

Imagens do *Google Earth* para fins de planejamento ambiental: uma análise de exatidão para o município de São Leopoldo/RS

Marcelo Zagonel de Oliveira¹
Maurício Roberto Veronez¹
Marcos Turani¹
Alessandro Ott Reinhardt¹

¹ Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS
Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia Digital - LASERCA
Programa de Pós-Graduação em Geologia
Av. Unisinos, 950 - CEP. 93022-000 – São Leopoldo - RS, Brasil
{veronez, maturani}@unisinos.br

Abstract: Google Earth provides free satellite images to people who have access to the internet. In many places these images have high resolution and might be used in many activities of urban and environmental planning. The purpose of this study was to analyze the Standards of Cartographic Accuracy - SCA of a mosaic made from scenes with high resolution provided by Google Earth. The scenes were captured at 5900 meters of altitude referring to the city of San Leopoldo / RS. The analysis of SCA was based on a network of 30 GPS points located in the municipality and with a maximum horizontal error of 0.06 meters gotten after adjustment by the method of least-squares. Of the 30 vertices, 17 were used for georeferencing the image and 13 to study the SCA. Statistical tests were applied to analyze the quality of the georeferenced image and according to the classification of Decree Law 89,817 – Standards of Cartographic Accuracy – was possible to conclude that the image of Google Earth developed through scenes captured at 5900 meters of altitude can be defined as Class B and used with a scale of 1/15.000.

Palavras-chave: Standards of Cartographic Accuracy, Google Earth images, GPS network.

1. Introdução

Nos últimos anos, o processo de urbanização é acompanhado por profundas alterações no uso e na ocupação do solo, que resultam em impactos ambientais nas bacias hidrográficas. As transformações sofridas pelas bacias em fase de urbanização podem ocorrer muito rapidamente, gerando transformações na 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 com que o fenômeno se processa. 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 (SIG) têm representado 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, surgiram novos paradigmas na área do SR. O desenvolvimento de novos sistemas sensores, como o IKONOS-II e o QUICKBIRD, abriu um novo campo no SR (Tanaka e Sugimura, 2001).

Nos dias atuais o *Google Earth* vem revolucionando 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.

Uma das grandes utilidades do *Google Earth* é a possibilidade dos usuários inserirem informações via *internet* usando a linguagem *Keyhole Markup Language* (KML) juntamente com a linguagem *Extensible Markup Language* (XML) (Smith & Lakshmanan, 2006).

O *United States Geological Survey* (USGS) vem utilizando com frequência imagens do *Google Earth* em pesquisa geológicas e ambientais (Haefner & Gordon, 2008).

O *National Severe Storms Laboratory* (NSSL) começou a utilizar o formato de arquivo GEOTIFF como uma forma de compartilhar diversos produtos e experimentos com outros investigadores e meteorologistas para estudos e avaliação do tempo (Smith, T. M. et al. 2007).

O periódico científico *Nature* recentemente devotou vários destaques ao fenômeno *Google Earth*, citando celebridades na área de geoprocessamento, como o Prof. Michael Goodchild, da Universidade da Califórnia, Santa Bárbara e Jack Dangermond, fundador e presidente da ESRI. Goodchild está convencido que ferramentas como *Google Earth* aumentarão a consciência do potencial do SIG (Butler, 2006).

Atualmente, a gestão ambiental é realizada quase em sua totalidade através de cartas topográficas, fotos aéreas e imagens de satélites, às quais possuem um custo muito elevado a ser pago principalmente por 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 se utilizar esses recursos para fins de gestão ambiental.

Assim, 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 todo o município de São Leopoldo/RS com o propósito de auxiliar os técnicos no processo de planejamento ambiental da cidade.

2. Materiais e método

2.1. Área de estudo

A área de estudo selecionada foi o município de São Leopoldo, o qual possui uma área de 104,50 km² e está localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre, 32 km ao norte da capital gaúcha. Sua população é de 193.403 habitantes, sendo 192.756 na área urbana e 647 habitantes na área rural, segundo os dados preliminares do censo de 2000.

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.

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 5.900 m. Após este procedimento realizou-se a junção das mesmas formando um mosaico da área de estudo. Este processo seguiu algumas etapas importantes às quais são descritas abaixo:

1. Avaliação da melhor altitude para captura das cenas de tal forma a garantir uma qualidade visual compatível para muitas atividades desenvolvidas em planejamento ambiental;
2. A partir da definição da altitude, elaborou-se uma grade georreferenciada de pontos contendo os locais onde cada cena deveria ser capturada. Nesta etapa utilizou-se o programa *AUTOCAD-MAP* para criação de dois *layers* contendo os limites do município e a grade de pontos com as dimensões que cada cena deveria ter. Assim, foi possível identificar os limites de cada cena, o que possibilitou a captura das mesmas.

3. A partir do conjunto de cenas capturadas iniciou-se a montagem do mosaico através do programa *PANVUE*, automatizando e otimizando o processo de construção do mosaico.
4. O georreferenciamento do mosaico foi realizado no programa *ARCGIS* 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. A implantação foi baseada em um convênio entre a Prefeitura Municipal de São Leopoldo e o Programa de Pós-Graduação em Geologia da UNISINOS.

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).

Em locais onde não houve a possibilidade de colocação de marcos de concreto foram fixadas chapas de alumínio padrão INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária).

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 e 13 foram utilizados para análise do padrão de exatidão. 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 Cartográfico;
- 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 Cartográfico 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

3. Resultados e discussões

3.1. Avaliação dos resultados

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:

3.1.1. 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*”.

$$t = \frac{\bar{\Delta x} \cdot \sqrt{n}}{s_x} \quad (9)$$

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 .

3.1.2. 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.

3.1.3. 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 $\sigma_{\text{plan}} \leq 5,424$ 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.

4. Conclusões

O trabalho mostrou que, para uma altitude de captura das cenas do *Google Earth* de 5900, 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)