

# Acurácia posicional em Cartografia : Um Estudo de Caso em Assis SP

Ms. Humberto Rodrigues Francisco <sup>1</sup>  
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Philips <sup>2</sup>

<sup>1</sup> UFSC – Doutorando do PPGEC  
Florianópolis-SC

<sup>2</sup> UFSC – Prof. do PPGEC  
Florianópolis-SC

**Resumo:** Os avanços ocorridos nas diversas áreas da Cartografia auxiliam no desenvolvimento de novas metodologias para a elaboração de produtos cartográficos de melhor qualidade. Com o desenvolvimento tecnológico, uma gama considerável de equipamentos e técnicas para coleta, armazenamento e representação das informações do terreno, estão hoje disponíveis, o que permitem um maior número de opções para as soluções pretendidas, porém exige-se que todas essas opções sejam conhecidas e consideradas para que a melhor relação custo/benefício possível seja alcançada. É pensando nisso que se optou em realizar o controle de qualidade classificando as cartas conforme preconiza o Decreto Lei 89.817/84. Neste trabalho é possível identificar pontos falhos e desatualizados na vigente Legislação quanto a não especificação sobre cartas convertidas e a não contemplação sobre classificação de produtos cartográficos digital. Para tanto, realizou-se um estudo de caso na área piloto (urbana) do Município de Assis-SP, abordando principalmente a acurácia posicional.

## 1. Introdução

Nas Ciências de mapeamento, a posição de uma entidade do mundo real é descrita por valores, em um sistema de coordenada apropriada. Acurácia Posicional representa a proximidade desses valores da posição "verdadeira" da entidade naquele sistema. É importante ressaltar que essa verdadeira posição pode ser obtida através de um mapa de melhor acurácia e das coordenadas provenientes de levantamento topográfico ou geodésico (Drummond, 1995).

Ainda, a acurácia posicional, pode ser expressa em termos de desvio padrão ( $\sigma$ ), erro máximo de ( $3\sigma$ ), erro circular, erro médio quadrático das coordenadas dos componentes X,Y, e Z.

No Brasil, os órgãos responsáveis pela cartografia oficial tanto na esfera Federal quanto Estadual, historicamente desenvolveram uma cartografia norteada pelos métodos analógicos tradicionais. Com o avanço da tecnologia digital e a inserção da cartografia neste contexto, problemas antigos foram resolvidos, mas outros começaram a surgir, como a falta de normas adequadas, parâmetros de avaliação e conversão de dados.

A cartografia digital foi pensada e desenvolvida a princípio para acelerar a produção de mapas e tornar mais ágeis os processos de edição, incluindo as generalizações, correções, atualizações e todo um rol de procedimentos que no processo cartográfico convencional se torna dispendioso e demorado.

Desta maneira, a demanda e a necessidade de mapear são crescentes, enquanto as alternativas são paradoxais, pois, quando se prioriza produção, a qualidade tende a decrescer, correndo assim os riscos de:

1. atender a demanda sem atingir a qualidade desejada, ou
2. atingir a qualidade por meio de planejamento adequado, mas não obter produção satisfatória.

O ideal é o equilíbrio, representado pelo meio termo entre as duas situações acima colocadas, utilizando para isto normas e parâmetros mínimos que garantam a qualidade do produto no final do processo sem que se perca a evolução das tecnologias.

Os trabalhos hoje ofertados pela cartografia digital provocam discussões e muitas vezes resistência entre os especialistas nesta área, pois de um lado há a necessidade de se representar o mais fielmente possível todas as feições da área mapeada, para que esta possa cumprir a sua função enquanto carta e se enquadrar nos padrões determinados para o mapeamento em território nacional.

## 2. Objetivo

Este trabalho tem o objetivo de analisar a qualidade posicional das feições planimétricas em bases cartográficas digitais e analógicas e estabelecer procedimentos capazes de classificá-las conforme preconiza a legislação.

## 3. Legislação

O Decreto nº 89.917/84 estabelece Instruções Reguladoras das Normas técnicas da Cartografia Nacional, definindo normas e procedimentos de padronização, o que permite a avaliação e produção de cartas com qualidade compatível com padrões internacionais.

O referido Decreto apresenta uma avaliação da qualidade do mapa no tocante a exatidão das informações cartográficas, criando o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC, e uma classificação das cartas em Classe A, B e C, como segue:

- **Classe A:**

1 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,5 mm na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro – Padrão correspondente;

2 – Padrão de Exatidão Cartográfica – Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas de nível, sendo 1/3 (um terço) desta equidistância o Erro – Padrão correspondente.

