

## Utilização de imagens CBERS para mapeamento dos espelhos d'água do Brasil

Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins<sup>1</sup>  
Rogério de Abreu Menescal<sup>2</sup>  
Morris Scherer-Warren<sup>3</sup>  
Margareth Sílvia Benício de Souza Carvalho<sup>1</sup>  
Mauro Santos de Melo<sup>1</sup>  
Daniel Sosti Perini<sup>2</sup>  
Francisco de Assis Jorge de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME  
Av Rui Barbosa 1246, Aldeota, CEP 60115-221, Fortaleza - CE, Brasil  
esm9@secrel.com.br, margareth@funceme.br, mmeng@secrel.com.br, jorge@funceme.br

<sup>2</sup>Ministério da Integração Nacional  
Esplanada dos Ministérios, Bloco E, 9º. Andar, Sala 965, CEP 70062-900, Brasília-DF, Brasil  
rmenescal@ana.gov.br, dsperini@gmail.com

<sup>3</sup>Agência Nacional de Águas  
Setor Policial, Área 5, Quadra 3, CEP 70610-200, Brasília-DF, Brasil  
morris@ana.gov.br

**Abstract.** This paper describes the use of CBERS images in order to carry out a reservoir inventory and develop GIS-based maps of reservoirs for Brazil. Such study is essential to identification of the risks that such structures poses to society, not only in terms of damages to infra-structure project, but also to the communities that live downstream of them. Moreover, such study is quite important in order to determine the hydrological impacts of small dams on larger ones in term of water yield. Reservoirs were mapped to a 5 ha minimum for the Northeast of Brazil and to a 20 ha for other regions. The results are a comprehensive and reliable reservoir inventory database.

**Palavras-chave:** CBERS, remote sensing, reservoir inventory, sensoriamento remoto, mapeamento de espelhos d'água.

### 1. Introdução

A FUNCEME realizou 5 mapeamentos a partir de 1988, sendo o último realizado em 2000, todos com base em imagens LANDSAT. O mapeamento mais recente, realizado em 2000 com imagens LANDSAT (FUNCEME, 2001), identificou, a partir de geoprocessamento, todos os reservatórios da porção Norte do Estado com área de bacia hidráulica superior a 5 hectares. Devido ao grande número de pequenos açudes, cerca de 1500 levantados, torna-se impeditivo a identificação manual dos parâmetros fisiográficos da sub-bacia de cada um destes açudes. Este mapeamento quase sistemático tem o propósito de alimentar a base de informações relativas a reservatórios, a qual serve como instrumento básico para o gerenciamento dos recursos hídricos. De maneira geral, a grande realidade no Brasil é a falta deste tipo de informação por parte do poder público estadual, a qual é de importância estratégica diante aos riscos que estes reservatórios impõem sobre projetos de infra-estrutura, cidades, à população, etc. Neste último caso, não só pelos riscos associados a perdas de vidas humanas diretamente, mas indiretamente também devido ao risco de contaminação de corpos

hídricos, uma vez que estas obras servem, em algumas situações, para armazenamento de efluentes domésticos, industriais e rejeitos de mineração.

Adicionalmente, os pequenos reservatórios são, de modo geral, ineficientes na regularização de vazões, provocando em geral impactos negativos na capacidade de regularização de uma bacia hidrográfica. Martins (2001) mostra, para a bacia do Reservatório de médio porte Frios, que em termos de volume regularizado pelo sistema, o que basicamente ocorre é uma redistribuição espacial deste volume na bacia. Apesar de não haver diferenças significativas em termos de volume regularizado, nota-se que existe uma garantia a partir da qual o volume regularizado pelo reservatório Frios sozinho (cenário 1) é superior ao volume regularizado pelo sistema composto pelo reservatório Frios e a pequena açudagem (cenário 2). Abaixo desta garantia o volume regularizado no cenário 2 é superior aquele do cenário 1.

