

Avaliação da acurácia posicional das classes de quadras e de eixos de logradouro do projeto Viçosa Digital

RESUMO

Vitor Brasileiro Lima

vitor.brasileiro.lima@gmail.com
orcid.org/0000-0003-4803-01214
Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Afonso de Paula dos Santos

afonso.santos@ufv.br
orcid.org/0000-0001-7248-4524
Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Marcos Vinicius Sanches Abreu

marcos.abreu@ufv.br
orcid.org/0000-0001-8978-3248
Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Lígia da Silva Barbosa

ligia.barbosa@ufv.br
orcid.org/0000-0003-1929-8110
Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Marconi Martins Cunha

marconi.cunha@ufv.br
orcid.org/0000-0003-0797-8530
Universidade Federal de Viçosa (UFV),
Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Este estudo buscou avaliar a qualidade posicional da base cartográfica do projeto Viçosa Digital, através do padrão de acurácia posicional do Decreto nº 89.817/ET-CQDG. O projeto Viçosa Digital foi viabilizado objetivando construir e compartilhar bases de dados geoespaciais, mediante levantamento topográfico, disponibilizados publicamente. Especificamente, foi avaliada a acurácia posicional das feições referentes às Quadras e aos Eixos de Logradouro, utilizando métodos de controle de qualidade baseados em feições pontuais e lineares, respectivamente. Após a definição do tamanho amostral com base nas determinações da ET-CQDG, os dados em campo foram coletados via técnica GNSS em modo RTK e relativo cinemático. Em seguida, foram calculadas as discrepâncias entre as feições homólogas presentes nos produtos de referência e de teste, obtidas em campo (GNSS) e no produto avaliado, respectivamente. Para as feições lineares, utilizou-se o método Buffer Duplo para calcular estas discrepâncias. Já para as feições pontuais, estas foram obtidas pela comparação das coordenadas dos pontos de teste e de referência. Com dados de discrepâncias posicionais, realizou-se a análise de tendência nos dados e classificaram-se os produtos em relação às normas do Decreto nº 89.817/ET-CQDG. Os dados de Quadras foram classificados como Classe C, na escala 1:2.000, enquanto os dados de Eixos de Logradouros foram classificados como Classe D, na escala 1:5.000. Para análise de tendência em feições pontuais, os dados de Quadras obtiveram resultado não-tendencioso.

PALAVRAS-CHAVE: Viçosa Digital. Acurácia Posicional. Cartografia. Controle de Qualidade Cartográfica.

INTRODUÇÃO

Em uma sociedade onde a produção e a utilização de dados geoespaciais está se tornando cada dia mais frequente, é necessário se fazer um controle da qualidade dos mesmos, de forma a não propagar as incertezas que possam estar presentes. Dessa maneira, é fundamental que se tenham informações acerca de sua acurácia, visto que a ausência desta informação pode implicar em resultados e análises que não estejam condizentes com o objetivo desejado (ZANETTI et al., 2018).

Sendo assim, o controle de qualidade cartográfica é um tema cada dia mais relevante. Isso porque, embora o país possua especificações (DSG, 2016), manuais técnicos como o de Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais (IBGE, 2019) e legislações como o Decreto n° 89.817 (BRASIL, 1984), nem todos os produtos cartográficos apresentam um indicador de qualidade (GALO et al., 2001; CUNHA et al., 2019).

O controle de qualidade cartográfica possui vários elementos de análise, sendo a acurácia posicional um dos mais avaliados. Este elemento reporta as incertezas posicionais presentes no produto avaliado para que seja possível classificá-lo em algum padrão de qualidade. Para a avaliação, podem-se utilizar feições pontuais e/ou lineares (SANTOS et al., 2015).

Pode-se afirmar que, devido principalmente às mudanças constantes no espaço geográfico, seja por ações antrópicas ou da própria natureza, é comum de acontecer que as produções cartográficas não consigam acompanhar a velocidade destas modificações, o que acaba acarretando bases de dados desatualizadas. Um exemplo de uma base em que os dados são oferecidos aos usuários finais sem a devida avaliação é o projeto Viçosa Digital. O Viçosa Digital foi um projeto inicialmente viabilizado por parceria público e privado entre o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa (SAAE) e a empresa iPlanus Engenharia e Sistemas, com objetivo inicial de estender a outros órgãos tanto públicos quanto privados.

O objetivo do projeto Viçosa Digital foi o de construir e compartilhar bases de dados geoespaciais, que contém feições como: Quadras, Eixos de Logradouro, Centroides dos Bairros, Cursos D'água na Área Urbana, Limite Municipal, dentre outros. Esta base foi obtida através de levantamento topográfico e foi disponibilizada publicamente, podendo ser utilizada para estudos de diversas áreas, cujos resultados devem atualizar a base com suas novas informações.

Visto que não há trabalhos que avaliaram o controle da qualidade cartográfica do projeto Viçosa Digital, nota-se a necessidade de uma avaliação do mesmo, uma vez que a utilização destes dados por usuários que não tenham o conhecimento da sua acurácia pode levar à propagação de incertezas e à interpretação equivocada dos resultados encontrados. Sendo assim, este estudo se propõe a avaliar a acurácia posicional das classes de feições de Quadras e de Eixos de Logradouro, com base nas tolerâncias do Decreto n° 89.817/ET-CQDG, utilizando feições pontuais e feições lineares, respectivamente.

DECRETO N° 89.817/ET-CQDG

O Decreto n° 89.817, de 1984, apresenta o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) para a avaliação da acurácia posicional de produtos cartográficos. Este decreto, em seu Art. 8º estabelece duas tolerâncias às quais as cartas devem

obedecer. Estas são: o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e o Erro Padrão (EP). Na metodologia proposta, são realizadas as análises planimétrica e altimétrica de forma separada (SANTOS et al., 2016; ARCANJO; ANJOS, 2019).

