

# Avaliação do Padrão de Exatidão Cartográfico em imagens orbitais IKONOS e CBERS-2B, na bacia do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa-MG.

Afonso de Paula dos Santos<sup>1</sup>  
Carlos Antônio Oliveira Vieira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa – UFV  
Departamento de Engenharia Civil  
Setor de Engenharia de Agrimensura  
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil  
afonsosantos@yahoo.com.br  
carlos.vieira@ufv.br

**Abstract.** The objective of this article is to evaluate the Cartographic Standard of Accuracy (CAS) in orbital images IKONOS and CBERS-2B, to the basin of Sao Bartolomeu Creek, in Viçosa-MG. The evaluation of the positional accuracy on the images was performed in accordance with the Brazilian Decree nº. 89.817/1984. For IKONOS image it was obtained the class A for both: the planimetry, for the scale of 1:10.000; and the altimetry, for the equidistance between contours of 5 meters. The trend test showed that image IKONOS is slightly dislocated in the coordinate components N and E. For the image CBERS-2B (sensor HRC), it was also obtained class A for the planimetry on the scale of 1:25.000.

**Keywords:** positional accuracy, remote sensing, cartographic standard of accuracy, exatidão posicional, sensoriamento remoto, padrão de exatidão cartográfica.

## 1. Introdução

Atualmente existe um grande interesse na utilização de produtos cartográficos nas mais variadas áreas de conhecimento da sociedade, tais como ciências e tecnologias, saúde, segurança, planejamento, turismo e outros.

Devido às constantes exigências do mercado, quanto à rapidez de obtenção, periodicidade das atualizações e eficiência dos produtos cartográficos, é que se tem utilizados os dados do sensoriamento remoto para a obtenção destes produtos cartográficos.

Segundo Aronoff (1989) o objetivo de qualquer levantamento geográfico é lidar com o erro inerente ao processo, seja ele aquisição de novas informações ou simplesmente sua conversão, onde o erro não deverá ser eliminado e sim gerenciado e/ou minimizado. O erro, neste contexto, pode ser definido como alguma discrepância entre as situações descritas na imagem (mapa) e a realidade (VIEIRA *et al.*, 2002).

Diante deste contexto, fica aberta a questão: como verificar a exatidão posicional dos produtos de sensoriamento remoto atualmente disponíveis no mercado?

Existem dois componentes diferentes de exatidão no contexto do sensoriamento remoto: exatidão posicional e exatidão temática. A exatidão posicional determina o quão próximo a posição de um objeto em uma imagem (mapa) está em relação à posição verdadeira no terreno, enquanto a exatidão temática refere-se características radiométricas do objeto (VIEIRA *et al.*, 2002).

A qualidade nas imagens orbitais está diretamente relacionada com as distorções geométricas ou espaciais que, por sua vez, estão subdivididas em distorções sistemáticas e não-sistemáticas (MAROTTA e VIEIRA, 2005). Logo, a relevância deste estudo reside no fato de que as imagens provenientes do sensoriamento remoto podem apresentar deformações, devido às instabilidades das plataformas orbitais e de seus sensores.

A exatidão posicional de uma imagem proveniente de sensoriamento remoto pode ser avaliada através do Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC) definido no Decreto-lei nº. 89.817 de 1984, que regulamenta a classificação dos produtos cartográficos quanto à sua exatidão.

O objetivo deste trabalho é o de avaliar a qualidade posicional de imagens orbitais aplicando o PEC. Enumeram-se os seguintes objetivos específicos: 1.) Avaliação do PEC planimétrico e altimétrico da imagem e do modelo digital de elevação, ambos gerados pelo satélite IKONOS; 2.) Avaliação do PEC planimétrico das imagens do satélite CBERS-2B.

O trabalho se justifica pelo fato de que muitos usuários utilizam imagens orbitais sem que as empresas fornecedoras do produto cartográfico, procedam à avaliação da exatidão posicional. Assim, não há um controle de qualidade efetivo para a maioria das imagens oferecidas e utilizadas no mercado quanto à sua classificação de padrão de exatidão cartográfica.

