

# **ESTIMATIVA DE COBERTURA DE NUVENS EM CENAS DO SENSOR CCD/CBERS UTILIZANDO CORRELAÇÃO ENTRE NUVENS E SOMBRAS.** Willian Alves da Silva, Nilton Nobuhiro Imai, Airton Marco Polidorio. – Sub-área - Geociências – Engenharia Cartográfica – Departamento de Cartografia – Universidade Estadual Paulista – Campus de Presidente Prudente.

Nuvens causam sérias interferências em imagens aéreas e orbitais degradando a resposta radiométrica ou provocando muita redução na área útil da imagem. Devido a isso imagens de sensoriamento remoto adquiridas por sensores instalados em plataformas orbitais, com resolução média como o ETM do sistema Landsat e o CCD do CBERS são disponibilizadas com informação de percentual de cobertura de nuvens. Entretanto, a redução da área útil da imagem pode chegar a ser superior ao dobro desse valor percentual, se também for considerada a área ocupada pelas sombras projetadas no terreno.

As técnicas utilizadas para a segmentação de sombras e nuvens baseando-se nas respostas espectrais (cor) destas feições, costumam falhar se, na cena, estiverem presentes feições que apresentam características semelhantes às das nuvens e sombras.

Corpos d'água apresentam baixa radiância, pois a maior parcela de energia luminosa que incide sobre eles é transmitida, absorvida e dispersada, sendo uma parcela muito pequena refletida, sendo esta a razão pela qual corpos d'água são geralmente escuros nas imagens orbitais e aéreas. Regiões afetadas por sombras também apresentam as mesmas características, porém devido à baixa quantidade de energia luminosa que incide diretamente sobre a região afetada. Determinados tipos de solos expostos, tais como solo arenoso, calcário, alguns tipos de argila e solo glacial, apresentam altas reflectâncias em todas as regiões do espectro eletromagnético, motivados por suas características físicas e constituição química. O mesmo comportamento é apresentado pelas nuvens. Elas realçam o espalhamento atmosférico não-seletivo, desviando indiscriminadamente todos os comprimentos de onda, do espectro visível. O efeito aditivo de todos os comprimentos de onda do espectro visível produz a luz branca determinando assim, a cor da aparência das nuvens (Polidorio et al., 2005). Portanto, tanto as nuvens quanto os tipos de solos mencionados são bastante claros nas imagens.

Para a realização da estimativa da área coberta por nuvens e sombras com boa qualidade é possível minimizar falhas de detecção pela identificação do par nuvem-sombra. Neste trabalho, é proposto um método capaz de correlacionar os resultados de discriminação de sombras e nuvens obtidas através de qualquer técnica de detecção, com dados de azimuth e elevação solar no momento em que a imagem foi registrada. Desta forma, espera-se realizar uma inferência qualitativa na mensuração de cobertura de nuvens e sombras em segmentos de imagens do CCD/CBERS.

Este método, denominado de Correlacionador de Nuvens e Sombras (CNS), correlaciona as detecções de nuvens e sombras com a finalidade de avaliar se as detecções fornecidas a ele fazem algum sentido, de acordo com as relações existentes entre nuvens e sombras. Para modelar essas relações ele utiliza dados de azimuth e elevação solar fornecidos pelo INPE junto com as imagens CBERS, assim como outros parâmetros.

É importante ressaltar que o CNS não detecta nuvens e sombras, apenas correlaciona as detecções fornecidas a ele. Desta forma ele não pode ser utilizado para confirmar nuvens que não geram sombras, tais como as nuvens *Cirrus* e *Alto* (muito altas e/ou pouco espessas). As nuvens *Stratus* e *Cumulus* são as mais indicadas para o uso do CNS, não só porque projetam sombras detectáveis, mas também porque geralmente apresentam áreas de cobertura pequenas semelhantes às outras feições de alta reflectância presentes no território brasileiro.