Em relação à Especificação Técnica de Controle de Qualidade em Dados Geoespaciais (ET-CQDG), esta foi criada pela DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro), em 2016, para atender ao Decreto nº 6.666/2008, que prevê a implantação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) (DSG, 2016). O objetivo desta especificação técnica é fornecer uma forma padronizada para avaliar a qualidade dos produtos, utilizando como base o Decreto nº 89.817, em conjuntos de dados geoespaciais integrantes do Sistema Cartográfico Nacional (SCN) do Brasil. Essa padronização permite comparar os conjuntos de dados avaliados usando-se uma estrutura comum (DSG, 2016).

Vale ressaltar que a ET-CDQG incorporou os aspectos normativos referentes à avaliação da qualidade apresentados pela ET-ADGV (Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais), que criou uma classe mais restritiva para a análise de produtos cartográficos digitais. Dessa forma, o PEC passa a ser denominado de PEC-PCD (Padrão de Exatidão Cartográfica destinado a atender os Produtos Cartográficos Digitais).

Para a determinação da qualidade posicional pelo Decreto nº 89.817, aliada à ET-CQDG, devem ser atendidas as condições abaixo (BRASIL, 1984; DSG, 2016; SANTOS et al., 2016):

1. 90% das feições testadas devem apresentar valores de discrepâncias (Equação 1) iguais ou inferiores ao valor do PEC-PCD, em relação à escala e classe testada;
2. O RMS (*root mean square*) das discrepâncias deve ser menor ou igual à tolerância EP, em relação à escala e classe testada, conforme Equação 2.

Onde:

$$d_{pi} = \sqrt{(X_{Ti} - X_{Ri})^2 + (Y_{Ti} - Y_{Ri})^2} \quad (1)$$

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_p)^2}{n}} \quad (2)$$

Sendo:

d_{pi} : Discrepância posicional da feição i ;

X_{Ti} : Coordenada Este da feição de teste i ;

X_{Ri} : Coordenada Este da feição de referência i ;

Y_{Ti} : Coordenada Norte da feição de teste i ;

Y_{Ri} : Coordenada Norte da feição de referência i ;

n : número de feições de checagem.

São apresentadas, na Tabela 1, as tolerâncias planimétricas PEC-PCD e EP, de acordo com as classes do Decreto nº 89.817, aliado à ET-CQDG.

Tabela 1 – Tolerâncias utilizadas na avaliação da acurácia posicional de acordo com o Decreto nº 89.817 aliada à ET–CQDG

| Classe ET- CQDG | Planimetria | |
|-----------------|------------------|------------------|
| | PEC-PCD | EP |
| A | 0,28 mm x escala | 0,17 mm x escala |
| B | 0,5 mm x escala | 0,3 mm x escala |
| C | 0,8 mm x escala | 0,5 mm x escala |
| D | 1,0 mm x escala | 0,6 mm x escala |

Fonte: Adaptada do Decreto nº 89.817 e ET-CQDG (BRASIL, 1984; DSG, 2016).

A definição do número de pontos e a escolha da amostra de checagem utilizando-se da ET-CQDG é realizada adotando-se os conceitos de amostragem baseados nas normas ISO 2859-1 (Inspeção lote a lote) e ISO 2859-2 (Inspeção de lote isolado). De acordo com a ISO 19157, o tamanho da amostra na inspeção de um produto geoespacial deve considerar diferentes critérios, como a quantidade de elementos de controle e a distribuição espacial dos mesmos (ISO, 2013, ZANETTI et al., 2018).

FEIÇÕES LINEARES

Nos mais diversos mapas utilizados diariamente, há a presença de feições lineares como a hidrografia, rodovias e curvas de nível. Porém, ao analisar-se as Normas e Leis utilizadas para o controle de qualidade cartográfica, depara-se com a falta de abordagem deste tipo de feição para avaliação da acurácia posicional. Visto que normalmente estas têm uma boa distribuição espacial nas bases cartográficas, além de apresentarem uma grande quantidade de informação geométrica como vértices, segmentos, orientação, entre outros, é necessária uma maior ênfase no tema (MOZAS & ARIZA, 2011).

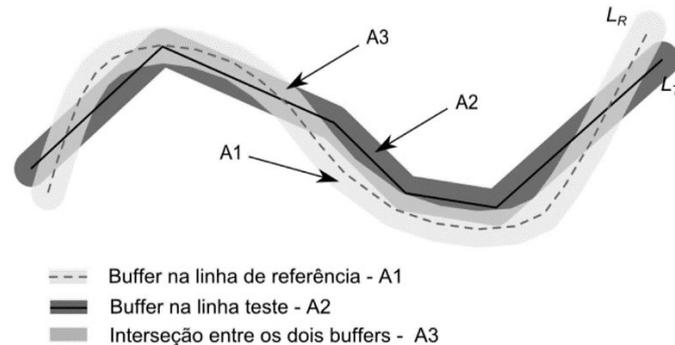
A partir do estudo dos métodos Banda Épsilon (Método das Áreas), Buffer Simples, Buffer Duplo, Distância de Hausdorff e Influência do Vértice, Santos et al. (2015) concluíram que, tendo por base o padrão de acurácia posicional brasileiro, definido pelo Decreto nº 89.817, o Buffer Duplo é mais restritivo que os demais métodos e apresenta resultados similares ao método tradicional por pontos, tanto na classificação da acurácia posicional quanto nas estatísticas descritivas das discrepâncias resultantes de cada método. Por esse motivo este método foi o escolhido para este trabalho.