É importante ressaltar que o presente trabalho encontra-se vinculado a um Projeto Piloto, denominado Plano de Segurança da Água (PSA), realizado na bacia do ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG. O PSA está sendo desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, com fundos do Ministério da Saúde e EPA (*United States Environmental Protection Agency*).

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Área de Estudo

O presente trabalho foi realizado na bacia do ribeirão São Bartolomeu, localizado no município de Viçosa no estado de Minas Gerais (Figura 1).

A bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu possui área de 5.500 ha e está localizada na Bacia do Rio Doce, na Zona da Mata mineira. Trata-se de um manancial de reduzida vazão, desprotegido, com pressões de ocupação urbana e de atividades agropecuárias relativamente intensas (PSA).



Figura 1: Localização do município de Viçosa no estado de Minas Gerais.

### 2.2. Materiais utilizados

Foi utilizada uma ortoimagem IKONOS, com resolução espacial de 1m, bem como o seu modelo digital de elevação (DEM) – com equidistância vertical de 5m e gerados também a partir da restituição de imagens IKONOS, para a aplicação do PEC altimétrico.

Outra imagem utilizada foi a do sensor HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução) do satélite CBERS-2B, com 2,5m de resolução espacial.

Para o trabalho de campo foram utilizados quatro receptores GPS, *Promark 2* da *Ashtech*, de uma frequência, software de processamento *Ashtec Solutions*, juntamente com os dados da

Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do IBGE, e o software *ERDAS Imagine 9.1* para a manipulação das imagens e dos pontos coletados.

### 2.3. Metodologia

No desenvolvimento do trabalho, foram realizadas as seguintes etapas:

#### 2.3.1. Definição de uma rede de pontos de controle na imagem.

Para a seleção de uma rede de pontos, foram escolhidos locais bem definidos na imagem e com uma distribuição uniforme, tendo, contudo, o cuidado de se verificar em campo se estes pontos tinham uma boa condição de recepção do sinal GPS e uma boa definição. Sendo assim, os pontos de controle coletados foram: cruzamentos de estradas vicinais, cantos de quadras, cantos de praças, cantos de campos de futebol, esquinas de ruas, entre outros.

Para a imagem IKONOS foram selecionados 33 pontos de controle, como mostra a Figura 2. Já para a imagem CBERS-2B foram selecionados 24 pontos de controle na imagem, conforme a Figura 3.

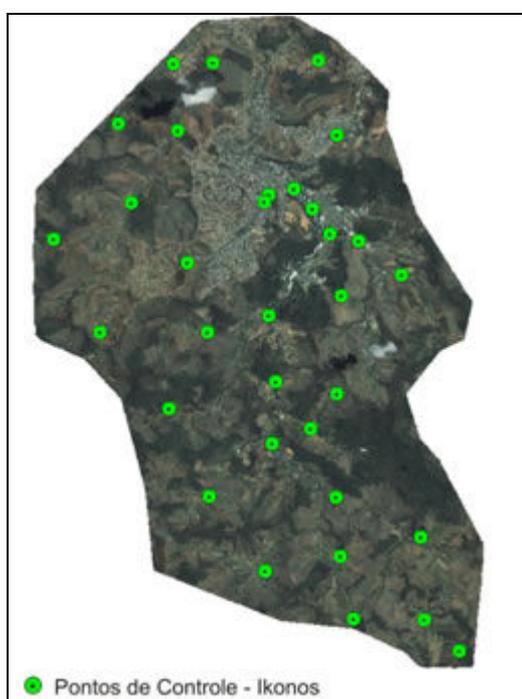


Figura 2: Imagem IKONOS.