A vazão regularizada pelo reservatório Frios sofre uma redução entre 20% (associada a uma garantia de 70%) e 33% (associada a uma garantia de 95%), como mostra a **Figura 1**. Em termos de repartição de volumes, do cenário 1 para o 2 ocorre um aumento no volume evaporado, uma redução no volume vertido e uma variação não significativa no volume liberado.

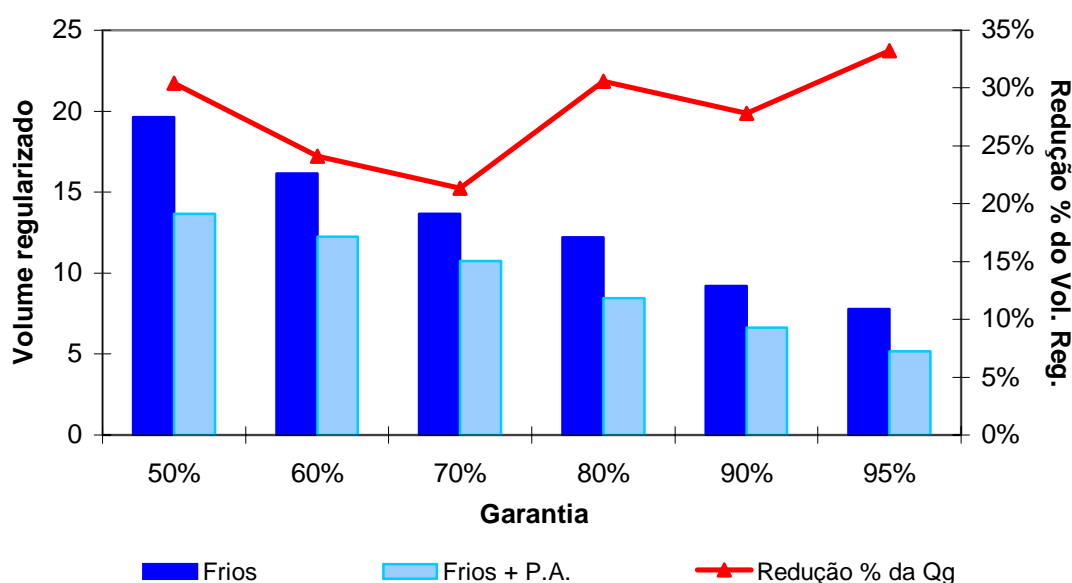


Figura 1 – Volume regularizado pelo Açude Frios nos dois cenários e redução percentual no volume regularizado no cenário 2 em relação ao 1 para diferente garantias.

A política de pequena açudagem pressupõe a importância do estoque distribuído na bacia, em detrimento de uma opção mais eficiente de armazenamento das disponibilidades hídricas da bacia. Sendo a preocupação a eficiência, deve-se priorizar a média e a grande açudagem, uma vez que os resultados apresentados mostram que o impacto da pequena açudagem na média e na grande açudagem pode ser significativo. Isto torna evidente a necessidade de licença para construção de pequenos açudes e o mapeamento sistemático dos espelhos d'água como instrumento essencial no gerenciamento dos recursos hídricos.

## 2. Metodologia

O presente artigo apresenta os resultados preliminares do mapeamento dos espelhos d'água do Brasil na escala 1:250.000, o qual faz uso de imagens CBERS para a identificação dos espelhos e de imagens LANDSAT TM+ (Geocover) para o fazer o georeferenciamento das primeiras.

O produto *Geocover* consiste em um mosaico de imagens ortorretificadas disponíveis em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) para minimizar distorções através da planificação de um pedaço da esfera que representa a Terra. Essas imagens estão com o sistema de projeção UTM com Datum WGS84 norte e o Datum adotado no presente artigo é o SAD69. Por esta razão é necessário reprojeter essas imagens para UTM SAD69 sul, tarefa essa executada no ERDAS 9.0, sendo em seguida a imagem transformada para o formato Mrsid. Essas imagens foram usadas no georeferenciamento das imagens CBERS e, em alguns casos, utilizadas na digitalização dos espelhos d'água quando isso não foi possível através das CBERS disponíveis devido a, por exemplo, alta cobertura de nuvens nas imagens disponíveis. Cada mosaico do produto *Geocover*, abrange uma área de 6° na longitude, coincidindo com as Zonas utilizadas na projeção UTM, e 5° na latitude.