O método Buffer Duplo, também chamado de Buffer Overlay Statistics, foi criado por Tvieta e Langaas (1999) como um aprimoramento do método Buffer Simples. Este consiste em aplicar o modelo da Banda de Erro tanto na linha de referência quanto na linha a ser testada (Figura 1) (SANTOS et al., 2015; CUNHA et al., 2019).

Santos et al. (2015) orienta que “no método do Buffer Duplo aplica-se um buffer em ambas as linhas, e em seguida é realizada uma interseção entre os polígonos resultantes dos buffers” (ver Figura 1), assim, obtêm-se uma medida de discrepância média (Equação 3) entre as feições lineares. Os autores concluem

afirmando que é possível avaliar posicionalmente a acurácia do dado espacial em teste.

Figura 1 – Método do Buffer Duplo para avaliação da acurácia posicional



Fonte: Santos et al. (2015).

Santos et al. (2015) propõem uma metodologia para a aplicação do Buffer Duplo considerando as tolerâncias do Decreto nº 89.817/ET-CQDG. Os autores utilizam-se das seguintes etapas:

1. Selecionar uma amostra de n linhas homólogas de teste (L_T) e de referência (L_R);
2. Aplicar um buffer de tamanho x em cada linha i da amostra de linhas homólogas de teste e referência. Para o emprego do Decreto nº 89.817, utiliza-se como tamanho do buffer o valor do PEC-PCD para a escala e a classe utilizada no processo de avaliação;
3. Calcular a área (A_T) gerada pela operação de buffer em cada linha teste;
4. Fazer uma sobreposição entre os polígonos gerados pelos buffers da linha teste e da linha de referência e calcular o valor de A_F , referente à área do polígono da linha de referência que não faz interseção ao polígono teste;
5. Calcular a discrepância média (d_m), para cada linha de teste i (Equação 3);

$$d_m = \pi \cdot x \cdot \frac{(\sum_{i=1}^n A_F)_i}{A_{T_i}} \quad (3)$$

6. Para análise do Decreto nº 89.817, faz-se a análise se 90% das linhas testadas apresentam discrepância média (d_m) menor ou igual ao valor do PEC-PCD (da classe e escala utilizados para gerar o buffer x), e ainda, o RMS das discrepâncias d_m ser menor ou igual ao valor do EP (idem ao PEC-PCD). Se as duas condições forem aceitas, classifica-se o dado espacial de acordo com a classe e escala trabalhada. Caso contrário, deve-se testar a largura do buffer da classe posterior, e assim sucessivamente.

ANÁLISE DE TENDÊNCIA

Ao realizar diversos testes de hipóteses, como o teste Z e o teste t de Student, tem-se como requisito básico que a amostra siga uma distribuição normal ou

gaussiana. Entretanto, na estatística espacial existem duas medidas que, juntas, permitem analisar a presença de tendências em dados espaciais planimétricos (X-Y/2D): a média direcional e a variância circular. A vantagem desse método é que a amostra não precisa seguir a distribuição normal. A média direcional descreve uma tendência da direção, enquanto a variância circular descreve a sua variabilidade (SANTOS et al., 2016; BARBOSA; SANTOS, 2017).

De posse dos pontos de checagem e seus homólogos no produto avaliado, traçam-se retas (vetores) ligando cada ponto de checagem com seus homólogos. A partir destes vetores, calcula-se a média direcional, como visto na Equação 4 (SANTOS et al., 2016; BARBOSA; SANTOS, 2017).

$$\theta_R = \frac{\sum_{i=1}^n \text{sen}(\theta_V)}{\sum_{i=1}^n \text{cos}(\theta_V)} \quad (4)$$

Onde:

θ_R : média direcional;

θ_V : azimute do vetor.

Já a variância circular é calculada a partir do comprimento do vetor resultante, que é obtido através da junção dos vetores, do comprimento do vetor resultante e do número de vetores, como visto nas Equações 5 e 6 (SANTOS et al., 2016).

$$C_R = \sqrt{(\sum_{i=1}^n \text{cos} \theta_V)^2 + (\sum_{i=1}^n \text{sen} \theta_V)^2} \quad (5)$$

$$S_c = 1 - \left(\frac{C_R}{n}\right) \quad (6)$$

Onde:

n: número de vetores;

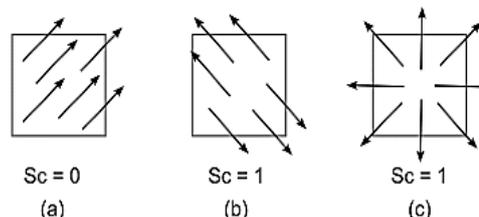
CR: vetor resultante; e

SC: variância circular.

De acordo com Santos et al. (2016), deve-se verificar se a Média Direcional é significativa ou não, analisando o resultado obtido pela Variância Circular. Dessa forma, se Sc for igual a zero ($Sc = 0$), todos os vetores têm a mesma direção, resultando que a Média Direcional é significativa, e há a presença de tendência no produto analisado.

Entretanto, se Sc for igual a um ($Sc = 1$), os vetores têm direções opostas, e, conseqüentemente, o valor da Média Direcional não é representativo. Sendo assim, a Figura 2, ilustra a indicação de tendência com base nos métodos Média Direcional e Variância Circular. A Figura 2.c, ilustra uma situação em que a Média Direcional e Variância Circular não detectam a tendência radial, o que é comum em imagens aéreas.