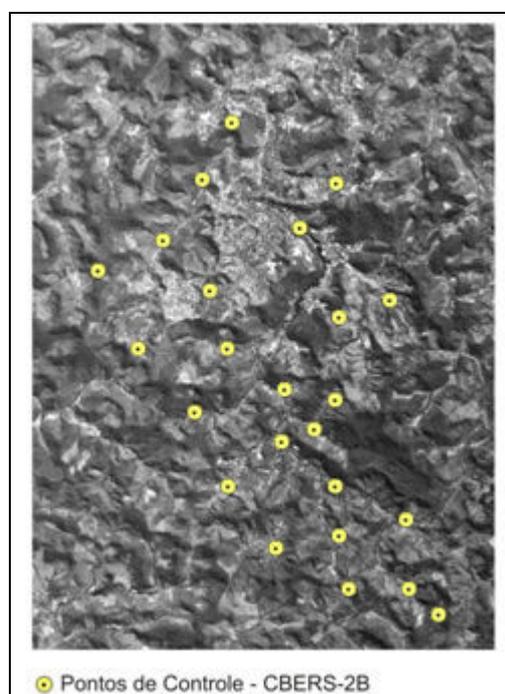


Figura 3: Imagem CBERS-2B.

#### 2.3.2. Coleta dos pontos de controle em campo.

A coleta dos pontos de controle foi realizada com receptores GPS de uma frequência, em modo estático com duração entre 30 e 40 minutos e taxa de rastreamento de 5 segundos. Para o uso destes pontos no processamento do PEC suas precisões deverão ser pelo menos 1/3 da resolução espacial da imagem (MERCHANT, 1982).

Para o processamento dos pontos coletados, foi utilizada a estação RBMC de Viçosa-MG, devido à sua proximidade (10 km de distância do ponto mais afastado).

#### 2.3.3. Análise estatística dos dados e avaliação do PEC.

Antes da análise estatística na imagem CBERS-2B, com resolução espacial de 2,5 metros, foi realizada a correção geométrica da mesma, já que a imagem vem com uma correção geométrica muito deficiente. A correção geométrica foi realizada no software ERDAS

Imagine 9.1, utilizou-se 10 pontos de controle, transformação polinomial de 1ª ordem e reamostragem utilizando o vizinho mais próximo, ao final obteve-se um RMS de 1,27.

A avaliação da exatidão posicional tem como base a análise dos resíduos entre as coordenadas de pontos retirados de algum produto cartográfico e seus homólogos observados em campo (GALO e CAMARGO, 1994).

Uma das formas de analisar a exatidão posicional é através do Decreto-lei nº. 89.817, publicado pelo Diário Oficial da União em 20/06/1984, que estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

No Capítulo II, artigo 8º, a norma relata que as cartas devem obedecer ao PEC, segundo o seguinte critério: Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC. O PEC é um indicador estatístico por dispersão, relativo a 90% (noventa por cento) de probabilidade, que define a exatidão dos trabalhos cartográficos. O Erro Padrão isolado num trabalho cartográfico não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

O artigo 9º do Capítulo II descreve a classificação das cartas quanto à sua exatidão. A Tabela 1 ilustra os valores do PEC e do Erro Padrão (EP) planimétrico e altimétrico segundo a norma.

Tabela 1: Valores do PEC e do EP de acordo com o Decreto-Lei nº. 89.817 / 1984.

Classe	Planimetria		Altimetria	
	PEC	EP	PEC	EP
<b>A</b>	0.5 mm. escala	0.3 mm. escala	1/2 da equidistância	1/3 da equidistância
<b>B</b>	0.8 mm. escala	0.5 mm. escala	3/5 da equidistância	2/5 da equidistância
<b>C</b>	1.0 mm. escala	0.6 mm. escala	3/4 da equidistância	1/2 da equidistância

Três métodos foram empregados para avaliar o PEC, pois o Decreto-Lei nº. 89.817/1984 não define uma metodologia específica para a avaliação de qualidade posicional em produtos cartográficos. Estes métodos se baseiam na análise dos resíduos das coordenadas dos pontos de controle definidos no produto cartográfico e de seus homólogos coletados em campo ou em algum produto que seja mais preciso.