As imagens CBERS usadas neste projeto foram fornecidas pelo INPE através de *download*, sendo essas imagens adquiridas com as bandas separadas. Para o presente estudo foram usadas as bandas 2, 3 e 4 da câmera CCD (*Couple Charged Device*). Essas imagens foram submetidas, banda a banda, a correções através do programa "Restau.exe" fornecido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para corrigir algumas distorções. Após aplicação desta correção, o produto corrigido são bandas separadas no formato Geotif. Essas bandas juntas são necessárias para montar uma composição colorida usando os canais RGB, sendo aqui empregada a composição RGB (342) para gerar uma imagem falsa cor, e gerando assim uma imagem no formato Mrsid.

Porém, ainda é preciso georeferenciar as imagens CBERS, utilizando-se para esse procedimento as imagens *Geocover* já reprojeteradas para UTM SAD69 sul. As coordenadas dos pontos de controle utilizados no georeferenciamento foram coletados na *Geocover* e em seguida identificados os pontos correspondentes na CBERS. Em média foram usados para cada cena CBERS entre 8 e 10 pontos. O georeferenciamento foi validado através da sobreposição da CBERS na *Geocover* correspondente, e observando-se a concordância das feições nas duas imagens. O georeferenciamento destas cenas foi realizado no módulo *AutoSync* do ERDAS 9.0 e a imagem georeferenciada foi transformada para o formato Mrsid.

A vetorização dos espelhos d'água foi realizada a partir do uso das imagens CBERS, porém em algumas poucas situações que ocorreram uma grande presença de nuvens, foram utilizadas as imagens *Geocover* para a digitalização dos espelhos que estavam cobertos pelas nuvens na cena CBERS. Assim, de modo geral, as imagens base para a digitalização foram as CBERS, enquanto a articulação utilizada foi a área que cobre uma cena *Geocover*.

Cada arquivo usado na digitalização corresponde a uma área que cobre uma cena *Geocover*, sendo nesta área carregada as imagens CBERS correspondentes. As imagens e os vetores são colocados nas suas respectiva camadas, uma vez que foram criadas camadas para as imagens CBERS e *Geocover* (CBERS\_Banda342 e LandSAT\_Geocover), assim como para os vetores foram criadas as seguintes camadas: Espelho d'água, Espelho d'água\_Continuidade, Espelho d'água\_Nuvem, Ilha\_Espelho\_d'água, Ilha\_Espelho d'água\_Continuidade, LandSAT Geocover Espelho, Quadriculas\_10x10 e Costa\_Estuário. Estas camadas correspondem respectivamente aos vetores digitalizados: espelho d'água digitalizados em cima da CBERS, espelho que fica no limite entre duas *Geocover*, Espelho com cobertura de nuvens, Ilhas, Ilhas que se encontram em duas *Geocover*, Espelhos

digitizados em cima das *Geocover*, Malha de referência com espaçamento de 10x10 km e linha de costa.

A digitalização dos espelhos de água foi feita com o uso de “polilinhas” fechadas, formando assim um polígono, sendo somente digitalizados espelhos que cobriam uma área maior que 5 ha para o Nordeste do Brasil e 20 ha para as outras regiões.

Após a digitalização de todos os espelhos que cobrem uma zona, houve o fechamento dos polígonos que representam os espelhos e encontravam-se em duas cenas *Geocover* da mesma zona. Com isso foram identificados os espelhos por zona em projeção UTM, sendo agora necessário juntar os espelhos que encontram-se em zonas vizinhas. Para tanto, fez-se necessária a transformação para coordenadas geográficas, sendo em seguida fechados e eliminados os espelhos duplicados que estavam em áreas de sobreposição. Com isso foi possível juntar todos os espelhos que cobrem o Nordeste gerando assim um único “shape” contendo esses vetores em projeção geográfica.