Figura 2 - Análise de tendências através da Média Direcional e Variância Circular



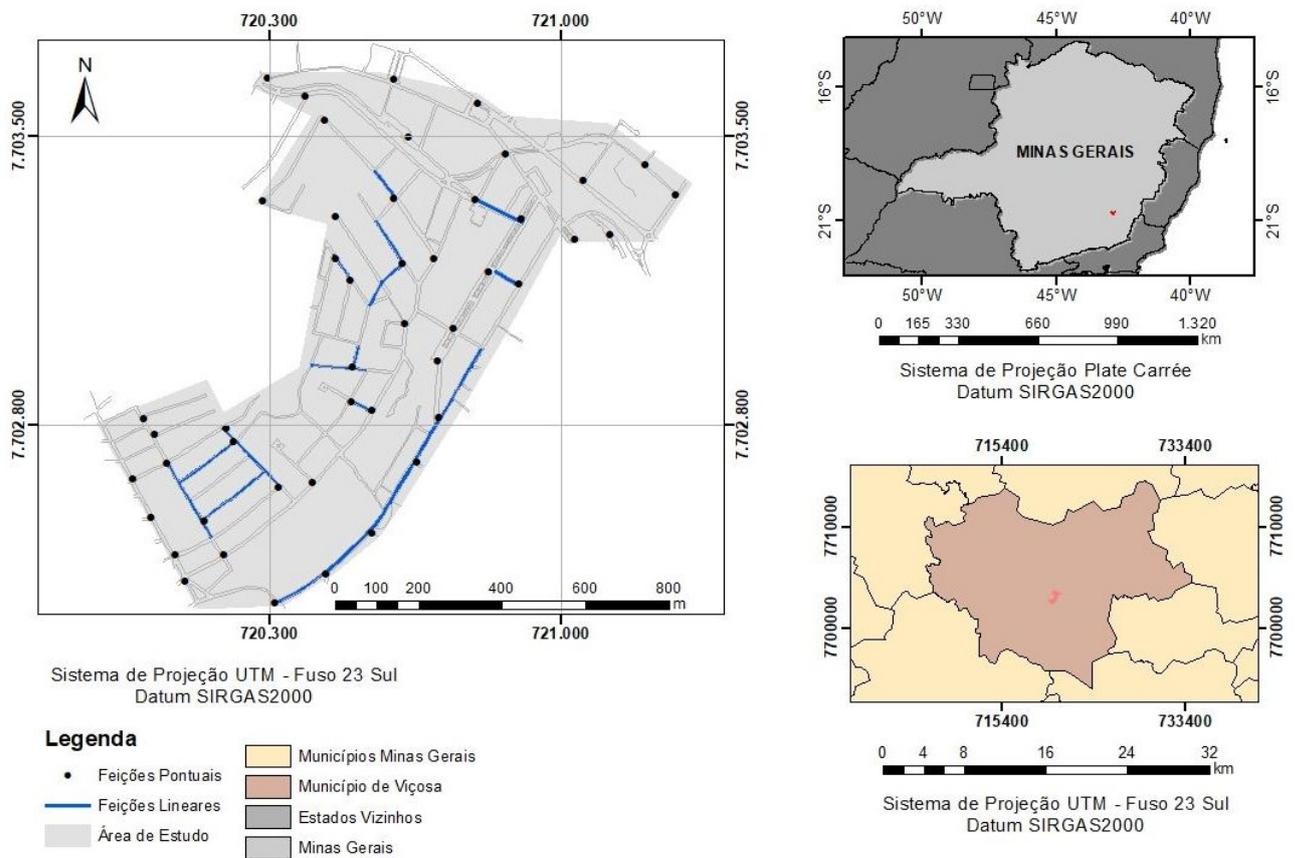
Fonte: Santos et al. (2016).

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se encontra na cidade de Viçosa, Minas Gerais, e está representada na Figura 3. Esta região, com aproximadamente 80ha, engloba os bairros Centro, Ramos, Clélia Bernardes e Fátima, compreendidos pelo projeto Viçosa Digital.

Figura 3 – Área de Estudo

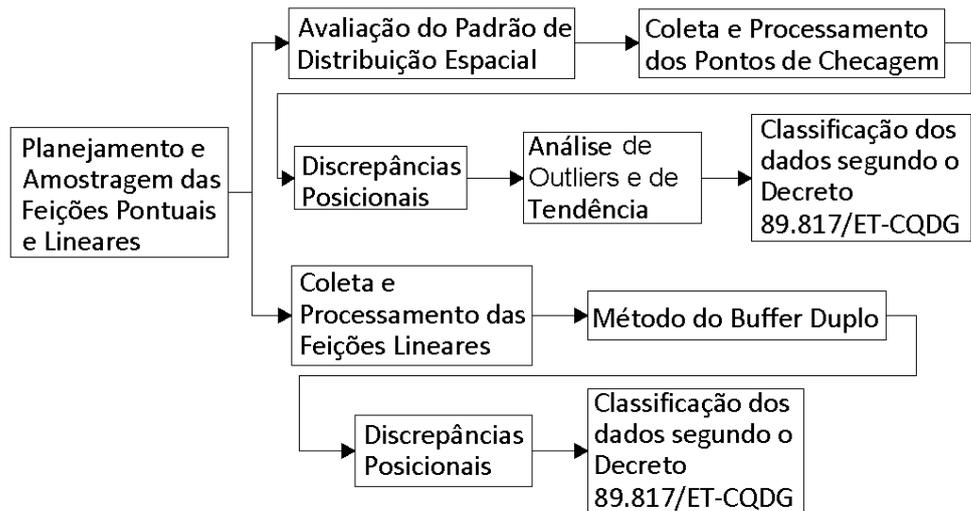


Fonte: Autoria própria (2021).

METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida neste trabalho está ilustrada no fluxograma da Figura 4.

Figura 4 – Fluxo de trabalho para desenvolvimento da metodologia



Fonte: Autoria própria (2021).