### 2.3.3.1. Método de avaliação do PEC através do desvio padrão da amostra

A Sociedade dos Engenheiros Agrimensores de Minas Gerais (SEAMG, 2006) descreve um roteiro para classificar uma carta quanto ao padrão de exatidão cartográfico, devem-se calcular os resíduos da resultante das coordenadas planimétricas, obtida através das coordenadas de campo ( $E_c, N_c$ ) e da carta ( $E_i, N_i$ ), conforme a Equação (1).

$$\Delta R = \sqrt{(E_c - E_i)^2 + (N_c - N_i)^2} \quad (1)$$

De posse dos resíduos, obtém-se o desvio padrão amostral ( $S$ ), ou erro padrão ( $EP$ ). Após, o valor do PEC calculado para a carta será conforme a Equação (2):

$$PEC_{calc} = 1,6449 \times S \quad (2)$$

A análise dos resultados deverá ser feita comparando-se os valores encontrados no PEC, com aqueles valores estipulados para as classes A, B ou C do Decreto-lei 89.817/84 (SEAMG, 2006), de modo que o PEC calculado pela carta seja menor que os valores padrões do PEC, para uma dada escala de referência, conforme a Equação (3).

$$PEC_{calc} < PEC_{Decreto-Lei} \quad (3)$$

### 2.3.3.2. Método de avaliação do PEC através da porcentagem da amostra

VERGARA *et al.* (2001) avaliaram o PEC planimétrico de dados vetoriais e cartas atualizadas a partir de imagens orbitais SPOT e LANDSAT, verificando se 90% dos resíduos são inferiores aos valores determinado pelo Decreto-Lei 89.817/84 para uma dada escala. Para os dados vetoriais foi obtida a classificação Classe A para a escala de 1/50.000 e após a plotagem da carta obteve-se a classificação Classe B para a escala 1/50.000.

Fazendo uma analogia para se avaliar o PEC altimétrico, obtêm-se os resíduos das altitudes conforme a Equação (4).

$$\Delta H = H_{GPS} - H_{SRTM} \quad (4)$$

De posse destes resíduos, foi feita a análise do PEC, de modo que 90% dos pontos de controle não apresentem resíduos superiores aos valores determinado pelo Decreto-Lei 89.817/84 para uma dada equidistância da curva de nível, com o mostra a Equação (5).

$$90\%(\Delta H < PEC_{Decreto-Lei}) \quad (5)$$

### 2.3.3.3. Método de avaliação do PEC através de testes de hipóteses

Outro método para avaliar o Padrão de Exatidão Cartográfico é através de procedimentos descritos por MERCHANT (1982). É um método mais completo, pois além de avaliar o PEC ele avalia se no produto cartográfico existe alguma tendência nas componentes da coordenadas. O método se baseia em testes estatísticos, onde não se avaliam erros isolados e sim, o desvio padrão da amostra.

Segundo GALO e CAMARGO (1994), a análise estatística da qualidade geométrica de um produto cartográfico é obtida por meio da análise de precisão e análise de tendência, esta última usada para verificar erros sistemáticos. Estas análises são realizadas através de testes de hipóteses sobre a média e o desvio padrão amostral dos resíduos, obtida pela diferença entre as coordenadas de campo ( $E_c, N_c$ ) e imagem ( $E_i, N_i$ ), conforme a Equação (6).

$$(\Delta E_j, \Delta N_j) = (E_c - E_i, N_c - N_i) \quad (6)$$

Obtêm-se, então, a média ( $\overline{\Delta E}, \overline{\Delta N}$ ) e desvio padrão ( $S$ ) para cada uma das componentes. Pode-se também obter as estatísticas usando a resultante planimétrica a partir da Equação (1):

Com estas estatísticas amostrais, realizamos testes específicos para a avaliação de tendência e precisão.

