

# O EFEITO DA COMPRESSÃO DE IMAGENS NOS PROCESSOS AUTOMÁTICOS DE EXTRAÇÃO DE INFORMAÇÕES

**Jorge Antonio Silva Centeno<sup>1</sup>**

**Alvaro Muriel Machado<sup>2</sup>**

**Patricia de Castro Pedro<sup>3</sup>**

1 Departamento de Geomática UFPR – centeno @geoc.ufpr.br

2 Pós Graduação em Ciências Geodésicas UFPR – alvaroml @geoc.ufpr.br

3 Pós Graduação em Ciências Geodésicas UFPR – patricia @pop.com.br

## RESUMO

No presente artigo são apresentados os resultados de um estudo que aborda o efeito da compressão de imagens na busca de pontos homólogos ou padrões em imagens digitais por correlação estatística. Para isto, uma fotografia vertical de uma parede com alvos pré-sinalizados para a calibração de câmaras, localizada no centro politécnico da UFPR, foi submetida ao processo de compressão, usando-se diferentes taxas de compressão. As imagens compactadas foram então utilizadas para efetuar testes destinados a avaliar o efeito da compressão na extração de informações de maneira automatizada. Para isto, a posição dos alvos e o valor da correlação foram registrados para diferentes taxas de compressão.

**Palavras-chave:** Compressão de imagem; Correlação; Processamento de Imagens.

## ABSTRACT

In the present article, the results of a study that aims at the study of the effect of image compression in the identification of patterns in digital images using correlation techniques are presented. For this purpose, a picture of a wall with drawn marks, used for the calibration of aerial cameras, is used. This picture was then compressed with different compression rates. The compacted images were then used to perform tests to evaluate the effect of the JPEG compression in the correlation process. For this purpose, the position of the marks, that were found through correlation, and the value of the correlation at each point were monitored .

**Keywords:** Image Compression; Correlation; Image Processing

## 1. INTRODUÇÃO

Com a evolução dos sensores remotos, quanto às resoluções espaciais e espectrais, é possível obter cada uma maior quantidade de informação a respeito de uma região do planeta. Por exemplo, para cobrir um quilômetro quadrado usando imagens do sistema SPOT pancromático, que até recentemente era o de maior resolução espacial com um pixel de 10 metros, são necessários 10000 pixels. Hoje, com sistemas sensores que possibilitam a obtenção de imagens com resolução espacial de 70 centímetros, como o Quickbird, a mesma região é coberta por mais de 2.000.000 de pixels. Este aumento de resolução trouxe grandes vantagens para o estudo da Terra, pois maior detalhe é visto nas imagens. No entanto, ele também levanta o problema do espaço para o armazenamento do grande volume de dados. O problema se torna mais agudo quando se considera que as imagens de satélite também estão sendo aprimoradas quanto à sua resolução radiométrica e espectral.

A fotogrametria, que nos dias atuais experimenta uma evolução no sentido de utilizar efetivamente imagens digitais em lugar de analógicas, também enfrenta este problema, pois o surgimento de scanners com alta resolução e câmaras digitais cada vez melhores gera um grande volume de dados que devem ser armazenados.

Com esta evolução, um fator importante entra em cena: como armazenar e transmitir o volume de dados oriundos desses produtos? Uma alternativa, muito utilizada na representação e transmissão de imagens pela Internet é a compressão de imagens. Segundo Toth (1998), as técnicas de compressão podem ser classificadas em compressão sem perdas (LossLess) e compressão com perdas (Lossy), sendo que as técnicas do segundo grupo são aquelas que oferecem uma maior taxa de redução do volume de dados. No entanto, a compressão com perdas pode ser prejudicial nos processos de análise e restituição digital das imagens.

Este artigo aborda este problema, apresentando os resultados de um experimento destinado a avaliar o efeito da compressão com perdas no processo de correlação digital. O efeito da compressão de imagens, utilizando o padrão JPEG, na extração de informações automatizadas, como a correlação digital, é avaliado por meio de testes e seus resultados discutidos.

No artigo, são primeiro apresentados os princípios da compressão de imagens e da correlação digital, para depois serem descritos os experimentos realizados usando uma imagem digital controlada.

