

Parâmetros Importantes na Condição de Retenção de Informações em uma Imagem Analógica Orbital

LUÍS GERALDO FERREIRA¹

¹INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 01, 12630-000 Cachoeira Paulista, SP, Brasil

Abstract. This paper concerns the improvement of the photographic orbital product, with respect to its information content. The image processing carried out at INPE is discussed, and an alternative to the present production system is proposed, aiming at optimizing the ability of the photographic media to retain the orbital information.

Keywords: photographic image, Remote Sensing.

1. Introdução

Há predominância de produtos analógicos em relação aos produtos digitais no Brasil, quando se considera o número de pedidos de imagens no INPE. Hoje cerca de 70% dos trabalhos desenvolvidos usam produtos em papel ou filme e apenas os 30% restantes usam produtos na forma digital, diferentemente de outros países como nos Estados Unidos da América, onde a relação é aproximadamente inversa, isto deve-se ter em mente ao longo deste trabalho.

Os produtos fotográficos são gerados a partir de um "master" (1ª Geração) em filme de alta resolução após correções geométricas e radiométricas, que influenciam diretamente na qualidade do produto final em filme ou papel. É importante, por exemplo, que o contraste exposto no "master" esteja ajustado às condições sensitométricas do material fotográfico. Por sua vez, o processamento fotográfico possui flexibilidades que permitem uma certa variação do produto tais como: contraste, balanço de cor, densidade etc.

A qualidade e a condição de informações retidas na imagem, estão relacionadas a eficiência dos equipamentos, mão de obra e os parâmetros de controle de qualidade adotados. A estes parâmetros, também cabem definir o produto e mantê-lo dentro de um certo nível de reprodutibilidade, facilitando a padronização de informações em procedimentos para uso das imagens.

Hoje os usuários e pesquisadores pouco conhecem sobre as condições de processamento das imagens fotográficas orbitais tão utilizadas e úteis nos trabalhos de sensoriamento remoto. Acredita-se que conhecendo melhor as condições de geração do produto, certamente

contribui-se para o aprimoramento das pesquisas como um resultado da adequação do produto.

Este trabalho é relevante dentro de uma perspectiva de aprimoramento do produto com uma preocupação de ganho de informações. O objetivo geral é propor um novo sistema de geração de imagem, possível dentro da estrutura atual do laboratório do INPE, mas fora do fluxo normal de produção, preocupado com parâmetros que possam representar menores perdas de informações por compressão de tons no produto final. Como objetivo específico foi produzido uma imagem em caráter experimental, questionando os padrões atuais e discutindo as possibilidades de alterações.

A abordagem foi empregada observando a resposta sensitométrica das curvas de produção, para cada etapa da geração de uma imagem positiva colorida em papel.

Nas etapas de geração do "master" e na de composição falsa cor, houve alterações direcionadas a resposta densitométrica do filme Ektachrome 200, usado na geração do negativo colorido.

Este trabalho foi desenvolvido no INPE em caráter experimental e o produto aqui apresentado tem a proposta de ouvir o usuário e mostrar nossa preocupação em buscar novos produtos. Portanto este produto não está em linha de produção.

2. Considerações Gerais

ESTÁGIOS DA QUALIDADE

A qualidade final de um produto depende principalmente da qualidade da matéria-prima usada, da metodologia de produção adotada, da eficiência do maquinário e da mão-de-obra. Em diferentes laboratórios de geração de imagens Landsat estabelecem-se diferentes padrões de qualidade

considerando as peculiaridades da demanda em seus países.

A escolha do material fotográfico segue o critério das necessidades do produto, sua disposição no mercado e dos equipamentos escolhidos.

Filmes e papéis fotográficos possuem características distintas, tais como: poder de resolução, latitude de exposição, tipo de base, sensibilidade, granularidade, espessura, formato e tamanho encontrados, que deverão ser analisadas considerando o tipo de utilização do produto.

Considerações sobre exposição (tempo x intensidade de luz) e o processamento fotográfico (duração, fotoquímico, etc.) darão flexibilidade às alterações de parâmetros como por exemplo contraste e densidade da imagem, o que definirão produtos diferenciados que poderão atender a critérios de utilização.

O material fotográfico (papel ou transparência) usado no processo de impressão tem uma curva característica similares à de filmes, isto é, não linear, portanto, quando os dados lineares são copiados, resultarão em algumas compressões de níveis de densidade nos limites do "range" de valores digitais.

A qualidade final do produto fotográfico dependerá do fluxo (número de etapas fotográficas, equipamentos de exposição, etc.), de como este sistema é avaliado e de sua reprodutibilidade.