- **Classe B:**

1 – Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,8 mm na escala da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o Erro – Padrão correspondente;

2 – Padrão de Exatidão Cartográfica – Altimétrico: 3/5 (três quintos) da equidistância entre as curvas de nível, sendo 2/5 (dois quintos) desta equidistância o Erro – Padrão correspondente.

- **Classe C:**

1 – Padrão de Exatidão Cartográfico - Planimétrico: 1,0 mm na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o Erro – Padrão correspondente;

2 – Padrão de Exatidão Cartográfica – Altimétrico: 3/4 (três quartos) da equidistância entre as curvas de nível, sendo de metade desta equidistância o Erro – Padrão correspondente.

Pode-se notar que o PEC definido pelo Decreto nº 89.917/84 relaciona-se diretamente com as escalas das cartas - Ec. Têm-se, respectivamente: 0,5mm x Ec, 0,8mm x Ec e 1,0mm x Ec, para cartas classe A, B e C.

Na cartografia e ciências afins, a qualidade dos dados contida nos produtos cartográficos depende de vários parâmetros. Intuitivamente a acurácia posicional vem em primeira instância e é sem dúvida a

principal preocupação dos que trabalham com mapeamento, pois dela depende a classificação final do produto.

#### 4. Padrões e Testes de Exatidão Cartográfica

No caso da avaliação de cartas, a variável observada é a diferença entre o valor tido como verdadeiro, ou seja, extraído da superfície tridimensional do terreno e o valor extraído da carta, isto é, da superfície mapeada em duas dimensões, seja de uma altitude, seja de uma posição planimétrica, sendo, assim, o erro de cada ponto testado.

É importante observar que no primeiro caso, a superfície nunca é conhecida na sua totalidade; já no segundo caso, a superfície nunca está completamente definida. No entanto, as medidas realizadas no teste nunca estão totalmente livres de erros.

De forma a assegurar a correta determinação da precisão, uma amostra de pontos para uso em controle de qualidade de um documento cartográfico deverá ser representativa.

Porém, a legislação vigente, ou seja, o Decreto Lei 89.817/84, no caso do Brasil, não trata deste assunto. Isto mostra que nossas instituições produtoras de mapas têm pouca experiência nesse tipo de controle.

Contudo, definiu-se, que o número de pontos da amostra seria de forma que os mesmos recobrissem toda a área piloto de uma forma homogênea, ou seja, bem distribuídos espacialmente.

Segundo Merchant (1982), os testes específicos para a análise de exatidão de um mapa são realizados em função da exatidão cartográfica composta por duas fases. A primeira envolve um teste de detecção de tendências, que apura se os resultados estão isentos de erros sistemáticos. A Segunda trata-se de uma análise da precisão. Estes testes são baseados em um nível de significância de 90%. A análise de tendência baseia-se na distribuição *t* de *Student*, enquanto que a análise de precisão na distribuição Qui-quadrado. Os testes de hipóteses são efetuados sobre a média e desvio padrão amostral em cada uma das componentes da coordenada representada na carta.

#### 5. Análise Estatística

São vários os critérios que podem ser utilizados na análise de exatidão cartográfica. Neste trabalho são analisadas a existência de tendências e a precisão do produto.

Observa-se, portanto, que na avaliação dos testes estatísticos foram medidas a precisão e acurácia. Desta forma, é importante aqui diferenciar a precisão da acurácia (exatidão). O primeiro caso, está relacionado com a dispersão das observações em torno do valor médio, enquanto que o segundo caso, está ligado com a proximidade ao valor real, ou seja, sem a influência de erros sistemáticos.

Não obstante, na análise da qualidade dos produtos cartográficos, estes dois aspectos devem ser considerados.

Nas equações apresentadas a seguir, ao denominar-se a variável *X* para um ponto, entende-se que este é válido tanto para as coordenadas *E*, quanto para as *N*.

##### 5.1. Análise de Tendência

As coordenadas com índice superior *r* são referentes às coordenadas de referência (verdadeira) e as que não possuem índice superior são as obtidas da carta em avaliação. Logo;

$$\Delta X_i = X_i^r - X_i \quad (5.1)$$

A média, bem como o desvio-padrão das discrepâncias amostrais, deverão ser calculados por:

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i \quad (5.2)$$

$$S_{\Delta X}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2 \quad (5.3)$$

No teste de tendência serão avaliadas as seguintes hipóteses:

$$H_0 : \overline{\Delta X} = 0, \text{ contra} \quad (5.4)$$

$$H_1 : \overline{\Delta X} \neq 0 \quad (5.5)$$

Para este teste deverá ser calculada a estatística amostral "t", e verificar se o valor de t amostral está no intervalo de aceitação ou rejeição da hipótese nula.