#### (i) Teste de Tendência:

Para o teste de tendência utiliza-se o teste *t de Student*, observando um nível de confiança  $(1 - \alpha)$  igual a 90% ( $\alpha = 0,10$ ). A partir do número de pontos coletados, obtêm-se um valor limite  $t_{n-1, \alpha/2}$  tabelado. Dessa forma, se o valor absoluto do teste *t* calculado for menor que o valor do teste *t* tabelado, Equação (7), para as duas componentes (Norte e Este), ou somente o componente altimétrico e/ou a resultante planimétrica, a imagem estará livre de erros sistemáticos nas suas coordenadas.

$$|t_{calc}| < t_{n-1, \alpha/2} \quad (7)$$

O teste *t de Student* é calculado obedecendo às seguintes hipóteses e formulas:

Para a componente da coordenada X:

H0: Se  $\Delta X=0$ , então X não é tendencioso;

H1: Se  $\Delta X \neq 0$ , então X é tendencioso;

$$t_{calc X} = \frac{\overline{\Delta X} \cdot \sqrt{n}}{S_X} \quad (8)$$

## (ii) Teste de Precisão:

Para aplicar o teste de precisão, utiliza-se o *teste Qui-quadrado*, que obedece aos valores do Erro Padrão (EP) estabelecido no Decreto-lei 87.817, de 20 junho de 1984, para cada classe (ver Tabela 1).

Para calcular o erro padrão ( $\sigma$ ) de cada componente utilizam-se as Equações (9) e (10).

$$\sigma_N = \sigma_E = \frac{EP}{\sqrt{2}} \quad (9)$$

$$\sigma_{\text{Planimetrico}} = \sigma_{\text{Altimetrico}} = EP \quad (10)$$

A imagem analisada atenderá à precisão (classe A, B ou C) se o valor do *teste Qui-quadrado* calculado ( $\chi^2_N$ ,  $\chi^2_E$  e  $\chi^2_H$ ) for menor que o *teste Qui-quadrado* tabelado ( $\chi^2_{n-1, \alpha}$ ), Equação (11), para as duas componentes (Norte e Este) ou somente o componente altimétrico e/ou a resultante planimétrico.

$$\chi^2_j < \chi^2_{n-1, \alpha} \quad (11)$$

As hipóteses para o teste do Qui-quadrado testam se a variância dos resíduos (amostra) é igual à variância estabelecida pelo Decreto-Lei nº. 89.817/84 ( $\sigma^2_0$ ). As hipóteses e fórmulas para o teste Qui-quadrado são as seguintes:

Para a componente da coordenada X:

$$H_0: \sigma^2_X = \sigma^2_0;$$

$$H_1: \sigma^2_X > \sigma^2_0;$$

$$\chi^2_X = \frac{(n-1) \cdot S^2_X}{\sigma^2_X} \quad (12)$$

Portanto, para uma determinada escala, a imagem será classificada com a classe A, B ou C em função dos resultados obtidos nos testes de precisão.

## 3. Resultados e Discussões.

### 3.1. IKONOS

Ao todo foram coletados 33 pontos de controle, todos com precisão abaixo de 15 milímetros. Para se viabilizar a aplicação do *teste t*, foram utilizados 30 pontos de controle, uma vez que ao se processar o PEC para amostras maiores que 30 pontos, o *teste t* se aproxima da distribuição normal, e torna-se, portanto, não-recomendável para a análise. Caso a amostra de pontos fosse maior que 30, seria indicada a aplicação do *teste Z* (MONTGOMERY e RUNGER, 2008).

Os três pontos excluídos dos cálculos foram selecionados tendo como base os maiores resíduos.

Na Tabela 2 são apresentadas as coordenadas, no datum *South American 1969* (SAD69), dos pontos de controle da imagem e de seus homólogos rastreados via GPS, além de seus resíduos em comparação com os pontos coletados na ortoimagem IKONOS.