Neste trabalho, foram considerados nos testes sensiométricos: controle da exposição, do processamento e a medida da densidade ótica.

FLUXO GERAL DOS DADOS

Diariamente são recebidos em Cuiabá e registrados em fitas magnéticas dados enviados pelos satélites Landsat durante sua passagem sobre o país. O fluxo do sinal Landsat TM desde sua recepção até o processamento de imagem fotográfica, está resumidamente apresentada na Figura 1.

As fitas magnéticas onde são gravados os dados enviados pelos satélites são transportadas para Cachoeira Paulista (SP). Os dados contidos nestas fitas são reproduzidos e sofrem correções radiométricas e geométricas, transformando-se em imagens fotográficas ou cópias em fitas magnéticas compatíveis com computador.

Estas operações ocorrem no local chamado Laboratório Eletrônico. Onde a geração do "master" fotográfico que é a primeira geração do fluxo fotográfico, tem lugar em um gravador especial de imagens a feixe eletrônico utilizando filme especial sensível a elétrons. Este "master" dará origem a todos os demais produtos fotográficos, tanto preto e branco, como coloridos, nas suas diversas escalas. Nesta etapa o

sistema permite interferências a níveis digitais na imagem com correções na resposta densitométrica no produto fotográfico.

A relação entre a resposta densitométrica do filme no sistema de exposição fotográfico pode sofrer interferências pela introdução de um "gamma digital" de correção através de uma tabela do tipo LUT - "Look up Table".

Dependendo da forma de correção digital em relação à resposta da curva característica do processamento fotográfico (que não é linear), isto implicará que o dado digital de saída não seja necessariamente proporcional aos valores de radiância da cena original. Isto é devido à ineficiência no mecanismo molecular responsável pela formação da imagem latente nos grãos de prata que dará origem à prata metálica da imagem, dentro da emulsão do filme. O resultado desta ineficiência é a redução do gradiente nos altos e baixos valores de exposição. O "gamma digital" tem como função aumentar a faixa linear da curva.

O processamento fotográfico é feito em três etapas: 1ª etapa: geração do "master", 2ª etapa: composição falsa cor (CFC) e 3ª etapa: ampliação ou cópia em papel ou filme. Cada etapa tem suas especificações quanto a resposta densitométrica.

3. Parâmetros de Avaliação da Qualidade de Imagens Orbitais Fotográficas

As imagens fotográficas orbitais são geradas a partir da transformação de informações digitais em exposições de energia luminosa ou eletrônica, capazes de sensibilizar um filme fotográfico. Isto é feito ponto a ponto em um elemento de resolução (que é o pixel).

O pixel possui um valor digital do qual corresponderá um nível de cinza na imagem ou um nível de densidade na curva característica.

No caso do sensor TM a representação de cada pixel na imagem se faz com 256 níveis de cinza.

Abaixo encontram-se os parâmetros universais de controles de qualidade e de métodos de avaliação para produtos fotográficos orbitais.

DENSIDADE ÓTICA

A densidade é o logaritmo do inverso da transmitância (para filmes) ou da refletância (para papel fotográfico). A densidade é uma medida do grau de enegrecimento de um filme ou papel fotográfico exposto e revelado.

DENSIDADE MÁXIMA

Densidade máxima (D_{max}) é a maior densidade que pode obter de um material fotográfico (SANCHEZ, 1986) em determinadas condições, independentemente

do material ser negativo ou positivo. A D_{max} corresponderá aos seguintes níveis digitais. 1) no "master" Positivo: nível digital original do pixel 0; 2) no "master" Negativo: nível digital original do pixel 255; 3) na duplicação Fotográfica: maior densidade alcançada na escala de cinza.

DENSIDADE MÍNIMA

Densidade mínima (D_{min}) é a menor densidade que se pode obter em um material fotográfico após a revelação, sendo ele positivo ou negativo. A D_{min} está associada à densidade de base e ao véu químico ("fog"). Ela é medida no 1º passo da escala de cinza que acompanha a imagem. No caso do "master" positivo a este 1º passo estar associado ao nível de pixel original 255.

FAIXA DE DENSIDADE (D.range)

É a diferença densitométrica entre a D_{max} e a D_{min} na escala de cinza, que corresponde a diferença densitométrica entre o nível digital 255 e o nível digital 0. A faixa densitométrica indica a capacidade expositiva na imagem e é uma medida de seu contraste na exposição máxima e mínima de densidade que se situam na região linear da curva característica.

UNIFORMIDADE DA DENSIDADE

A uniformidade é um parâmetro indicativo da estabilidade da densidade em áreas da imagem onde o nível de exposição seja constante. A uniformidade da densidade é a medida da variação da densidade dentro de um determinado nível de exposição.