O valor de t amostral será calculado através de:

$$t_X = \frac{\overline{\Delta X}}{S_{\Delta X}} n^{1/2} \quad (5.6)$$

Embora usual a expressão (5.6) para calcular a estatística  $t_X$  amostral, parece mais razoável substituir o denominador pelo desvio-padrão populacional ( $\sigma_X$ ) estabelecido para a carta em análise, que segundo o EP é de 0,3 mm na escala da carta (Francisco, 2001).

O intervalo de confiança é dado por:

$$|t_X| < t_{(n-1, \alpha/2)} \quad (5.7)$$

Cabe ressaltar, que a existência de tendência em alguma direção significa a ocorrência de problemas. Isto só acontecerá se a estatística "t" amostral não atender à desigualdade mostrada na expressão (5.7), isto é, rejeitada a hipótese nula a carta possui tendências significativas na coordenada testada, para um determinado nível de confiança.

## 5.2. Análise de Precisão

A análise da precisão será feita comparando o desvio-padrão das discrepâncias com o erro padrão planimétrico (EPP) esperado, para a classe na qual se deseja testar. Portanto, o teste de hipótese a ser formulado é o seguinte:

$$H_0 = S_X^2 = \sigma_X^2, \text{ contra} \quad (5.8)$$

$$H_1 : S_X^2 > \sigma_X^2 \quad (5.9)$$

onde  $\sigma_X$  corresponde ao desvio-padrão ou erro padrão esperado para a coordenada X (planimetria) e é calculado pela expressão:

$$\sigma_X = \frac{EPP}{\sqrt{2}} \quad (5.10)$$

É importante observar que, no caso da análise ser feita sobre as resultantes, a equação é simplificada para:

$$\sigma_X = EPP \quad (5.11)$$

Com isso, obtém-se o valor de Qui-quadrado amostral:

$$\chi^2_X = (n - 1) \frac{S_{\Delta X}^2}{\sigma_X^2} \quad (5.12)$$

A hipótese nula é aceita se este valor satisfaz a seguinte desigualdade:

$$\chi^2_X \leq \chi^2_{(n-1, \alpha)} \quad (5.13)$$

Se a expressão (5.13) não for obedecida, rejeita-se a hipótese nula de que a carta atende à precisão pré-estabelecida.

Neste item, foram descritos os métodos e parâmetros necessários à análise de exatidão de uma carta. Foram mostrados também os tratamentos estatísticos a ser empregado nesta análise e as conclusões que podem ser obtidas a partir dos mesmos.

## 6. Qualidade Posicional da Base Cartográfica – Estudo de caso

É importante ressaltar, que todos os testes realizado neste trabalho foi em uma área piloto (urbana) no município de Assis-SP. No qual a Prefeitura Municipal forneceu todo o material cartográfico para que o mesmo pudesse ser realizado.

### 6.1. Seleção dos pontos de referência

Após um reconhecimento prévio na área piloto do projeto, atentou-se para o fato de que possíveis dificuldades seriam encontradas em decorrência da desatualização das folhas. Das quatro folhas que compõem o projeto piloto, parte de duas delas sofreram razoáveis transformações devido à urbanização, descaracterizando a carta original.

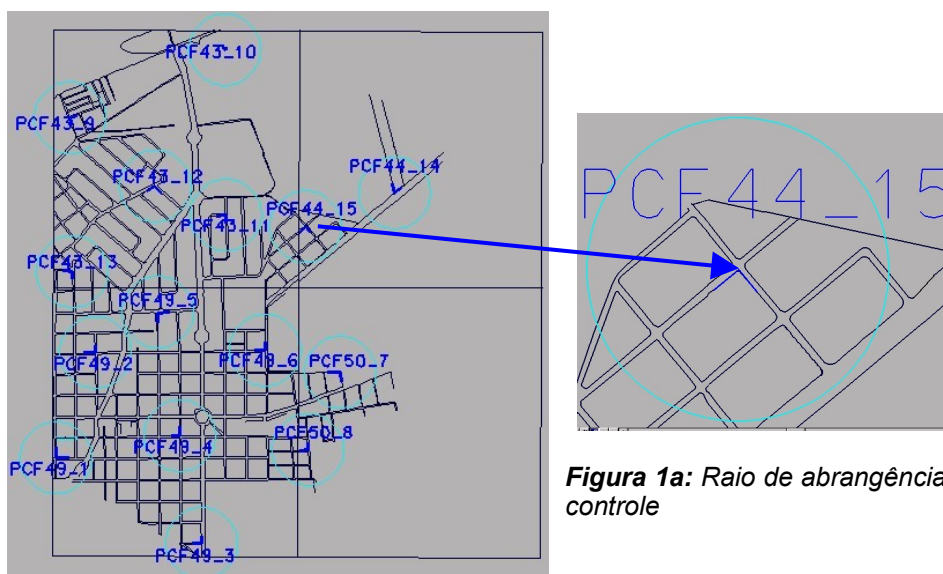
Os pontos levantados com o GPS foram numerados de 1 a 15, em que cada um deles recebeu a nomenclatura PCF, onde **P** corresponde a ponto, **C** significa controle e **F** a folha com o número que está sendo usada.