### 3. Resultados e Conclusões

A **Figura 2** mostra os espelhos d’água do Nordeste onde podemos observar uma concentração maior nos estados do Ceará, Paraíba e Pernambuco em relação aos demais estados do Nordeste (Ver **Figura 3**). Nesta região foram digitalizados 4.232 espelhos d’água com área acima de 20 hectares, sendo 1326 açudes localizados somente no Ceará.

A **Figura 4** mostra os espelhos d’água acima de 5 hectares existentes no Estado do Ceará, mostrando em detalhe a concentração de reservatórios em torno do Açude Castanhão, o maior e mais importante reservatório do estado. Esta saturação de pequenos reservatórios em torno do Açude Castanhão reveste-se de importância pelos impactos hidrológicos que os mesmos exercem na distribuição dos volumes da bacia de contribuição do mesmo. A distribuição do número de açudes em função da área de espelho d’água para o Estado do Ceará é apresentada na **Figura 5**. Pode-se notar que o maior número de reservatórios para este estado concentra-se na faixa de 5 a 10 hectares.

Outro produto gerado neste artigo foi o mosaico CBERS para o Nordeste, como mostra a **Figura 6**. Acredita-se ser possível melhorar a qualidade deste mosaico, atenuando as diferenças entre as respostas espectrais das diferentes cenas de imagens CBERS. Ao final do trabalho pretende-se obter um mosaico CBERS para o Brasil.

A metodologia aqui adotada mostrou-se eficiente para o mapeamento de espelhos d’água a partir do uso de imagens CBERS, um produto disponível gratuitamente que permitirá o monitoramento sistemático da pequena açudagem, um instrumento importante para o gerenciamento dos recursos hídricos.