LINEARIDADE DA ESCALA DE CINZA

A relação entre a resposta densitométrica do filme no sistema de exposição fotográfico não é linear e é corrigida pela introdução de um "gamma" de correção através de uma tabela do tipo "Look up Table". O desvio entre os valores de níveis de cinza obtidos após a correção pela LUT, e os valores lineares são considerados como erro da linearidade na escala de cinza. O método de avaliação de qualidade associada a este parâmetro consiste na determinação do quanto o processamento se mantém, próximo da linearidade. Pode ser expressa em unidades de densidade (D) ou calculando o percentual de desvio.

FOCO

Foco é o parâmetro relacionado com o grau de nitidez da imagem. A verificação da nitidez da imagem (definição de traço) é feita de forma visual considerando toda a imagem. A deficiência focal pode ser provocada por alinhamento incorreto do

equipamento, calibração incorreta do nível de exposição ou de intensidade do feixe eletrônico, etc.

MICROBANDEAMENTO - "Microbanding"

É definida como o grau de interferência que a estrutura de linha da própria imagem produz na qualidade final do produto, em termos visuais. Esta interferência se traduz por variação da densidade a nível de linhas e é resultado de limitações a nível de exposição eletrônica, em nível de calibração radiométrica, ou mesmo causada por indução eletromagnética ou mesmo instabilidade mecânica ("jitter"). Também pode ser causada por superposição de linhas. A avaliação do microbandeamento é visual e é feita numa área de densidade de cinza uniforme. Esta característica está relacionada principalmente às características do tipo de gravador de filme usado na geração do "master".

FTM - FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DE MODULAÇÃO

A FTM é uma medida relativa da degradação em amplitude das imagens senoidais em várias frequências espaciais.

PODER DE RESOLUÇÃO

Refere-se à habilidade de uma determinada emulsão de registrar, de forma bem distinguível, detalhes mais finos da imagem. Existem padrões de barras que podem ser impressos nas emulsões e após processadas as imagens podem ser avaliadas subjetivamente, de acordo com o grau de nitidez que os padrões de barras se apresentem nas diferentes frequências espaciais. O Poder de Resolução depende de vários fatores como: quanto maior o contraste do filme maior o poder de resolução; emulsões de granularidade mais finas têm em geral o poder de resolução maior do que as de granularidade mais grossa; o excesso de exposição tende a diminuir o poder de resolução devido ao efeito de espalhamento da luz; etc.

A qualidade da imagem em Sensoriamento Remoto está intimamente ligada ao satélite, às condições de iluminação e as características do alvo, às condições atmosféricas no horário do imageamento e do método de processamento aplicado à imagem.

No que se refere ao processamento aplicado às imagens, a qualidade das imagens em Sensoriamento Remoto depende principalmente da precisão geométrica e radiométrica inseridas no produto. Por tanto os cuidados devem ser tomados de modo que as precisões geométricas e radiométricas associadas aos dados, não degrade durante a representação em imagem fotográfica.

A qualidade final do produto dependerá ainda das características e da qualidade do material fotográfico utilizado, e da performance dos equipamentos.

TAMANHO DO PIXEL

Como o pixel, no contexto de sensoriamento remoto, corresponde ao elemento de resolução espacial da imagem, o qual representa a menor área que o satélite é capaz de identificar, isto significa que o tamanho deste pixel, na imagem é relacionado com as condições de impressão e ampliação da mesma. Resolução, no contexto de sensoriamento remoto, refere-se ao diâmetro do pixel. Diâmetro do pixel é o tamanho do pixel equivalente (NARITHANI, 1990).

CONTRASTE

O contraste da imagem é um dos mais importantes parâmetros para determinar a condição de uso do produto fotográfico TM (LTWG, 1990). Ele depende principalmente da natureza da região e das condições meteorológicas durante a aquisição dos dados. Para diminuir a faixa dinâmica dos sensores TM, torna-se necessária a introdução de realce no estágio de processamento dos dados ou no estágio de geração do filme (LTWG, 1990). Estas correções e interferências são feitas no INPE antes e durante a exposição do "master". Mas, tanto na manipulação dos dados digitais como no fotográfico, o contraste pode ser controlado. Historicamente era usado como número que indicava o grau de compressão de tons ocorrido no filme em relação ao alvo (EASTMAN KODAK, 1978).