Para a escolha ou não dos pontos levantados, foram considerados alguns critérios, como descritos a seguir:

1. as observações GPS requerem boas condições de recepção de sinais emitidos pelos satélites, sendo que os sinais transmitidos podem ser absorvidos, refletidos ou refratados por objetos próximos à antena ou entre a antena e o satélite. O horizonte em torno da antena deve estar desobstruído acima de um ângulo de 10°;
2. locais próximos à estações de transmissão de microondas, radares, antenas rádio receptoras e linhas de transmissão de alta voltagem, são considerados locais impróprios, pois são fontes de interferência para os sinais GPS;
3. as condições de acesso devem ser consideradas na seleção de uma nova estação.

Tomou-se como base à proposta de Merchant (1982), que estabelece que os pontos de controle devem estar separados de no mínimo  $0,10 \times D$ , em que **D** corresponde à maior diagonal pertencente à área retangular abrangida pelo mapa. Sendo assim, é que se propôs estabelecer um raio, de cor azul cian, conforme mostra a Figura 1a envolvendo um dos pontos de controle. Como exemplo, pode-se tomar como base à respectiva área de estudo, cuja maior diagonal equivale a 3146,9515 metros. Com isso, a separação dos pontos deve ser de pelo menos 314,70 metros.

Contudo, vale ressaltar, que para a aquisição dos pontos em questão, considerou-se as recomendações descritas anteriormente. A distribuição dos pontos na área piloto é mostrada na Figura 1.



**Figura 1a:** Raio de abrangência de um dos pontos de controle

**Figura 1:** Distribuição dos pontos de controle na área piloto

## 6.2. Determinação das coordenadas de referência (GPS) e definição do método

Nesta etapa, inicialmente investigou-se qual método de posicionamento por GPS atenderia aos requisitos de precisão.

Segundo Merchant (1982), a exatidão de um mapa é verificada a partir da comparação das coordenadas do terreno com as do mapa. Os pontos de referência a serem utilizados, devem ser determinados por procedimentos no qual o erro na determinação das suas coordenadas não seja superior a 1/3 do Erro Padrão (EP) esperado para a classe da carta.

Baseando-se nessa premissa, calculou-se a tolerância mínima para os pontos, tomando como parâmetro, uma carta de classe A, ou seja, com um erro padrão de 0,3 mm na escala da carta. No entanto, vale ressaltar que, no caso em estudo, foram verificados apenas os erros em relação a planimetria. Como a escala da carta do estudo de caso é 1:2000, conclui-se que os pontos devem ser determinados com precisão melhor que 0,2 m.

Logo o GPS, no posicionamento relativo atende à tolerância exigida em relação ao EP.

Uma vez estabelecidas estas exigências, a próxima etapa referiu-se ao levantamento de campo propriamente dito. Utilizou-se dois receptores 4600 LS da *Trimble*, empregando o método de posicionamento relativo estático rápido, escolhido devido à curta distância entre a estação de referência e os demais pontos, tendo como observação básica a pseudodistância. O receptor móvel ficou, em média, 6 minutos em cada ponto. Este intervalo de tempo foi suficiente para atender à precisão requerida.

Um dos receptores foi posicionado numa estação de coordenadas conhecidas e o outro foi posicionado sobre os pontos de interesse. Para o caso em questão, a estação base estava localizada a uma distância aproximada de 8 a 10 km da área piloto.

Para cada ponto de controle, preencheu-se um relatório de ocupação, que serviu para identificação dos pontos durante a fase de processamento dos dados.

## 6.3. Materialização dos pontos no terreno

Para realizar a materialização dos pontos no terreno, utilizou-se a seguinte técnica: as esquinas foram representadas pelo encontro de retas num ângulo de aproximadamente 90°, o que não acontece no terreno. O processo utilizado foi o de materializar o encontro destas retas através do prolongamento dos meios-fios, adotando-se o encontro deles, como o ponto a ser determinado.