A primeira etapa realizada foi o planejamento e a amostragem das feições pontuais e lineares. Na análise da camada “Quadras de Viçosa”, utilizaram-se feições pontuais na avaliação, sendo aplicada a Inspeção Lote a Lote prevista na ET-CQDG. Nesta inspeção, o produto cartográfico a ser avaliado é particionado em células de 4 x 4 cm na escala do produto. Neste trabalho foi definida a escala de 1:1.000 como referência para amostragem. Em cada uma destas células, verifica-se se há algum ponto bem identificável no produto avaliado, sendo a célula considerada válida. A soma de todas as células válidas compõe a população, que é utilizada nas tabelas 44 e 45 da ET-CQDG para a definição da quantidade de pontos de checagem.

Para a camada “Eixos de Logradouros de Viçosa”, aplicaram-se feições lineares. Durante o planejamento e coleta das feições para esta pesquisa, os autores desconhecem normas que definam o tamanho amostral deste tipo de feição. Sendo assim, foram realizadas coletas de 13 feições para o estudo da área com comprimento mínimo de 60,43m, máximo de 803,42m e o comprimento médio de 187,83m, buscando-se uma boa distribuição espacial das mesmas pela área de estudo.

A segunda etapa realizada foi a avaliação do padrão de distribuição espacial dos pontos de checagem definidos na etapa anterior. Para isto, empregou-se a função K de Ripley. Esta função avalia se a distribuição espacial se mantém constante em diferentes escalas, ou seja, sob um intervalo de distâncias (ESRI, 2021). A análise por meio desta função é realizada pela interpretação de um gráfico: se o padrão de distribuição observado estiver dentro do envelope de confiança, é considerado aleatório; se estiver acima do envelope de confiança é considerado agrupado e, abaixo do envelope, os dados são considerados dispersos. Vale ressaltar que, segundo Santos (2010), é recomendável que a amostra no controle de qualidade posicional possua uma distribuição espacial que seja aleatória ou dispersa. Sendo assim, a função K de Ripley foi utilizada para verificar se os pontos amostrais atendiam esta condição. Se o padrão fosse agrupado, novos pontos deveriam ser escolhidos e a análise, novamente realizada.

A etapa seguinte da metodologia consistiu em coletar em campo as feições homólogas do produto avaliado. Para as feições lineares, a coleta de dados foi

realizada utilizando método de posicionamento relativo cinemático, onde um receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) foi utilizado como base e o outro receptor foi acoplado a um veículo, rastreando as vias indicadas na Figura 3. Já para as feições pontuais, foram feitas diversas coletas em campo, sendo utilizado o método de posicionamento relativo cinemático em tempo real (*Real Time Kinematic - RTK*), fazendo uso do protocolo NTRIP e utilizando a base VICO da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC) como referência. Entretanto, devido à perda de sinal de correção por parte do receptor, em alguns locais foi necessário fazer a coleta destas feições por meio do método estático.

Com as informações posicionais do produto avaliado (projeto Viçosa Digital) e de referência, obtidas com o processamento do levantamento de campo com GNSS, foi possível obter as discrepâncias posicionais planimétricas tanto para as feições lineares quanto para as feições pontuais, sendo esta a quarta etapa da metodologia.

Para as feições lineares, as discrepâncias foram obtidas por meio do método Buffer Duplo, seguido o procedimento descrito anteriormente. Já para as feições pontuais, de posse das coordenadas de teste e de referência, todo o processamento foi realizado no *software* GeoPEC. As discrepâncias posicionais foram calculadas neste *software* segundo a Equação 1.

Sobre estas discrepâncias posicionais, foi realizado um teste de detecção de *outliers*. O teste realizado, que se encontra implementado no GeoPEC, é teste 3σ . Nele, o limiar adotado foi o valor de três vezes a tolerância do Erro-Padrão (EP) para classe B da ET-CQDG para a escala avaliada. Segundo Santos et al. (2016), se alguma discrepância for maior que o limiar de detecção de *outlier*, deve-se investigar se o ponto ou feição linear de checagem foi identificado de forma correta ou se houve outro tipo de inconsistência que pode ter interferido no resultado. Se tiver ocorrido algum tipo de problema com esta feição, deve-se retirá-la da amostra de discrepâncias ou obtê-la novamente. Entretanto, se nenhum tipo de problema for observado, não se deve retirá-la, pois a discrepância é inerente ao produto avaliado e sua eliminação pode interferir no processo de avaliação da acurácia posicional.

O conjunto de discrepâncias posicionais, no caso das feições do tipo ponto, passaram ainda pela análise de tendência, conforme descrito anteriormente.

Por fim, a última etapa da metodologia consistiu na análise de precisão, realizada segundo o Decreto nº 89.817 e a ET-CQDG. Para isto, nesta etapa foram avaliadas as escalas 1:1.000, 1:2.000 e 1:5.000.

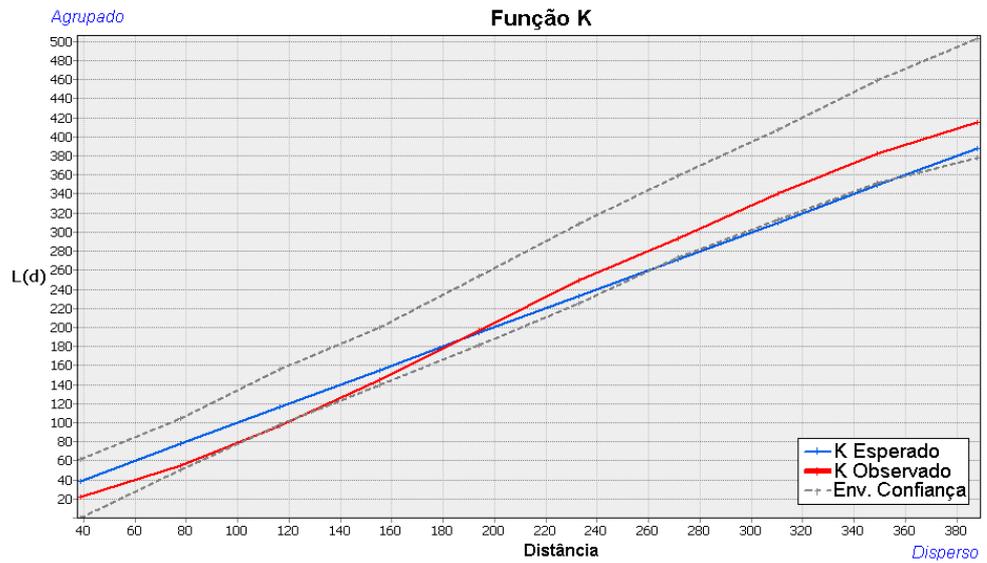
Se o produto cartográfico avaliado não apresentar tendência e for aprovado na análise precisão, considera-se acurado posicionalmente (SANTOS et al., 2016).