Neste trabalho as detecções de nuvens e sombras são geradas pelo algoritmo apresentado em Polidorio et al (2005). Este algoritmo se baseia na exploração das diferenças de resposta espectral e atributos de cor de nuvens e sombras quando comparadas com esses mesmos atributos de outras feições. Para explorar as diferenças da resposta radiométrica entre as várias feições que compõem a imagem, Polidorio et al (2005) utilizaram os índices NDVI (Jensen, 2002) e NDWI (Polidorio et al, 2004), os quais são computados usando as imagens das bandas 4, 3 e 2 adquiridas pelas câmaras CCD do CBERS, explorando assim a baixa resolução espectral desse satélite através de índices de realce. Nesta análise também foram usados os atributos de cor: S (saturação) e I (intensidade) extraídos do sistema de cor HSI, obtidos pela transformação da composição colorida RGB das bandas 3, 2 e 1 das

imagens CCD/CBERS. Os autores fizeram a seguinte analogia: nuvens são claras, quase brancas, determinando a sua alta intensidade e baixa saturação; sombras são escuras e saturadas com o azul devido ao espalhamento atmosférico de Rayleigh, determinando sua baixa intensidade e alta saturação. Assim, determinaram dois atributos (intensidade e saturação) que ajudam na discriminação de sombras e nuvens. Devido a algumas falhas, no que diz respeito à detecção de sombras deste método de detecção, os valores de limiar utilizados originalmente pelo autor foram flexibilizados, para aumentar a confiança das detecções.

A correlação nuvem-sombra é feita em duas fases: (1) na primeira fase é realizado o teste das candidatas a sombras. Para isso é determinado o local e o tamanho esperado para cada sombra que as candidatas a nuvens deveriam projetar caso sejam verdadeiras; (2) a segunda fase consiste na confirmação das nuvens a partir das sombras já confirmadas.

Tratar relações geométricas entre nuvens e sombras é um processo desconfortável e detalhista, pois a única relação teoricamente confiável entre nuvens e sombras está nas medidas de suas larguras (larguras medidas de forma perpendicular ao azimuth solar). Isto se deve: (1) a distribuição vertical da nuvem, não perceptível do ponto de vista do sensor orbital; (2) a inclinação dos raios solares referentes ao horário do imageamento; (3) à curvatura da terra e alteração na altitude do relevo.

Para simplificar o processo matemático relacionados com a correlação entre as feições, todo o processamento realizado pelo CNS é feito através do alinhamento do eixo das colunas da imagem com o azimuth solar, sendo as máscaras processadas coluna a coluna. Devido a isso, cada coluna da imagem pode ser tratada como sendo uma imagem separada, sendo assim os termos área e extensão das feições, neste trabalho, têm o mesmo significado.

Para prever onde uma possível nuvem projeta a sua sombra, deve-se usar as informações da altura máxima e mínima das nuvens, com esses dados pode-se especificar um intervalo de distância a partir da nuvem onde as sombras deveriam estar sendo projetadas. O modelo matemático utilizado para calcular das distancias de projeção mínima e máxima é:

$$Dist = \frac{h}{\tan(A).GSD}$$

Onde:

*Dist*: é a distância de projeção máxima ou mínima em pixels.

*A*: é o angulo de elevação solar.

*H*: é a altura máxima ou mínima estipulada para a ocorrência de nuvens, em metros.

*GSD*: (*ground sample distance*) é a extensão que cada pixel cobre sobre a superfície imageada. Equivalem a cerca de 20 metros nas imagens CBERS.