Diante o exposto, utilizou-se "pregos" cravados no encontro dessas duas retas. Com isso, realizou-se a identificação dos pontos no terreno. Na carta digital, fez-se o prolongamento das retas, no vetor representado pela cor vermelha e no *raster* pela cor azul. Os pontos materializados no terreno, e seu similar no mapa digital podem ser vistos na Figura 2.

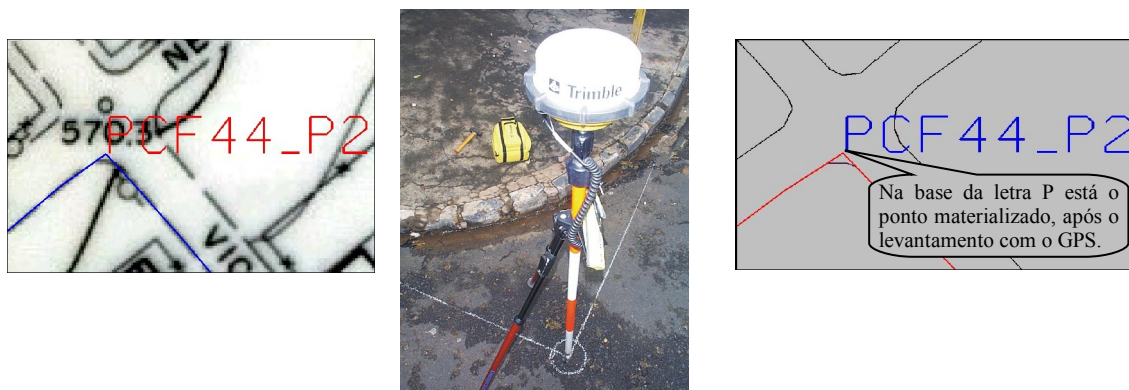


Figura 2: Materialização dos pontos

#### 6.4. Processamento e resultados dos dados GPS

Após a coleta dos dados efetuou-se a transferência dos mesmos utilizando o *software* GPSurvey 2.35a, que acompanha os receptores 4600 LS da *Trimble*. É importante salientar, que o *software* GPSurvey 2.35a é utilizado no processamento de dados GPS de receptores *Trimble* série 4000 nos métodos estático, cinemático e estático rápido para portadora L1 e L2.

Logo, procedeu-se a escolha dos parâmetros no processamento. Dentre as opções definidas nesta fase, a que mais se destaca é a escolha da adoção da solução do tipo *Code*, ou seja, todo o processamento foi realizado utilizando a pseudodistância.

É importante salientar que as coordenadas oriundas do levantamento de campo está associada ao sistema de referência do GPS, que é WGS-84. Deste modo, procedeu-se à transformação das coordenadas cartesianas no sistema WGS-84 para o Sistema de Referência Geodésico (SGR) Córrego Alegre, utilizando os parâmetros oficiais do IBGE (IBGE, 1998, p.13). Esta transformação foi necessária, haja vista que a base cartográfica está referenciada no SGR Córrego Alegre. Para a transformação das coordenadas utilizou-se o mesmo *software* que processou os dados GPS.

Uma vez finalizado o processamento, definida a precisão pontual do levantamento e efetuadas as transformações, obteve-se como resultado, as coordenadas (E,N) no *Datum* Córrego Alegre. Os valores das coordenadas e seus desvios-padrão podem ser verificados na tabela 1, a qual mostra que a precisão de 0,20 m no terreno foi alcançada, atendendo ao quesito esperado.

Tabela 1: Coordenadas obtidas do levantamento GPS

PONTO	$E(m)$	$\sigma_{E(m)}$	$N(m)$	$\sigma_{N(m)}$
PCF49_1	561011,958	0,109	7493650,831	0,091
PCF49_2	561183,804	0,144	7494114,022	0,119
PCF49_3	561649,804	0,141	7493280,294	0,144
PCF49_4	561554,047	0,103	7493748,419	0,120
PCF49_5	561456,634	0,139	7494289,758	0,152
PCF49_6	561932,872	0,199	7494125,211	0,169
PCF50_7	562256,893	0,117	7494026,265	0,117
PCF50_8	562120,363	0,133	7493687,197	0,149
PCF43_9	561075,153	0,128	7495141,540	0,105
PCF43_10	561752,506	0,121	7495443,202	0,135
PCF43_11	561755,933	0,108	7494715,344	0,107
PCF43_12	561446,254	0,130	7494841,878	0,140
PCF43_13	561085,863	0,102	7494470,627	0,088
PCF44_14	562500,086	0,114	7494813,491	0,134
PCF44_15	562108,374	0,134	7494664,580	0,117
□		1,922		1,887
<b>Média</b>		0,128		0,126

## 6.5. Análise da qualidade posicional dos produtos: vetorial e raster

É importante ressaltar algumas considerações, no que refere ao procedimento utilizado para avaliar a exatidão das cartas sendo:

1. com o objetivo de avaliar a qualidade do produto vetorial (digital), propõem a realizar a checagem do PEC;
2. no entanto, como era desconhecida a qualidade da conversão do mesmo, ou seja, do produto analógico para o produto vetorial, fez-se necessário avaliar a restituição original.

