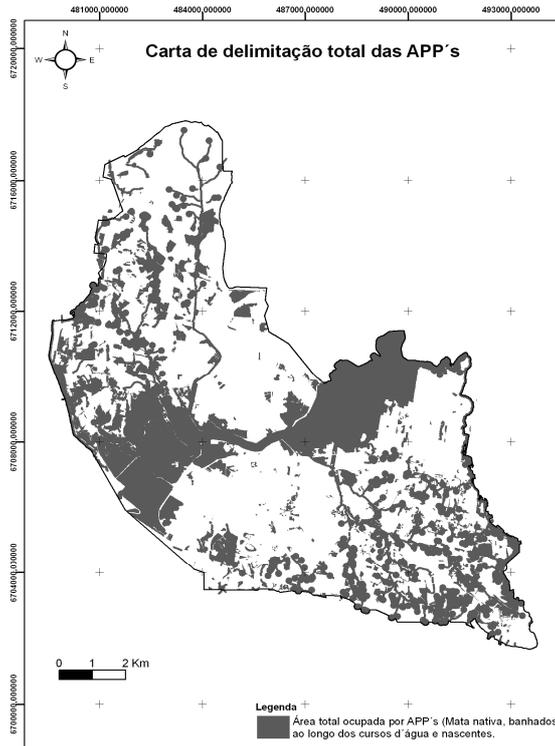


Figura 7 Carta de delimitação de todas as APP's. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.

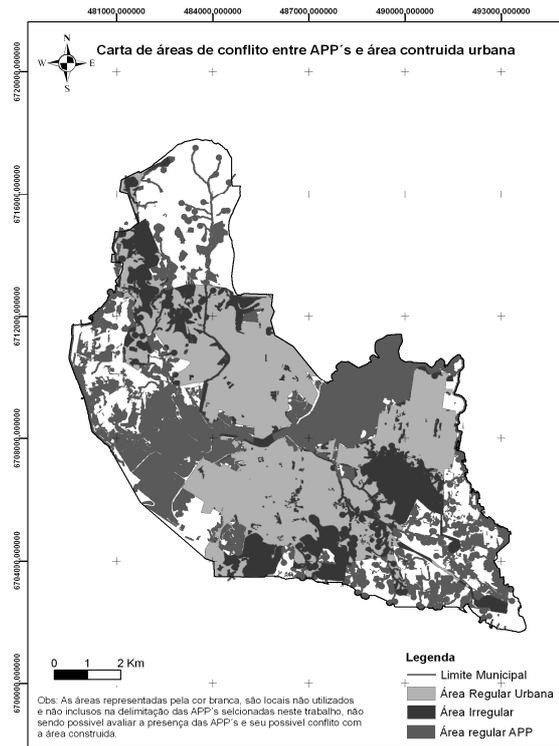


Figura 8 Carta de sobreposição do conjunto de APP's mapeadas com a área construída. Sistema de Referência SIRGAS, na projeção UTM e Meridiano Central 51° W.

A Tabela 2 sintetiza, em termos de áreas, qual o percentual de contribuição isolada de cada categoria de APP no município de São Leopoldo, não sendo contabilizadas as eventuais superposições. É possível verificar que, de um total de 51,00 % de APPs no município, 10,50% estão ocupadas pela área urbana.

Tabela 2 Superfície total do município de São Leopoldo protegida por categoria de área de preservação permanente.

Categoria	Área (Km²)	Percentual do território
Ao redor de nascentes	10.500	9,90%
Ao longo de cursos d'água:		
- Drenagem principal	2.900	0,31%
- Drenagem secundária	11.500	10,40%
- Lagos	0.50	0,40%
Matas nativas	14.500	13%
Áreas úmidas	19.000	17%
Área total de APP's	58.400	51,00%
Área urbana em conflito com APP's	12.500	10,50%

4 CONCLUSÕES

O trabalho mostrou que, para uma altitude de captura das cenas do *Google Earth* de 4000m, foi possível elaborar um produto cartográfico com uma qualidade compatível com as demandas provenientes de muitas atividades de planejamento ambiental desenvolvidas no município de São Leopoldo.

A rede de apoio GPS implantada, além de apoiar muitas atividades de Mensuração desenvolvidas nas diferentes secretarias, foi fundamental para a realização das análises de tendência de erro, de exatidão e de precisão. Para isso foram utilizados os testes estatísticos “*t-Student*” (análises de tendência e de exatidão) e de “*Qui-quadrado*” (análise de precisão) para um nível de significância de 10%.

Pelos testes observou-se que a imagem elaborada do município de São Leopoldo não possui tendência de erros nas componentes “Este” e “Norte” e que a mesma pode ser enquadrada, tanto em exatidão quanto em precisão, em um PEC compatível com a escala 1/15.000 e classe B.

Além da escala 1/15.000 ser compatível com muitas atividades de gerenciamento ambiental desenvolvidas em âmbito municipal, a imagem possui uma qualidade visual muito boa facilitando o mapeamento de vegetações, hidrografia, áreas de preservação permanente e, também, nos processos de licenciamentos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Decreto Lei 89.817**, de 20 de Junho de 1984. Estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Brasília, 1984. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/CCIVIL/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em: 09 de out. 2008.

Butler, D. The web-wide world: Life happens in three dimensions, so why doesn't science?. *Nature*, v. 439, n. 1, p. 776-778, 2006

Dalmolin, Q.; Leal, E. Análise da qualidade posicional em bases cartográficas geradas em CAD. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 7, n. 1, p. 21-40, 2001.

Green, K. The Potential and limitations of remote sensing and GIS in providing ecological information. In: Sample, V. A. (ed). **Remote sensing and GIS in ecosystem management**. Washington: Island Press, 1994.

Haefner, S., Gordon, L. **USGS Earthquake Information Available in Google Earth. USGS, 2008**. Disponível em: <http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=1860>. Acesso em: 27.out. 2008.

Ono, Sidnei; Barros, Mario Thadeu Leme de; Conrado, Guilherme Nunes. A Utilização de SIG no planejamento e Gestão de Bacias Urbanas. In: **AbrhSIG**. São Paulo/SP: 2005.

Smith, T. M., V. Lakshmanan, 2006: Utilizing Google Earth as a GIS platform for weather applications. Preprints, 22nd **Conference on Interactive Information Processing Systems, Atlanta, GA, USA, AMS, CD-ROM, 8.2**.

Smith, T. M., K. L. Ortega, A. G. Kolodziej, 2007: Enhanced, high-density severe storm verification. Preprints, 23rd **Conference on Interactive Information Processing Systems, San Antonio, TX, USA, AMS, CD-ROM, 4B.3**.

Tanaka, S; Sugimura, T. A new frontier of remote sensing from IKONOS images. **International Journal of Remote Sensing**. v. 22, n.1, p. 1 – 5. 2001

Vieira, P. B. H., Pinto, J. F., Galvão, M. L., Santos, L. K. S.. Utilizando SIG na Análise Urbana da Microbacia do Rio Itacorubi, Florianópolis SC, In. **COBRAC 2006 · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário · UFSC Florianópolis · 15 a 19 de Outubro, 2006, p. 1-9. (2006)**