4. Metodologia

O trabalho se iniciou com levantamento das características dos materiais fotográficos e processos envolvidos na geração do produto fotográfico colorido. O filme Ektachrome possui uma capacidade de latitude de exposição e poder de resolução maiores (EASTMAN KODAK M-70 & E-77) do que o filme atualmente utilizado, os valores de granularidade difusa iguais e as curvas de densidade espectral com valores aproximados, que a princípio dá condições de ampliar a capacidade de retenção de informações na 2ª etapa de produção (Composição Falsa Cor - CFC). O sistema de produção atual utiliza filme negativo na composição falsa cor e sendo o filme proposto reversível (positivo), foi necessário inversão da polarização no EBR (Gravador de Feixe Eletrônico), responsável pela geração do "master".

Foi necessário uma avaliação da resposta densitométrica resultante da exposição no "master" em relação a resposta densitométrica na 2ª etapa de produção, onde é feita a Composição Falsa Cor,

ajustando-a através de "gamma digital" (LUT), de forma a compensar a resposta sensitométrica do filme Ektachrome dentro dos padrões esperados.

Outro cuidado foi adequar a resposta densitométrica dentro das condições de latitude do material fotográfico do produto final, no caso em papel Kodacolor Plus RA.

Os ajustes foram feitos a nível digital no "master" e a nível de condições de exposição (tempo e intensidade) na CFC. Onde buscou-se linearização da curva densitométrica dentro dos limites de condições de latitude do papel fotográfico que é usado na etapa seguinte, de forma a otimizar a capacidade de retenção de informação do meio fotográfico.

5. Resultados

As imagens produzidas pelo novo sistema apresentaram maior abrangência na capacidade de retenção de níveis de cinza nas imagens conforme podemos observar pela avaliação da resposta densitométrica da CFC do novo produto (A1 e A2 na figura 2) em relação ao produto atual (B), principalmente nas altas luzes (região de luminosidade alta).

As respostas densitométricas conseguidas são apresentadas em duas curvas A1 e A2 onde ambas estendem a região do ombro da curva característica, ampliando a latitude de exposição do filme, com o contraste pouco alterado e aumentando a faixa de densidade ($D_{m\acute{a}x} - D_{m\acute{m}}$), fatores que colaboram na condição de retenção das informações e na minimização das perdas por compressão de tons na imagem pelo processo fotográfico.

Com novo formato (bordas escuras e anotações em branco) observa-se menor visualização das anotações, isto é devido a presença de luz refletida devido as bordas transparentes, no negativo, que permite a passagem de luz. Isto se deve as características do formato atual, que pode ser revisto e não compromete a qualidade da imagem.

A visão da qualidade aqui adotada insere-se dentro de avaliação da importância da nitidez e a retenção de informações no meio produto fotográfico. Para isto os resultados ainda não foram quantificados a não ser por análise visual.

6. Conclusões

As conclusões que se obtém desta pesquisa são:

6.1 - O sistema atual de produção pode ser otimizado levando-se em consideração alguns parâmetros que permitam ampliar a capacidade de retenção de informação do meio fotográfico;

6.2 - A resposta densitométrica não linear do material fotográfico pode ser alterada, desde que tenhamos domínio da exposição e será maior ou menor esta interferência em razão dos recursos no meio digital;

6.3 - Visualmente a imagem gerada apresenta ganho em relação ao produto atual, mas mostra que as alterações no produto poderão gerar respostas melhores se forem aprofundadas a cada etapa do processo de geração.

Este trabalho mostra uma linha de discussão acerca da produção de imagem de satélite. O produto apresentado ainda não representa o ótimo, pois a sintonia com as etapas de ganho e off-set realizadas, imagem por imagem, pelo operador, só poderá ser ajustada quando colocada em linha de produção.

Estudos medindo a FTM (Função de Transferência de Modulação) do sistema estão em fase de estudos.

7. Referências

Sanchez, R.D.; Mcsweeny, J.A. **Principles and practices of satellite multispectral image mapping in the N.S. geological survey.** Reston, VA, U.S. Geological Survey, 1986. 48 p.

Landsat Technical Working Group (LTWG). TM photo products quality assurance standards and procedures. In: _____. **Suggested guideline for product quality assurance standards and process.** Índia, NRSA, 1990. pt. 2, p. 11-21. (Lib-Ref-0051).

Eastman Kodak **Filmes Kodak profissionais em preto e branco.** São Paulo, 1978. (Kodak F-5).

Ferreira, Luís Geraldo **Avaliação Global do Sistema Fotográfico para Geração de Imagem Landsat TM do INPE.** Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994 119 p. (INPE - 5571 - TDI/542).