Porém, a legislação vigente, atende especificamente às cartas construídas, não se aplicando para as cartas convertidas, conforme representa a Figura 3, na qual o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG) adotam 0,1mm ( $\frac{1}{2}$  do Erro Gráfico (EG)) na escala da carta. Isto significa que os elementos não podem ter uma diferença maior que 0,1 mm na escala da carta entre o vetor e o correspondente no *raster*. Quando isto ocorrer, ou seja, passar desta tolerância, a carta convertida não será considerada como oficial, segundo a norma adotada pelo IBGE/DSG.

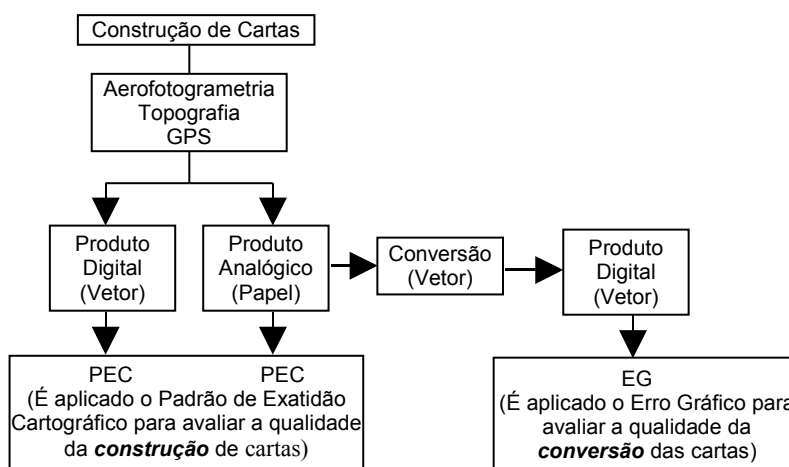


Figura 3: Construção e conversão das cartas

### 6.5.1. Análise da qualidade posicional do produto vetorial

A seguir serão analisadas as discrepâncias entre as coordenadas levantadas no terreno, com o GPS e as coordenadas dos pontos correspondentes na carta, utilizando-se para isto o *software* GeoMedia Pro.

Tabela 2: Cálculo das discrepâncias

Discrepâncias		
	Campo (GPS)	Carta (Vetor)
PONTO	$\Delta_E (m)$	$\Delta_N (m)$
PCF49_1	0,014	0,458
PCF49_2	-0,416	0,362
PCF49_3	0,532	0,631
PCF49_4	0,037	0,139
PCF49_5	-0,112	-0,029
PCF49_6	0,774	1,154
PCF50_7	-0,407	0,025
PCF50_8	1,133	1,687
PCF43_9	-0,904	0,232
PCF43_10	0,383	0,170
PCF43_11	0,034	0,348
PCF43_12	0,123	-0,513
PCF43_13	0,073	-0,566
PCF44_14	0,494	0,150
PCF44_15	0,886	-1,059
□	2,644	3,189
<b>Média</b>	0,176	0,212

A Tabela 2 é referente ao cálculo das discrepâncias existentes entre as coordenadas de campo (GPS) e as da carta (vetor), cuja escala é 1:2000.

As Tabelas 3 (Resultante), 4 e 5 (Componente, E e N) são preenchidas a seguir.

**Tabela 3: Resultados para a Análise de Tendência e Precisão (Resultante - 1:2000)**

Planimetria			
Tendência	Média		0,708 m
	Desvio padrão		0.526 m
	$t_{14;0,05}$		1,761
	$t_{Amostral}$		4,571 m
	Análise		Apresenta Tendência
Precisão	$\chi^2_{14;10\%}$		21,06
	$\chi^2$	Classe A	10,781
		Classe B	3,881
		Classe C	2,695
	Análise		$\chi^2_{ClasseA} < \chi^2_{14;10\%}$
Classe obtida		<b>A</b>	