## 2. COMPRESSÃO DE IMAGENS

De acordo com Toth (1998), as técnicas de compressão enfocam a redução do número de bits necessários para a representação da imagens por meio de remoção ou redução da redundância da imagem. De modo geral, três tipos de redundância podem ser identificados em imagens digitais:

- a) redundância espacial, devida à correlação existente entre os tons de cinza de pixels vizinhos. Segundo Li (2002), em grande parte das imagens, os valores de cinza dos pixels adjacentes possuem alta correlação.
- b) redundância espectral, devida à correlação existente entre as diferentes bandas espectrais de uma imagem;
- c) redundância temporal, devida à correlação existente entre quadros subsequentes de uma série de imagens, como ocorre em imagens de vídeo.

Embora o problema da compressão possa ser abordado nestas três esferas, neste artigo faz-se referência apenas ao primeiro caso, a redução da redundância espacial.

Uma imagem pode ser vista como uma seqüência de símbolos, os valores digitais de cada pixel, escolhidos dentre um alfabeto finito, definido pela resolução radiométrica da imagem. Segundo Toth (1998) é bastante razoável assumir que a ocorrência de um símbolo menos provável contenha mais informação que a ocorrência de um símbolo bastante provável. Ou seja, pixels em áreas uniformes tornam-se redundantes, pois a informação a seu respeito pode ser deduzida da vizinhança. Mais ainda, a soma das informações contidas em símbolos independentes, tomados como eventos singulares, é igual à informação contida na soma de todos os eventos. Baseado nas propriedades intuitivas, define-se a informação (I) presente em um determinado símbolo  $s_i$ , em termos de sua probabilidade  $p(s_i)$ :

$$I(s_i) = \log\left(\frac{1}{p(s_i)}\right) \quad (01)$$

A quantidade de informação média por símbolo da fonte ( $H(S)$ ), em bits por símbolo, também é conhecida como entropia e é definida por:

$$H(S) = \sum_{i=1}^N p(s_i) \cdot I(s_i) = -\sum_{i=1}^N p(s_i) \cdot \log_2 p(s_i) \quad (02)$$

Quanto maior a correlação entre os pixels de uma imagem, mais dados poderão ser removidos num processo de compactação e com isso tem-se uma alta taxa de compactação e uma baixa entropia. Este princípio é usado nas técnicas de compressão sem perdas, que se baseiam na remoção de símbolos redundantes com preservação da informação original, o que permite a reconstrução da imagem original sem perdas.

As técnicas de compressão com perdas não preservam a informação completamente, pois além de remover símbolos redundantes também introduzem

outras simplificações que alteram o conteúdo de informação em favor da redução do número de símbolos a armazenar.

O sucesso dos processos de compressão pode ser medido pela taxa de compressão, que é definida como sendo a razão entre o tamanho da imagem original e o tamanho da imagem após a compressão. Infelizmente, a compressão mais eficiente, com maior taxa de compressão, está associada à perda na qualidade de imagem, o que pode acarretar incoerências geométricas ou temáticas no produto final.

### 1.1. O PADRÃO JPEG PARA COMPRESSÃO DE IMAGENS

O JPEG, criado pela Joint Photographic Experts Group em 1990, tornou-se um formato padrão de compressão de imagens. Ele é amplamente utilizado por programas gráficos e ganhou reconhecimento na Internet pois ele oferece uma alta redução do volume de dados a serem transmitidos. Como esta redução implica em perda de informação, seu uso na compressão de imagens de fotogrametria e sensoriamento remoto está sendo estudado (Algarni, 1996; Noval e Shahin, 1996).

Para conseguir reduzir o número de bits necessários para uma boa representação da imagem, a compressão JPEG é composta de três passos:

- a) Transformação: a Transformada Discreta de Cosenos (DCT) é usada com a finalidade de reduzir a correlação entre pixels na imagem e a faixa de variação dos valores a serem tratados. Esta operação é aplicada a blocos de 8x8 pixels na imagem, sendo cada bloco tratado de maneira independente. Após esta transformação, a imagem original é transformada em um novo domínio, de frequências, onde o número de valores de cinza é muito menor;
- b) Quantização: neste passo os valores resultantes da transformação são reduzidos a um número finito de valores inteiros, com o que a quantidade de símbolos é reduzida. Esta redução é responsável por uma certa degradação da qualidade da imagem. Como na quantização os valores são arredondados a valores inteiros, valores extremamente pequenos, que ocorrem no canto inferior direito da matriz 8x8, tornam-se nulos. Assim a quantização caracteriza um processo de perda.
- c) Codificação: Os valores quantizados são então reordenados, fazendo uma varredura da região 8x8 em zig-zag, começando no pixel superior esquerdo, onde se localiza o maior valor, até o pixel inferior direito, onde se encontra o menor valor, geralmente zero. Esta cadeia é então codificada usando um algoritmo de compressão sem perdas, como o de Huffman (Li et al, 2002).