RESULTADOS

Na inspeção Lote a Lote, foram identificadas 492 células válidas. Utilizando-se de um Limite de Qualidade Aceitável (LQA) de 4% e nível de inspeção II, conforme recomendação da ET-CQDG. Logo, obteve-se o tamanho amostral de 50 pontos de checagem para feições pontuais.

O padrão de distribuição espacial utilizando a Função K de Ripley destes 50 pontos escolhidos encontra-se no gráfico da Figura 5.

Figura 5 – Padrão de distribuição espacial dos pontos amostrais



A análise do padrão de distribuição indicou que os pontos de checagem apresentaram um padrão aleatório, significativo estatisticamente, tendo em vista que o padrão observado ficou dentro do envelope de confiança. Isso indica que estes pontos se encontravam bem distribuídos pela área de estudo.

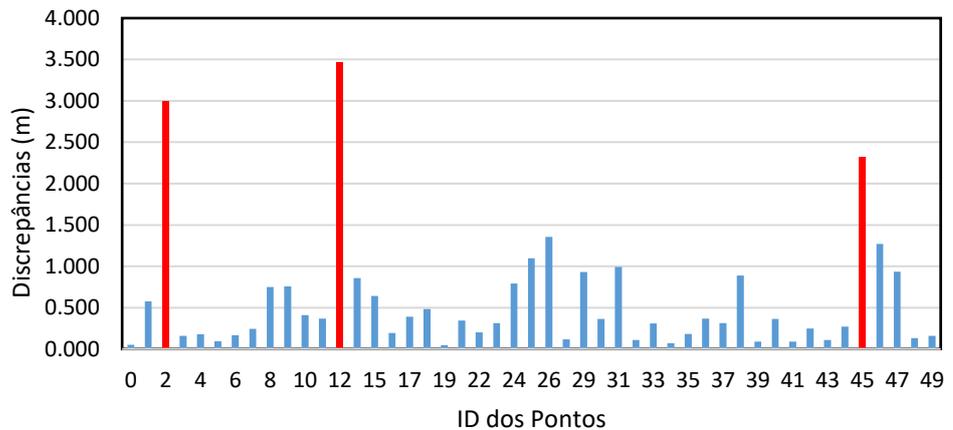
Em seguida, foram obtidas as discrepâncias posicionais e realizadas as análises de *outliers*. Utilizando o teste 3σ , foi detectada a presença de três *outliers*. Os pontos referentes aos outliers foram retirados da amostra de discrepâncias, devido à ocorrência de perdas no sinal GNSS na etapa de coleta em campo, degradando a qualidade do posicionamento. O conjunto destes valores pode ser observado na Figura 6, onde estão indicados em vermelho os *outliers*.

Com relação às feições lineares, o teste 3σ apontou a presença de um *outlier*. Entretanto, como a identificação das feições foram coerentes e não houve nenhum problema no processamento dos dados ou identificação das feições, decidiu-se manter este valor na avaliação. A Figura 7 traz os valores de discrepâncias posicionais para estas feições, obtidas pelo método do Buffer Duplo.

As estatísticas básicas destes dois conjuntos de discrepâncias são apresentadas na Tabela 2.

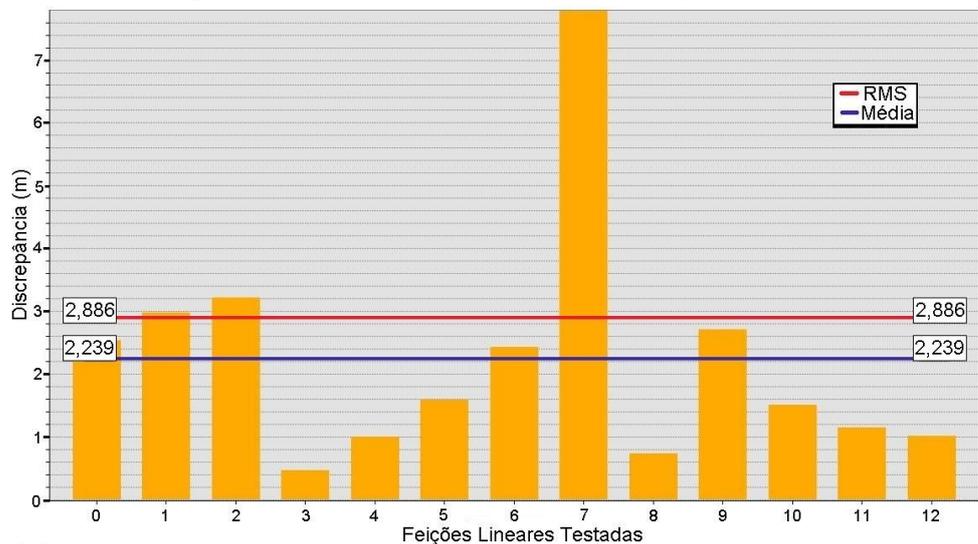
Os valores de média e RMS das feições pontuais foram de 0,586m e 0,920m, respectivamente, já os valores de média e RMS das feições lineares foram de 2,239m e 2,886m, respectivamente. Este resultado indica que os dados de Quadras do projeto Viçosa Digital têm uma acurácia posicional melhor do que os dados de Eixos de Logradouros. Tal fato é esperado, tendo em vista que os dados de Quadras deste projeto foram obtidos através de levantamentos topográficos, enquanto os dados de Eixos de Logradouro foram estimados através dos dados de Quadras.