**Tabela 4: Resultados para a Análise de Tendência (Componente - 1:2000)**

			Planimetria
Tendência	$\Delta_E$		0,176 m
	$\Delta_N$		0,213 m
	$\sigma_E$		0,539 m
	$\sigma_N$		0,665 m
	$t_{14;0,05}$		1,761
	$t_E$		1,609
	$t_N$		1,941
	Análise		$ t_E  < t_{Amostral}$
			$ t_N  > t_{Amostral}$
	Componente	E	<b>Sem Tendência</b>
N		<b>Apresenta Tendência</b>	

**Tabela 5: Resultados para a Análise de Precisão (Componente - 1:2000)**

			Planimetria
Precisão	$\chi^2_{14;10\%}$		21,06
	$\chi^2_E$	Classe A	22,595
		Classe B	8,134
		Classe C	5,649
	$\chi^2_N$	Classe A	34,393
		Classe B	12,381
	Classe Obtida		<b>B</b>

### 6.5.2. Análise da qualidade posicional do produto raster

Para poder validar o produto raster, teve-se que, primeiramente, digitalizar matricialmente todas as quatro cartas (1:2000). Utilizou-se um scanner no formato A4 colorido da *Hewlett Packard* (HP) modelo 5.300C, cuja resolução é de 1.200 dpi direto. Cabe ressaltar, que as plantas foram digitalizadas a 400 dpi em tons de cinza (8 bits). Logo após, as mesmas foram georreferenciadas no software GeoMedia Pro. Conforme o formato do scanner, fez-se necessário dividir cada carta em seis partes e para cada uma dessas partes utilizou-se seis pontos para executar o georreferenciamento. A qualidade deste produto é mostrada na Tabela 6, com os seguintes resultados:

**Tabela 6: Discrepâncias das cartas georreferenciadas**

Diferenças no georreferenciamento do produto (Vetor – Raster)				
Folhas no formato raster	CARTAS			
	43 $\Delta_X (m)$	44 $\Delta_X (m)$	49 $\Delta_X (m)$	50 $\Delta_X (m)$
1ª parte	0,196	0,196	0,164	0,133
2ª parte	0,196	0,098	0,172	0,120
3ª parte	0,166	0,142	0,158	0,199
4ª parte	0,017	0,154	0,189	0,081
5ª parte	0,144	0,083	0,184	0,122
6ª parte	0,163	0,105	0,183	0,104
□	0,882	0,778	1,050	0,759
<b>Média</b>	0,147	0,129	0,175	0,126

Em relação ao georreferenciamento, pôde-se constatar que todos os desvios-padrão encontrados estão abaixo de 0,1 mm ( $\frac{1}{2}$  do EG) na escala da carta (1:2000), ou seja, obtendo-se uma precisão melhor que 0,20 m. Assim sendo, estes resultados mostram que o georreferenciamento foi realizado com sucesso.

Segue, na Tabela 7 o resultado das discrepâncias existentes entre as coordenadas de campo (GPS) e as da carta (raster).

**Tabela 7: Cálculo das discrepâncias**

Discrepâncias		
	Campo (GPS)	Carta (Raster)
PONTO	$\Delta_E (m)$	$\Delta_N (m)$
PCF49_1	0,164	0,918
PCF49_2	-0,166	1,092
PCF49_3	0,392	0,981
PCF49_4	0,347	0,399
PCF49_5	0,688	-0,069
PCF49_6	0,394	1,644
PCF50_7	-1,147	0,125
PCF50_8	1,363	1,137
PCF43_9	-0,044	-0,368
PCF43_10	1,293	0,670
PCF43_11	0,474	0,408
PCF43_12	0,213	-0,043
PCF43_13	-0,057	-0,256
PCF44_14	0,664	-0,640
PCF44_15	0,556	-1,089
□	5,134	4,909
<b>Média</b>	0,342	0,327

A seguir serão apresentados os resultados dos testes executados para a escala 1:2000. Os resultados encontram-se nas tabelas 8 (Resultante) e para as Tabelas 9 e 10 (Componente).