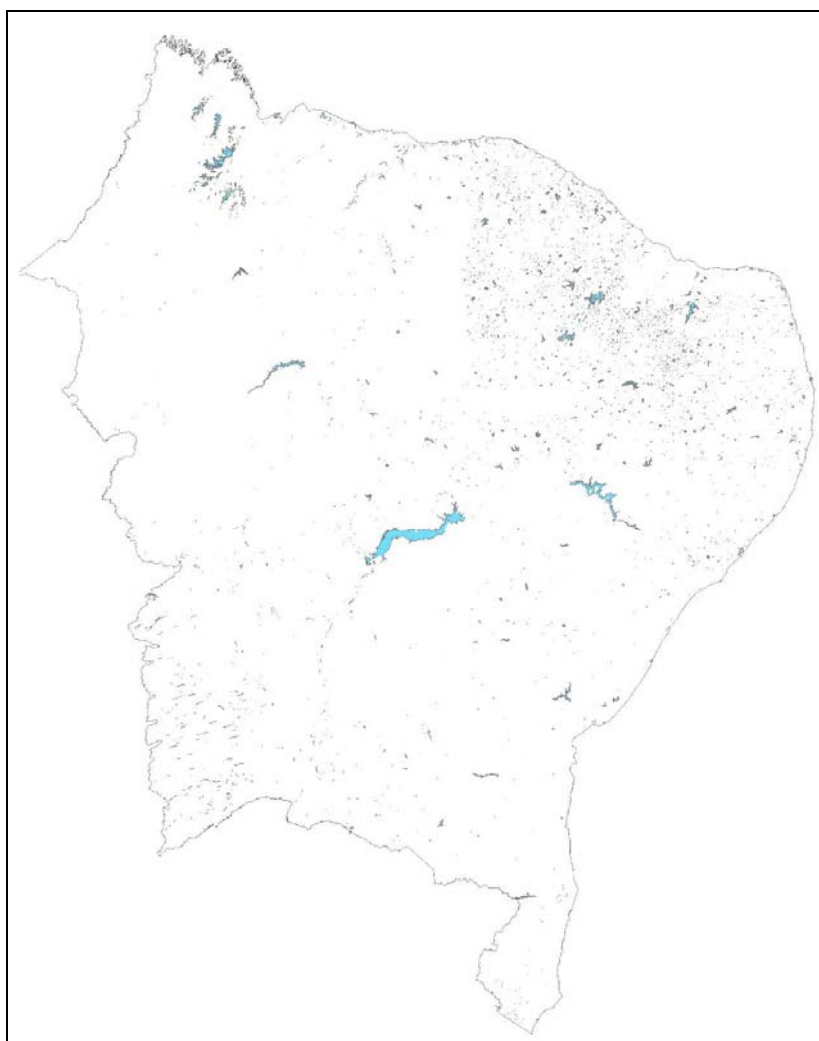


Figura 2 – Espelhos d'água do Nordeste.

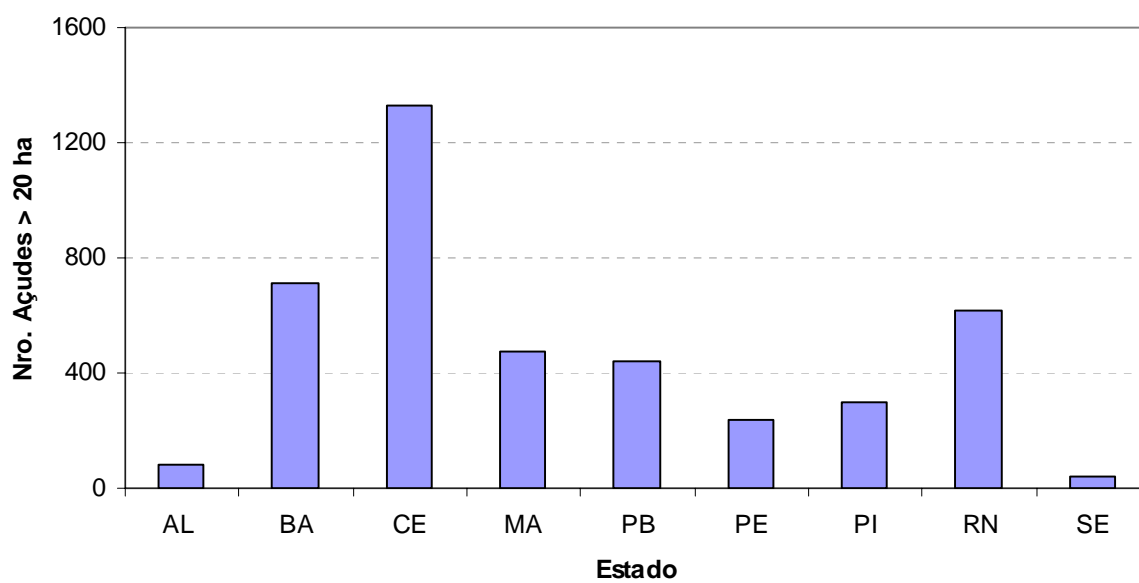


Figura 3 – Número de espelhos d'água para cada estado do Nordeste.