Após ser delimitado os locais de busca por sombras, deve-se estimar o tamanho das sombras esperadas para estas áreas. Uma nuvem de pequena extensão, deverá necessariamente projetar uma sombra também de pequena extensão. A expectativa sobre extensão mínima da sombra projetada é proporcional à extensão da nuvem. Essa proporcionalidade termina somente se a extensão da nuvem for superior à distância de projeção mínima, neste caso a nuvem começa a ocultar sua própria sombra, ficando a expectativa sobre o tamanho mínimo da sombra limitado a essa distância. A expectativa de extensão máxima da sombra é definida somando-se à expectativa mínima o valor referente à projeção que se espera que o desenvolvimento vertical da nuvem (espessura) possa gerar. Esse desenvolvimento é determinado em função da extensão horizontal da nuvem seguindo a seguinte lógica: Uma nuvem deverá ter uma espessura condizente com sua extensão horizontal; uma nuvem pequena é menos espessa que uma nuvem grande. Essa relação entre a extensão da nuvem e sua espessura é feita pelo fator de desenvolvimento vertical.

$$esp(max) = esp(min) + \frac{(esp(min) * f)}{\tan(A)}$$

Onde:

*esp(max)*: é a expectativa máxima calculada.

$esp(min)$ : é a expectativa mínima.

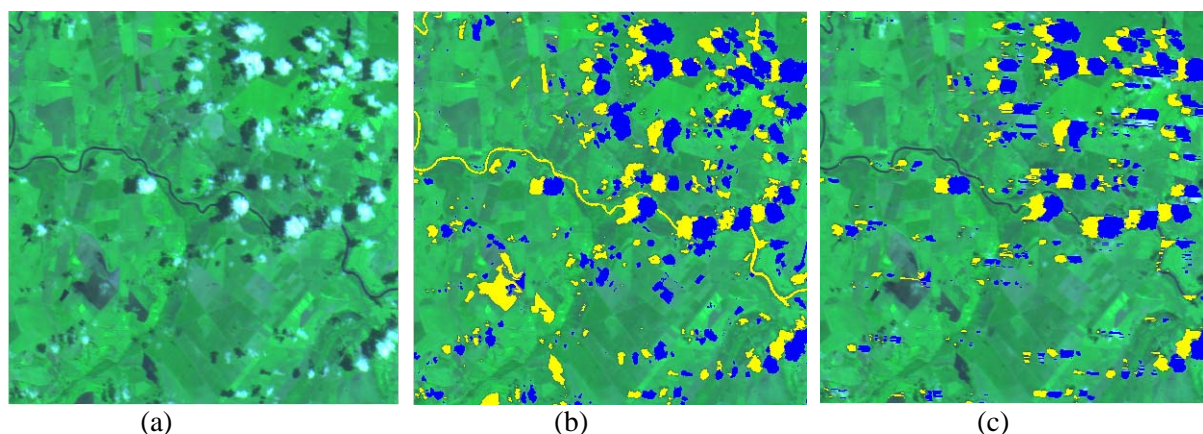
$A$  : é o ângulo de elevação solar.

$f$  : é o fator de desenvolvimento vertical.

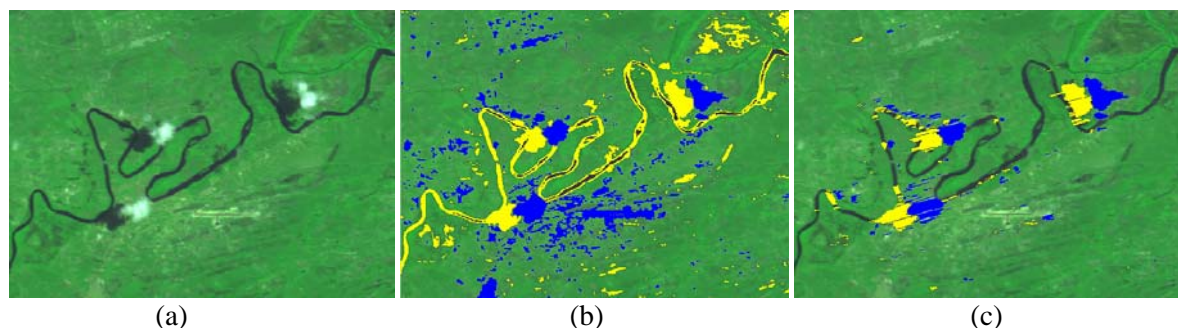
As primeiras sombras encontradas que estiverem dentro das áreas de projeção cujos tamanhos estiverem entre os valores das expectativas máximas e mínimas para tal região, respeitando o sentido da incidência dos raios solares, serão aceitas como verdadeiras. Porém existem casos onde este tipo de confirmação não é válido. Por exemplo, uma área de projeção localizada entre duas nuvens separadas por uma distância inferior a distância de projeção máxima, pode apresentar parte da sombra esperada em seu interior, parcialmente oculta pela segunda nuvem, desta forma, não satisfazendo ao critério de expectativa mínima; portanto para tais regiões, o critério de extensão mínima da sombra não deve ser aplicado. Outro caso é onde a expectativa mínima para o tamanho das sombras para uma dada região supera o valor da extensão da própria área de projeção (também para os casos de áreas de projeção localizadas entre nuvens próximas), desta forma qualquer sombra no interior dessa área de projeção só será confirmada se ocupar totalmente a área.