As altitudes coletadas com GPS (altitudes geométricas) foram transformadas em altitudes ortométricas utilizando-se o *software* MAPGEO 2004, através da ondulação geoidal para cada ponto de controle.

Tabela 2: Coordenadas de imagem IKONOS e de campo, com seus respectivos resíduos.

Nº	Coordenadas UTM da Imagem			Coordenadas UTM (GPS)			Resíduos (metros)			
	E (metros)	N (metros)	h (metros)	E (metros)	N (metros)	h (metros)	$\Delta E$	$\Delta N$	$\Delta \text{abs}$	$\Delta h$
1	724055,795	7694728,233	782,411	724060,886	7694729,831	782,025	5,091	1,598	5,336	-0,386
2	723451,536	7695314,462	746,000	723455,329	7695316,020	745,392	3,793	1,558	4,101	-0,608
3	722225,460	7695351,530	773,920	722230,822	7695353,083	775,337	5,362	1,553	5,582	1,417



Teste de Precisão							
$\sigma_E$ - classe A	2,121	$\sigma_N$ - classe A	2,121	$\sigma_H$ - classe A	1,667		
$\sigma_E$ - classe B	3,536	$\sigma_N$ - classe B	3,536	$\sigma_H$ - classe B	2,000		
$\sigma_E$ - classe C	4,243	$\sigma_N$ - classe C	4,243	$\sigma_H$ - classe C	2,500		
Limite $\chi^2_{29, 0,10}$	39,1			Limite $\chi^2_{29, 0,10}$	39,1		
$\chi^2_E$ calculado A	8,588	$\chi^2_N$ calculado A	6,925			$\chi^2_H$ calculado A	13,29
$\chi^2_E$ calculado B	3,092	$\chi^2_N$ calculado B	2,493			$\chi^2_H$ calculado B	9,23
$\chi^2_E$ calculado C	2,147	$\chi^2_N$ calculado C	1,731			$\chi^2_H$ calculado C	5,91
Classificação: <b>Classe A</b> (escala de 1:10.000)				Classificação: <b>Classe A</b> (Eqüidistância vertical de 5 m)			

O “método de avaliação do PEC através da porcentagem da amostra” classificou a ortoimagem IKONOS com exatidão classe B para a escala de 1: 10.000, diferente dos outros métodos. Uma possível causa seria o fato do “método da porcentagem” avaliar cada resíduo isoladamente em relação ao valor do PEC definido na norma, diferentemente dos outros métodos que se avalia o PEC considerando os pontos de controle como uma amostra e não como pontos isolados.

Apesar da ortoimagem ser classificada como classe A pelo teste de precisão, o que mostra que a geometria das suas feições está consistente com a realidade, a ortoimagem está deslocada nas componentes E e N, devido a possíveis erros no processamento da ortorretificação da imagem.

Os resultados referentes ao modelo digital de elevação IKONOS mostraram-se homogêneos, diante os três métodos, ambos classificando o MDE como classe A para a eqüidistância vertical de 5 metros.

### 3.2- CBERS-2B

Na Tabela 4 são apresentadas as coordenadas da imagem e dos pontos rastreado por GPS, juntamente com seus respectivos resíduos.

Tabela 4: Coordenadas de imagem CBERS-2B e de campo, com seus respectivos resíduos.