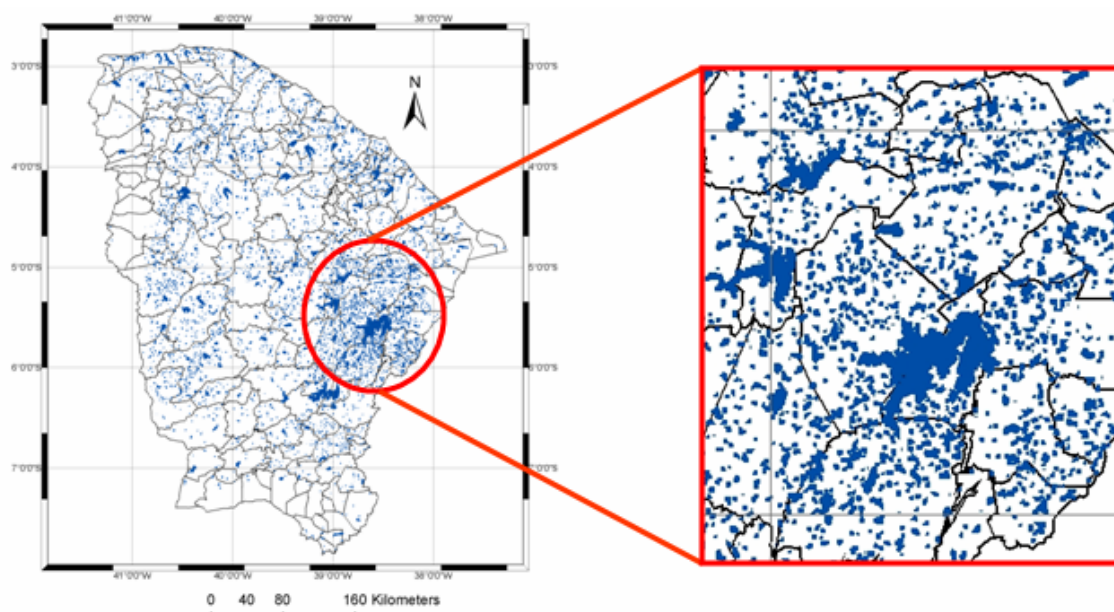


Figura 4 – Espelhos d'água do Ceará.

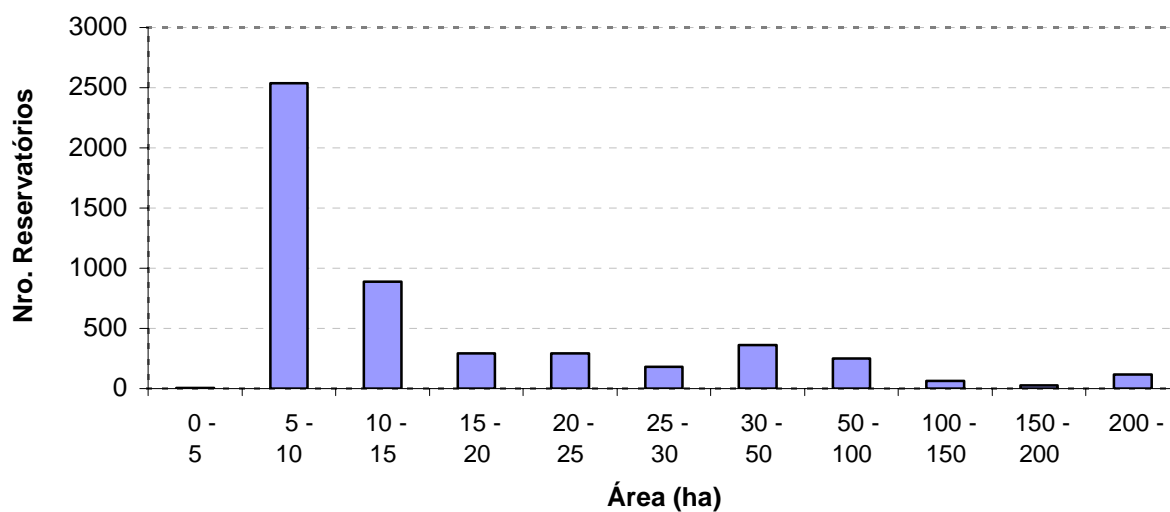


Figura 5 – Distribuição do número de açudes em função da área de espelho d'água para o Estado do Ceará.