No JPEG, o grau de compressão pode ser controlado, variando os parâmetros da quantização. Quanto maior for a compressão, menor será o tamanho do arquivo. Porém, quanto maior a compressão, maior será a perda de informação. O JPEG é muito eficiente em imagem de tons contínuos, tais como fotografias, e menos

eficiente em gráficos (line art), onde a quantidade de tons diferentes é menor. O JPEG permite graus de compressão de 10:1 a 20:1 sem perdas visíveis na qualidade da imagem. Graus de compressão de 30:1 a 50:1 podem ser atingidos com perda moderada de qualidade, enquanto imagem com qualidade baixa podem ser geradas permitindo uma compressão de 100:1.

### 3. CORRELAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS

A correlação é um índice que descreve a dependência linear entre duas variáveis e serve como indicador do grau de similaridade entre este par de variáveis. Este princípio pode ser aplicado no processamento de imagens digitais para procurar determinados padrões em uma imagem ou pontos homólogos em pares estereoscópicos, comparando uma matriz de amostra com as diferentes regiões da a imagem. Os locais onde a matriz e a região da imagem forem similares serão caracterizados por um alto valor da correlação (Strauch, 1991).

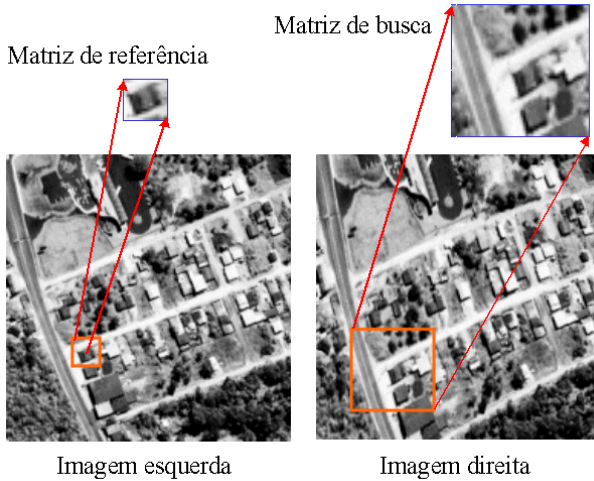
A correlação digital pode ser executada utilizando técnicas do domínio espectral, espacial e do conhecimento prévio das chamadas linhas epipolares conjugadas, da qual surgiu a correlação epipolar.

A correlação espacial pode ser estendida a métodos que levem em consideração o domínio espacial ou seja os níveis de cinza e suas coordenadas (linha, coluna). A correlação estatística é um exemplo do método de correlação espacial. A correlação espacial é também a maneira mais utilizada no processamento de imagens, pois ela pode ser diretamente implementada nas imagens originais.

Para a efetiva implementação das técnicas de correlação digital é preciso definir, na primeira imagem, a “janela de referência”, ou seja o padrão bidimensional a ser procurado na segunda. Para evitar procurar em toda a segunda imagem, algo que seria oneroso em termos computacionais, uma região onde se espera encontrar este padrão na segunda imagem é definida previamente, a “janela de busca”, como é mostrado na figura 1. Ambas matrizes contêm valores digitais das imagens originais. A “janela de referência” deve possuir menor dimensão que a janela de busca. Para facilitar a atribuição do resultado da correlação a um pixel costuma-se adotar “janelas de referência” de dimensão ímpar.

O algoritmo de correlação digital no domínio da imagem (espacial) consiste basicamente em deslocar a “janela de referência” ao longo da “janela de busca” e calcular, para cada posição, o valor da correlação entre os níveis valores digitais das duas matrizes (Kraus, 1990). A posição do ponto homólogo será caracterizada pelo maior valor da correlação. Como a “matriz de busca” é maior que a de “referência”, a cada posição apenas uma região da “matriz de busca”, de dimensão igual à “matriz de referência” é considerada para cada posição. Esta região é chamada de “matriz candidata”.