**Tabela 8: Resultados para a Análise de Tendência e Precisão (Resultante - 1:2000)**

Planimetria			
Tendência	Média		0,934 m
	Desvio padrão		0,488 m
	$t_{14;0,05}$		1,761
	$t_{Amostral}$		6,029 m
	Análise		Apresenta Tendência
Precisão	$\chi^2_{14;10\%}$		21,06
	$\chi^2$	Classe A	9,247
		Classe B	3,329
		Classe C	2,312
	Análise		$\chi^2_{ClasseA} < \chi^2_{14;10\%}$
Classe obtida		<b>A</b>	

**Tabela 9: Resultados para a Análise de Tendência (Componente - 1:2000)**

			Planimetria
Tendência	$\Delta_E$		0,342 m
	$\Delta_N$		0,327 m
	$\sigma_E$		0,602 m
	$\sigma_N$		0,755 m
	$t_{14;0,05}$		1,761
	$t_E$		3,124
	$t_N$		2,987
	Análise		$ t_E  < t_{Amostral}$
			$ t_N  < t_{Amostral}$
	Componente	E	Apresenta Tendência
	N	Apresenta Tendência	

**Tabela 10: Resultados para a Análise de Precisão (Componente - 1:2000)**

			Planimetria
Precisão	$\chi^2_{14;10\%}$		21,06
	$\chi^2_E$	Classe A	28,169
		Classe B	10,141
		Classe C	7,048
	$\chi^2_N$	Classe A	44,332
		Classe B	15,959
	Classe Obtida		<b>B</b>

## 6.6. Conclusões gerais das análises

Diante dos resultados apresentados das discrepâncias nas Tabelas 2 e 7, pode-se concluir que os pontos de incidência de maiores diferenças são justamente os pontos que, de alguma maneira, não estavam precisamente definidos. Este pressuposto é válido tanto para a carta quanto para o terreno. Como exemplo, pôde ser notado na Tabela 2 que o ponto PCF50\_8 não foi bem definido no terreno, ficando também indefinido na carta. Com isso, o valor do ponto no terreno em relação à carta ficou com uma

discrepância alta.

Quanto ao teste de detecção de tendência, que apura se os resultados estão isentos de erros sistemáticos, observa-se na Tabela 3 (resultante-vetor) e Tabela 8 (resultante-raster) que tanto para o produto vetorial quanto para o raster, conclui-se que em ambas situações as cartas apresentam tendências, ou seja  $t_X > t_{14;0,05}$ . A Tabela 4 (componente-vetor) apresenta tendência em uma direção,  $t_N > t_{14;0,05}$ . Já a Tabela 9 (componente-raster) apresenta tendência em ambas as direções  $t_X > t_{14;0,05}$ .

No caso da análise da precisão tem-se a Tabela 3 (vetor) e a Tabela 8 (raster) para a resultante, no qual constatou ser satisfeita para as coordenadas em E e N a classificação como produto Classe A. No caso da Tabela 5 (vetor) e Tabela 10 (raster) para a componente, ambas atendem a Classe B.

A Tabela 6 mostra o resultado do georreferenciamento das cartas, na qual todas atingiram à precisão esperada.

## 7. Conclusão

Realizou-se o controle de qualidade posicional de quatro cartas na escala 1:2000, na qual a junção das mesmas compõem a área piloto. Com isso, houve a necessidade de selecionar os pontos de referência no meio vetorial (digital); de forma que a distribuição dos mesmos fosse homogênea, recobrando toda a área do projeto piloto. Os pontos de controle foram determinados por GPS, utilizando o método relativo estático rápido. Somente a pseudodistância foi utilizada como observável básica. Este método foi escolhido por propiciar alta produtividade, ou seja, com apenas 6 minutos de ocupação em cada ponto, obteve-se precisão melhor que a requerida para este caso, que é de 0,20 metros.

Os testes estatísticos foram aplicados em dois produtos distintos. Primeiramente foi aplicado no produto vetorial, originado em 1994, e logo após, no produto raster (oriundo do vôo fotogramétrico de 1987). Obteve-se Classe **A** para a resultante planimétrica do produto vetorial. No teste realizado para o produto raster, constatou-se, também, que o mesmo atende à Classe **A**. Como o IBGE e DSG estabelecem que o (EG) dos elementos geográficos não podem ter uma diferença maior que 0,1 mm na escala da carta entre o vetor e o correspondente no raster, conclui-se que a ocorrência de erros aleatórios no processo de vetorização pode ter contribuído para manter o produto vetorial como Classe **A**.

## 8 Referências Bibliográficas

**Drummond, J.**, *Positional accuracy* In: GUPTILL, S. C; MORRISON, J. L. *Elements of spatial data quality*. s.l., Elsevier Science, 1995. Cap. 3, p. 31-58.

**Francisco, H. R.**, *Qualidade dos dados espaço-temporal: Estudo de caso de acurácia posicional e atualização*. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2001.

**IBGE** - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos* - coletâneas das normas vigentes. Rio de Janeiro: IBGE / Departamento de Geodésia, 1998. 74 p.

**Merchant, D. C.** *Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps* In: *American Congress on Surveying and Mapping*, 1982, Denver, CO. **Proceedings** ... Denver, CO: ACS, 1982. v.1, p. 222-231.