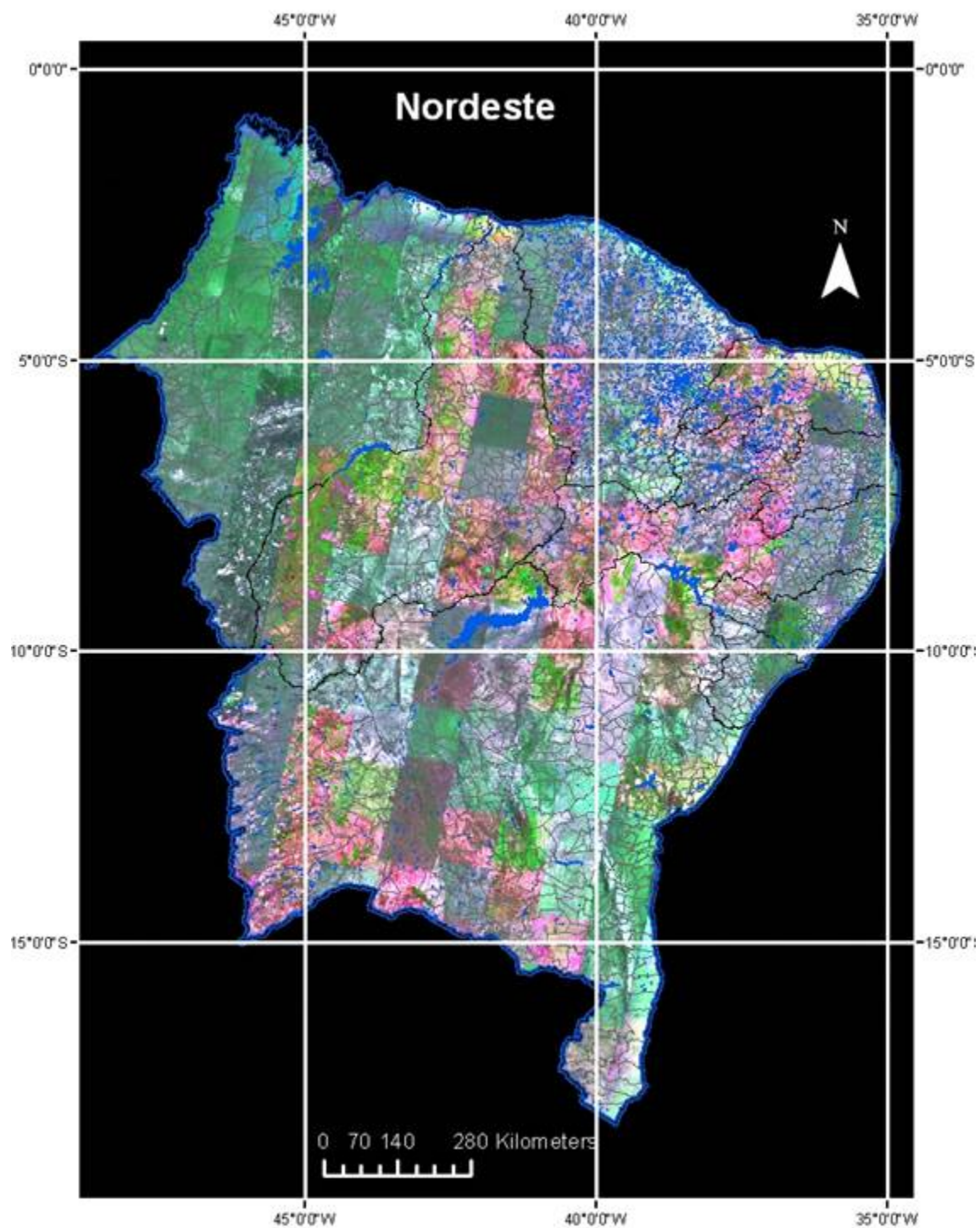


Figura 6 – Mosaico CBERS para o Nordeste do Brasil.

#### 4. Referências Bibliográficas

COGERH, Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe, 1998.

FUNCEME, 2001, Development of database and analytical tools for reservoir network and catchment area analysis, Riverside.

Martins, E.S.P.R., 2001, ESTRATÉGIA DE MONITORAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: INSTRUMENTAÇÃO E CONCEPÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES HIDROLÓGICAS DA SUB-BACIA DO RIO FRIOS – CE, Relatório Técnico, FINEP.

INPE, 2006, Download das imagens CBERS, <http://www.dgi.inpe.br/CDSR>.

NASA, Mosaico Geocover, <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>.