Figura 6 – Discrepâncias posicionais para as feições pontuais



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 7 – Discrepâncias posicionais para as feições lineares



Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 2 – Estatísticas básicas das discrepâncias posicionais

| Estatística | Pontuais (Quadras) | Lineares (Eixo Logradouros) |
|-------------------|--------------------|-----------------------------|
| Número de feições | 47 | 13 |
| Média (m) | 0,586 | 2,239 |
| Máximo (m) | 3,466 | 7,781 |
| Mínimo (m) | 0,046 | 0,469 |
| RMS(m) | 0,920 | 2,886 |

Fonte: Autoria própria (2021).

A análise de tendência das feições pontuais foi realizada por meio da Média Direcional e da Variância Circular. O conjunto de vetores das discrepâncias posicionais apresentou uma Média Direcional de 44,7579° com a estatística da Variância Circular igual a 0,94. Este resultado indica que os vetores estão em direções opostas e que a média direcional não é significativa, logo, o produto não apresenta tendência.

Seguindo metodologia, com os valores de discrepância dos dois métodos, foi realizada a classificação das camadas do projeto Viçosa Digital segundo o Decreto nº 89.817 e a ET-CQDG. Na análise da camada de Quadras, utilizando-se de feições pontuais, não se obteve classificação para a escala de 1:1.000, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação das Quadras, utilizando as feições pontuais, na escala 1:1.000

| Classe | PEC-PCD (m) | %di < PEC-PCD | EP (m) | RMS < EP | Resultado |
|--------|-------------|---------------|--------|----------|-----------|
| A | 0,28 | 42,55 | 0,17 | Falhou | Reprovado |
| B | 0,50 | 65,96 | 0,30 | Falhou | Reprovado |
| C | 0,80 | 76,60 | 0,50 | Falhou | Reprovado |
| D | 1,00 | 87,23 | 0,60 | Falhou | Reprovado |

Fonte: Autoria própria (2021).

Ao se utilizar a escala de 1:2.000 para a avaliação, esta camada foi classificada com a Classe C (Tabela 4), apresentando 93,62% das discrepâncias posicionais menores do que o valor do PEC-PCD.

Tabela 4 – Classificação das Quadras, utilizando as feições pontuais, na escala 1:2.000

| Classe | PEC-PCD (m) | %di < PEC-PCD | EP (m) | RMS < EP | Resultado |
|--------|-------------|---------------|--------|----------|-----------|
| A | 0,56 | 65,96 | 0,34 | Falhou | Reprovado |
| B | 1,00 | 87,23 | 0,60 | Falhou | Reprovado |
| C | 1,60 | 93,62 | 1,00 | Passou | Aprovado |
| D | 2,00 | 93,62 | 1,20 | Passou | Aprovado |

Fonte: Autoria própria (2021).

Já ao se analisar os Eixos de Logradouros, utilizando as feições lineares, não se obteve classificação para as escalas de 1:1.000 e 1:2.000. Sendo assim, foi utilizada a escala de 1:5.000. Sob esta escala, os Eixos de Logradouros do projeto Viçosa Digital obtiveram a classificação Classe D de acordo com as especificações do Decreto nº 89.817 e da ET-CQDG, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 – Classificação dos Eixos de Logradouros, utilizando as feições lineares, na escala 1:5.000

| Classe | PEC-PCD (m) | %di < PEC-PCD | EP (m) | RMS < EP | Resultado |
|--------|-------------|---------------|--------|----------|-----------|
| A | 1,40 | 46,15 | 0,85 | Falhou | Reprovado |
| B | 2,50 | 53,85 | 1,50 | Falhou | Reprovado |
| C | 4,00 | 92,31 | 2,50 | Falhou | Reprovado |
| D | 5,00 | 92,31 | 3,00 | Passou | Aprovado |

Fonte: Autoria própria (2021).

Nesta avaliação, 92,31% das discrepâncias apresentaram valores menores do que o valor do PEC e o RMS da amostra de discrepâncias posicionais sendo menor do que o valor do EP, para a classe e escala testadas.

Com estes resultados, a camada Quadras poderia ser utilizada no planejamento urbano, por exemplo. Isso desde que seu uso exija tolerâncias posicionais de até 1,60 m; valor do PEC para a classe C e escala 1:2.000. Já os Eixos de Logradouro também podem auxiliar na gestão do espaço urbano. Entretanto, desde que seja em aplicações que não exijam uma acurácia posicional superior a 5,00 m. Algumas aplicações poderiam envolver a definição de rotas e o planejamento de trânsito, onde a exigência posicional deve ser compatível com a qualidade dos dados.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram analisados dois conjuntos de dados disponibilizados pelo projeto Viçosa Digital, tais sejam os planos de informações contendo as feições de “Quadras” e “Eixos de Logradouros”.

Tendo como parâmetros o Decreto nº 89.817 e a ET-CQDG, os resultados encontrados enquadraram os dados de Quadras na Classe C na escala 1:2.000; enquanto os Eixos de Logradouros foram classificados na Classe D na escala 1:5.000.