Nº	Coordenadas UTM Cbers-2B		Coordenadas UTM (GPS)		Resíduos (metros)		
	E (metros)	N (metros)	E (metros)	N (metros)	$\Delta E$	$\Delta N$	$\Delta abs$
1	724071,705	7694725,257	724060,886	7694729,831	-10,819	4,574	11,746
2	722028,577	7696512,913	722025,693	7696512,030	-2,884	-0,883	3,016
3	723420,568	7696837,723	723416,141	7696840,825	-4,427	3,102	5,406
4	720874,881	7698604,639	720872,535	7698612,241	-2,346	7,602	7,956
5	722001,280	7699516,737	722001,057	7699521,941	-0,223	5,204	5,209
6	719086,209	7699286,704	719094,454	7699283,073	8,245	-3,631	9,009
7	721550,222	7698869,221	721539,537	7698871,799	-10,685	2,578	10,992
8	720718,371	7696257,972	720721,239	7696255,682	2,868	-2,290	3,670
9	720946,259	7699747,774	720943,516	7699749,379	-2,743	1,605	3,178
10	717928,920	7700702,500	717925,152	7700705,535	-3,768	3,035	4,838
11	722099,144	7701330,958	722094,280	7701330,719	-4,864	-0,239	4,870
12	723146,660	7701696,783	723142,670	7701702,809	-3,990	6,026	7,227
13	717137,242	7702435,711	717137,426	7702434,555	0,184	-1,156	1,171
14	718490,168	7703093,353	718503,096	7703104,544	12,928	11,191	17,099
15	719314,203	7704418,455	719314,285	7704415,607	0,082	-2,848	2,849
16	719943,700	7705672,359	719938,822	7705669,764	-4,878	-2,595	5,525
17	722076,049	7704302,541	722068,179	7704297,595	-7,870	-4,946	9,295
18	719445,283	7701969,367	719449,067	7701966,134	3,784	-3,233	4,977
19	721969,626	7697604,240	721967,783	7697601,571	-1,843	-2,669	3,243

20	719780,223	7700684,428	719784,691	7700681,127	4,468	-3,301	5,555	
21	721306,341	7703321,658	721308,136	7703322,207	1,795	0,549	1,877	
					Média	-1,285	0,842	6,129
					S	5,750	4,297	3,816

Na tabela 5 são apresentados os valores dos componente para a avaliação do PEC, para a imagem CBERS-2B.

Tabela 5: Tabela de resultados dos produtos derivados de imagens CBERS-2B.

PEC através do desvio padrão da amostra				PEC através de testes de hipóteses			
Planimétrico ( $\Delta$ abs)				Planimétrico ( $\Delta$ abs)			
PEC <sub>Decreto-Lei A</sub>	12,50	PEC <sub>calc</sub> (1,6449.S)	6,2729	Teste de Tendência			
PEC <sub>Decreto-Lei B</sub>	20,00			Limite $t_{10\%(20)}$	1,72	$t_{calculado E}$	-1,0241
PEC <sub>Decreto-Lei C</sub>	25,00					$t_{calculado N}$	0,8977
Classificação: <b>Classe A</b> (escala de 1:25.000)				<b>Não existe tendência</b>			
PEC através da porcentagem da amostra				Teste de Precisão			
Planimétrico ( $\Delta$ abs)							
PEC <sub>Decreto-Lei A</sub>	12,50	Porcentagem A	95,24 %	$\sigma_E$ - classe A	5,303	$\sigma_N$ - classe A	5,303
PEC <sub>Decreto-Lei B</sub>	20,00	Porcentagem B	100%	$\sigma_E$ - classe B	8,839	$\sigma_N$ - classe B	8,839
PEC <sub>Decreto-Lei C</sub>	25,00	Porcentagem C	100%	$\sigma_E$ - classe C	10,61	$\sigma_N$ - classe C	10,61
Classificação: <b>Classe A</b> (escala de 1:25.000)				Limite $\chi^2_{20, 0,10}$	28,4		
				$\chi^2_E$ calculado A	23,51	$\chi^2_N$ calculado A	13,127
				$\chi^2_E$ calculado B	8,465	$\chi^2_N$ calculado B	4,726
				$\chi^2_E$ calculado C	5,878	$\chi^2_N$ calculado C	3,282
				Classificação: <b>Classe A</b> (escala de 1:25.000)			

No geral, os resultados da avaliação posicional das imagens CBERS-2B mostraram-se homogêneos, sendo classificado como classe A para a escala de 1: 25.000, em todos os três métodos.