Para a confirmação das nuvens a partir das sombras já confirmadas também são utilizados os dados de azimuth e de ângulo de elevação solar. Nesta fase procura-se a primeira nuvem existente a partir de uma sombra confirmada, desta vez no sentido oposto ao de incidência dos raios solares, sendo feita a confirmação de toda sua extensão ao ser encontrada.

As imagens a seguir mostram dois resultados obtidos pela aplicação do CNS: As Figuras 1a e 2a são composições CBERS (R1G4B3) contendo feições que geram confusão no processo de detecção; as Figuras 1b e 2b mostram as detecções de nuvens (em azul) e sombras (em amarelo) fornecidas pelo algoritmo de detecção utilizado; e as Figuras 1c e 2c mostram o resultados após a aplicação do CNS.



**Figura 1:** Imagem da região de Araraquara – SP:



**Figura 2:** Imagem da região de Barreirinhas – MA:

Nota-se que apesar de alguns erros ainda persistirem, houve uma boa melhoria na qualidade da detecção. Em todos os testes realizados o CNS melhorou as estimativas de coberturas de nuvens e sombras calculadas a partir de seus resultados. Seu sucesso depende exclusivamente da distribuição

das feições na cena e da confiabilidade das detecções fornecidas. A aplicação deste método permite que os limiares utilizados nas diversas técnicas de detecção de nuvens e sombras, possam ser relaxados, pois a correlação entre as feições pode corrigir falsas detecções.

Erros ocorrem em lugares onde existem feições de alta reflectância e feições confundíveis com sombra distribuídos em uma geometria idêntica àquela esperada para nuvens e sombras. Esse método falha também nas regiões próximas as bordas da imagem, pois não há como efetuar a correlação nestas áreas.

### **Referências Bibliográficas**

CHOI, H., BINDSCHADLER, R. Cloud detection in Landsat imagery of ice sheets using shadow matching technique and automatic normalized difference snow index threshold value decision. *Remote Sensing of Environment*, 91, p.237–242, 2004.

POLIDORIO, A. M., FLORES, F. C., FRANCO, C., IMAI, N. N., TOMMASELLI, A. M. G. Detecção automática de sombras e nuvens em imagens CBERS e Landsat 7 ETM. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais...: INPE, 2005. p. 4233-4240.

POLIDORIO, A. M., GALO, M. L. B. T., IMAI, N. N., TOMMASELLI, A. M. G. Segmentação de corpos d'água em imagens multiespectrais e temporais usando watershed com marcadores automaticamente definidos. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais...: INPE, 2005. p. 4249-4257.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Brasília: online, 2005. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/informacoes/sobre\\_meteorologia/atlas\\_nuvens](http://www.inmet.gov.br/informacoes/sobre_meteorologia/atlas_nuvens)>. Acesso em: 14 mai. 2006.

**Bolsa: Iniciação Científica – Fapesp**