FIGURA 1 – MATRIZ DE REFERÊNCIA E MATRIZ DE BUSCA



A correlação entre as duas matrizes pode ser medida matematicamente pela relação mostrada na equação 03.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n x_i - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left( \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right)}} \quad (03)$$

Onde:

$\rho$  corresponde ao valor da correlação;

$x_i, y_i$  são os valores digitais das matrizes “de referência” e de “busca”, respectivamente;

$n$  é o número de pixels da “matriz de referência”.

As duas matrizes não são idênticas devido a distorções geométricas e radiométricas. As distorções radiométricas podem ser causadas pela degradação atmosférica, diferentes condições de iluminação ou diferenças no processamento do filme. Já as distorções geométricas podem ser originadas por diferenças na

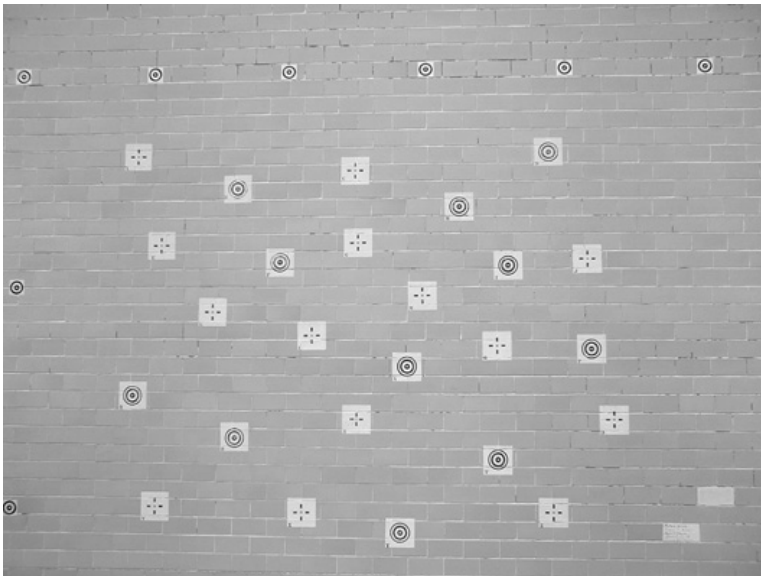
orientação da câmara/sensor, distorção da perspectiva da imagem ou deslocamento do relevo.

#### 4. EXPERIMENTOS

O algoritmo de correlação digital foi implementado em linguagem DELPHI para a realização dos testes. Na série de experimentos, uma imagem digital de uma parede onde foram desenhados alvos bem definidos foi utilizada. Esta imagem é vista na figura 2.

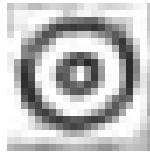
A “matriz de referência” para a correlação, foi definida a partir de um destes alvos. Adotou-se para isto um alvo bem definido, contido na imagem. A figura 3 apresenta este alvo, que corresponde à “matriz de referência”.

FIGURA 2 – PAREDE DE ALVOS – IMAGEM DE BUSCA



A “janela de referência” possui uma dimensão de 21x21 pixels, e a janela de busca 1407linhas x 2272 colunas, ou seja, toda a imagem. Neste caso, por se tratar de uma imagem pequena, não foi necessário adotar uma “janela de busca”.

FIGURA 3 - MATRIZ DE REFERÊNCIA AMPLIADA



Para avaliar o efeito da compressão no processo de correlação, primeiramente aplicou-se à imagem original vários fatores de compressão do formato JPEG, os quais são descritos na tabela 1. Em seguida, a posição do padrão previamente selecionado foi procurada em cada uma destas imagens utilizando o algoritmo de correlação. A posição de cada máximo local foi registrada, bem como o respectivo valor da correlação máxima local. O fator de correlação  $\rho$  foi limitado, em 0,6 ou 60%, a fim de otimizar o processo de procura.

TABELA 1 – RELAÇÃO DOS FATORES DE COMPRESSÃO

QUALIDADE DA IMAGEM		TAMANHO (Kb)
1	Baixa	155
2	Baixa	166
3	Baixa	184
4	Baixa	227
5	Média	236
6	Média	253
7	Média	310
8	Alta	374
9	Alta	406
10	Alta	508
11	Alta	742
12	Alta	1367
Imagem Original		1530