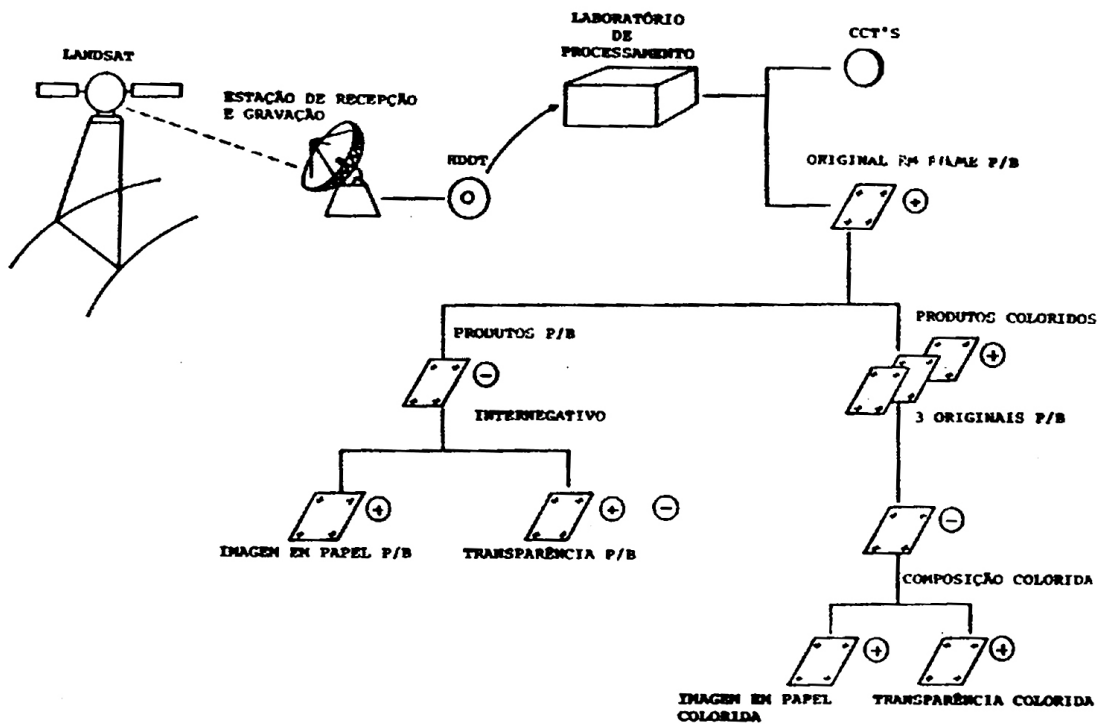


Fig. 1 - Fluxo de Produção Landsat TM

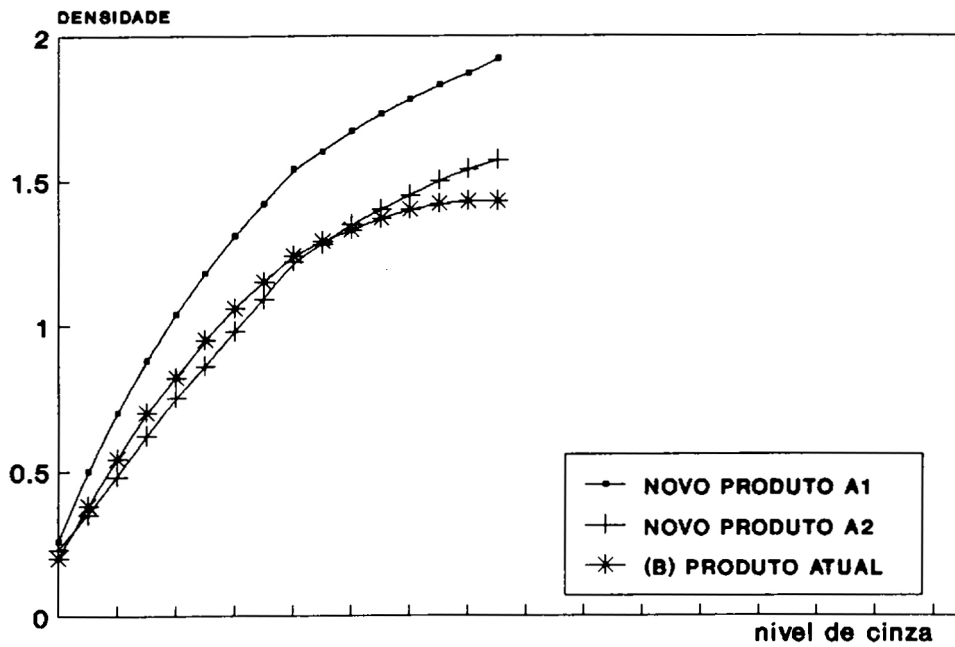


Fig. 2 - Curvas Características de Produção