#### 4. Conclusão

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que a metodologia e os materiais utilizados permitiram avaliar a exatidão posicional de produtos do sensoriamento remoto, através do Padrão de Exatidão Cartográfica, definidos no Decreto-Lei nº. 89.817/1984.

Foi possível verificar que para os três métodos aplicados obteve-se classificações homogêneas para as mesmas imagens orbital, apenas na análise da exatidão planimétrica da imagem IKONOS que o “método de avaliação do PEC através da porcentagem da amostra” classificou a imagem como classe B, para a escala de 1:10.000, enquanto que nos outros dois métodos a classificação foi classe A. É importante ressaltar que o “método de avaliação do PEC através de testes de hipóteses” proposto por Merchant (1982) é mais completo que os demais, devido ao fato de realizar, além do teste de precisão, o teste de tendência, e em ambos os casos analisar a amostra como um todo e não somente erros isolados.

Atualmente vários métodos são aplicados na avaliação da exatidão posicional, sendo várias as interpretações acerca do Decreto-Lei nº. 89.817/1984, portanto o órgão regulador das normas cartográficas brasileira deveria estabelecer um processo único, onde se padroniza o processamento do PEC, evitando várias classificações para um determinado produto.

No geral, chegou-se a uma exatidão planimétrica classe A para a escala de 1: 10.000 e uma exatidão altimétrica classe A para equidistâncias entre curvas de nível de 5 metros nos produtos gerados a partir das imagens IKONOS. O teste de tendência mostrou que a ortomagem apresenta erros sistemáticos, e encontra-se deslocada nas componentes das coordenadas E e N, impossibilitando a sua utilização para determinadas finalidades. Na

imagem CBERS-2B, chegou-se a uma exatidão planimétrica classe A para a escala de 1: 25.000.

Como dificuldade encontrada no trabalho tem-se a correção geométrica da imagem CBERS-2B onde não se conseguiu um RMS abaixo de 0,5.

Sugere-se para trabalhos posteriores a avaliação de normas internacionais de exatidão posicional e suas comparações com a norma brasileira, além da avaliação do PEC quando não se tem pontos de controle bem definidos na imagem.

## **Referências Bibliográficas**

ARONOFF, S., *Geographics information systems: A management perspective*. WDL Publications. Ottawa – Canadá, 1995.

BRASIL, Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984 – Normas Técnicas da Cartografia Nacional, Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 1984.

GALO, M.; CAMARGO, P. de O., O uso do GPS no controle de qualidade de cartas. In: 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Tomo II, p. 41-48, Florianópolis – Brasil, 1994.

MAROTTA, G. S.; VIEIRA, C. A. O., Aplicação do padrão de exatidão cartográfica em imagens orbitais Aster para fins de atualização de mapeamentos. In: XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé, 2005.

MERCHANT, D. C., Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps. In *Proceedings of the Technical Congress on Surveying and Mapping* (1), 222-231, 1982, 1982.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C., *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. Tradução Verônica Calado. – 2. reimpr. – Rio de Janeiro: LTC, 2008.

SEAMG, Sociedade dos Engenheiros Agrimensores de Minas Gerais, Roteiro para se determinar a classificação de cartas planimétricas quanto ao padrão de exatidão cartográfico, Retirado de: [http://www.fenea.org.br/entidades/informativo\\_seamg.htm](http://www.fenea.org.br/entidades/informativo_seamg.htm) Acessado em 12/08/2008., Minas Gerais, Brasil, 2006.

UFV, Plano de Segurança da Água – Projeto Piloto, Universidade Federal de Viçosa e Ministério da Saúde, Viçosa, Brasil, 2008.

VERGARA, O. R.; CINTRA, J. P.; D'ALGE, J. C. L., Avaliação da exatidão cartográfica de documentos atualizados com imagens orbitais e sistemas de informação geográfica. In: XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, 2001.

VIEIRA, C. A. O.; P. M. MATHER e P. A. F. BORGES, Assessing the positional accuracy of remotely sensed products, In *Anais 5th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*, Melbourne, Australia, 2002.