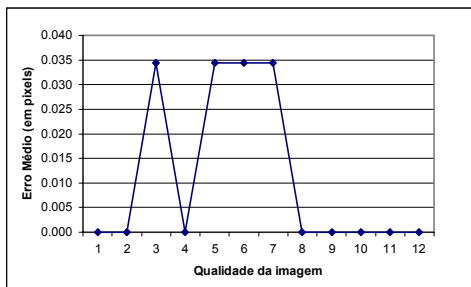
## 5. RESULTADOS

A qualidade da imagem foi degradada progressivamente, como é mostrado na tabela 1, e o valor do erro geométrico em cada uma destas imagens foi medido. Este erro geométrico consiste na distância entre a posição do ponto com maior correlação na imagem degradada em relação à posição do mesmo ponto na imagem original. A



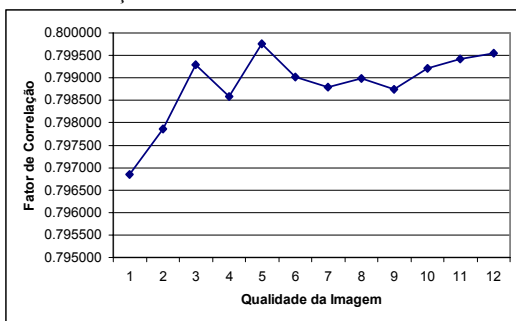
figura 4 apresenta um resumo do erro médio na localização de uma feição por correlação estatística em cada experimento. Nota-se que quando a compressão é baixa, casos 12 a 8, o erro é mínimo, como era esperado. O valor do erro cresce para as taxas médias de compressão e cai novamente a zero para as imagens compactadas com altas perdas.

FIGURA 4 – ERRO GEOMÉTRICO COM DIFERENTES FATORES DE COMPRESSÃO



Analisando os resultados das correlações encontradas nas imagens com diferentes fatores de compressão, constata-se que a correlação tende a diminuir na medida em que a taxa de compressão aumenta. Ou seja, as imagens compactadas com perdas possuem, de maneira geral, menor grau de correlação com a “matriz de referência”. Um resumo dos valores da correlação é mostrado na figura 5.

FIGURA 5 – CORRELAÇÃO COM DIFERENTES FATORES DE COMPRESSÃO



## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os experimentos apresentados mostram que o efeito da compressão de imagens com perdas tem baixa influência na eficiência da identificação da posição de padrões por correlação. Ao contrário do que era esperado, para altas taxas de compressão com perdas, a diferença entre a posição dos padrões na imagem degradada e a

correspondente posição na imagem original é nula. No entanto, estes resultados devem ser analisados com cautela, pois a imagem utilizada é uma imagem controlada, onde os padrões encontram-se bem definidos e são facilmente identificados. Estes padrões foram desenhados com a finalidade de ser visíveis em imagens para fins de calibração.

A acentuada queda dos valores da correlação, por outro lado, indica a perda de qualidade na imagem. Esta perda aumenta na medida em que a qualidade da imagem diminui e tem consequências no sucesso da identificação dos pontos, pois ela é responsável pela identificação de outros pontos falsos em posições onde o padrão não ocorre.

Os alvos utilizados nesta pesquisa foram bem identificados nas imagens altamente degradadas, embora eles tenham sido parcialmente deformados. Isto significa que a degradação introduzida pela compressão JPEG, embora afete significativamente a representação dos alvos nas imagens, causa erros geométricos significativos. No entanto, esta constatação pode não ser válida para pares de fotografias aéreas, onde os padrões procurados não são tão claramente definidos e existem outros objetos com aparência similar que podem gerar confusão. Para avaliar esta situação, sugere-se repetir os testes usando imagens aéreas ou orbitais.

## 7. REFERÊNCIAS

ALGARNI, D.A. Compression of remotely sensed data using JPEG. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**. V.31(B3). P. 24-28. 1996.

KRAUS, K. **Auswertung photographischer und digitaler Bilder**. Band 2. Dümmler Verlag, Bonn. 1990. 614 p.

LI Z.; YUAN X.; LAM K.W.K. Effects of JPEG Compression on the Accuracy of Photogrammetric Point Determination. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. V.68, n. 8, p. 847-853, 2002.

NOVAK, K. e SHAHIN, F.S. A comparison of two image compression techniques for softcopy photogrammetry. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. V.62, n. 6, p. 695-701. 1996.

STRAUCH, J. C. M. **Correlação de Imagens Digitais**. Curitiba, 1991. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas), Departamento de Geociências. Universidade Federal do Paraná.

TOTH C.K. Image Compression in Photogrammetric Practice: An Overview. **Manual of Photogrammetry Addendum**. 1998.