Os dados presentes na camada Quadras, analisados através de feições pontuais, não apresentaram tendências. Já para as feições lineares, a falta de metodologias conhecidas para a determinação de parâmetros essenciais, como o tamanho amostral e a distribuição espacial dos elementos de controle, prejudicou a análise por meio desse tipo de feição.

Ao se analisar os resultados, observa-se que os objetivos foram atendidos: foi obtida uma classificação da acurácia posicional para dois planos de informações do projeto Viçosa Digital. Esta classificação fornece um parâmetro inicial sobre a qualidade posicional dos dados do projeto Viçosa Digital, fazendo com que os mesmos possam vir a ser estudados de modo mais detalhado e possam ser utilizados com tranquilidade pelos usuários, que terão uma ideia da qualidade do produto cartográfico.

Evaluation of positional accuracy of the classes of blocks and street axes of the Viçosa Digital project

ABSTRACT

This study sought to assess the positional quality of the cartographic base of the Viçosa Digital project, using the positional accuracy standard of Decree No. 89,817 / ET-CQDG. The Viçosa Digital project was made feasible aiming to build and share geospatial databases, through topographic survey, made publicly available. Specifically, the positional accuracy of the features referring to the Blocks and to the Street Axes was evaluated, using quality control methods based on point and linear features, respectively. After defining the sample size based on the ET-CQDG determinations, the data in the field were collected via GNSS technique in RTK and relative kinematic mode. Then, the discrepancies between the homologous features present in the reference and test products, obtained in the field (GNSS) and in the evaluated product, were calculated, respectively. For linear features, the Double Buffer method was used to calculate these discrepancies. As for the point features, these were obtained by comparing the coordinates of the test and reference points. With positional discrepancies data, the trend analysis was performed on the data and the products were classified in relation to n° 89.817 / ET-CQDG Decree's rules. The blocks data were classified as Class C, on a 1:2.000 scale, while the data from Axes of Public Spaces were classified as Class D, on a 1:5.000 scale. For trend analysis in one-off features, blocks data obtained a non-biased result.

KEYWORDS: Viçosa Digital. Positional Accuracy. Cartography. Cartographic Quality Control.

REFERÊNCIAS

ARCANJO, D. R.; ANJOS, C. S. Análise da acurácia posicional planimétrica de imagem orbital do sensor PAN/ CBERS-4. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, abril de 2019, Santos, São Paulo, p. 2806–2809. 2019.

BARBOSA, L. S.; SANTOS, A. P. Avaliação da Acurácia Posicional Planimétrica de imagens CBERS 4 Sensor PAN, na região de Alvinópolis-MG. Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – GEONORDESTE, Salvador, Bahia. 2017.

BRASIL. Decreto N° 89.817 de 20 de junho de 1984. Normas Técnicas Da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, Brasil. 1984.

CUNHA, M. M.; SECATTO, G. Z.; GALINDO, J. R. F.; SANTOS, A. P. Proposta de um Método de Avaliação da Acurácia Posicional Baseado na Modificação do Buffer Simples. **Revista Brasileira de Cartografia**, vol. 71, n. 4, 2019, p. 1193-1218. <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv71n4-49323>.

DSG. Diretoria do Serviço Geográfico. Especificação Técnica Para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG). Brasília, Brasil, 2016.

ESRI. Multi-Distance Spatial Cluster Analysis (Ripley's K Function). Disponível em: <<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/multi-distance-spatial-cluster-analysis.htm>>. Acesso em 28 de fevereiro de 2021. 2021.

GALO, M.; DAL POZ, A. P.; FERREIRA, F. M. O uso de feições no controle de qualidade em cartografia. Anais do XX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Avaliação da qualidade de dados geoespaciais. Manuais técnicos em geociências. Rio de Janeiro. 2017.

ISO. International Organization for Standardization. ISO 19157:2013, Geographic information – Data quality. ISO, 2013.

MOZAS, A. T.; ARIZA, F. J. New Method for Positional Quality Control in Cartography Based on Lines. A Comparative Study of Methodologies. **International Journal of Geographical Information Science** 25 (10). Taylor & Francis, p. 1681–95, 2011. <http://dx.doi.org/10.1080/13658816.2010.545063>.

SANTOS, A. P. **Avaliação da Acurácia Posicional em Dados Espaciais com o Uso de Estatística Espacial**. Dissertação. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 128p. 2010.

SANTOS, A. P.; MEDEIROS, N. G.; SANTOS, G. R.; RODRIGUES, D. D. Controle de qualidade posicional em dados espaciais utilizando feições lineares. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 21, n. 2, p. 233-250, abr-jun, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702015000200013>.

SANTOS, A. P.; RODRIGUES, D. D.; SANTOS, N. T.; GRIPP JUNIOR, J. Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, n. 4, p. 630-650, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702016000400036>.

TVEITE, H.; LANGAAS, S. An accuracy assessment method for geographical line data sets based on buffering. **International Journal of Geographical Information Science**, vol. 13, n. 1, p. 27-47. 1999.

ZANETTI, J.; BRAGA, F. L.S.; SANTOS, A. P. Comparativo das normas de controle de qualidade posicional de produtos cartográficos do Brasil, da ASPRS e da OTAN. **Revista Brasileira de Cartografia**, vol. 70, n. 1, 2018, p. 359-390. <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv70n1-45259>.

Recebido: 03 mai. 2021

Aprovado: 20 jun. 2022

DOI: 10.3895/rbgeo.v10n1.14199

Como citar: LIMA, V. B.; SANTOS, A. P.; ABREU, M. V. S.; BARBOSA, L. S.; CUNHA, M. M. Avaliação da acurácia posicional das classes de quadras e de eixos de logradouro do projeto Viçosa Digital. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 049-064, jan./mar. 2022. Disponível em:

<<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Vitor Brasileiro Lima

Rua Buenos Aires, 197, CEP 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

