



## Emprego de Técnicas de Processamento Digital em Imagens Landsat 8 Para Mapeamento Geológico

Mateus de Paula MIRANDA<sup>1</sup>, Marcos Paulo PONTES<sup>1</sup>,  
Pedro Ângelo Silva de MORAIS<sup>2</sup>, Elenilton Bezerra UCHOA<sup>2</sup>,  
Cynthia Romariz DUARTE<sup>3</sup>, Michael Vandesteen Silva SOUTO<sup>3</sup>

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo o emprego de técnicas de processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, composição colorida RGB, subtração de bandas e Análise por Principais Componentes – APC (Técnica de Crósta) em cenas do sensor OLI, satélite Landsat 8, para auxiliar no mapeamento geológico, identificação de litologias e realce de estrutura. A área de estudo situa-se no município de Canindé, inserido no Domínio Ceará Central (rochas neoarqueanas a paleoproterozoicas), localizado no contexto geotectônico da porção setentrional da Província Borborema. Foi utilizada técnica de Análise por Principais Componentes a fim de determinar e reduzir a correlação entre as bandas do visível (VIS) e do infravermelho de ondas curtas (SWIR), da cena WRS 217/63 utilizada, tendo sido calculados os autovalores e autovetores, que possibilitaram a escolha das melhores composições coloridas em RGB, aplicadas as bandas PCs obtidas, buscando realçar e visualizar as unidades litológicas e estruturas da área de estudo. A subtração das bandas 4 e 2 OLI realçou solos ricos em óxidos de ferro oriundos do intemperismo das lentes de anfíbolito. A composição colorida RGB 543 OLI e composição RGB, onde a PC3-OLI2567 no canal do vermelho, PC1 e PC4- OLI2456, nos canais do verde e azul respectivamente, destacaram estruturas com trend principal N-S da área de estudo. Foram realizadas visitas técnicas ao campo para aquisição de dados que serviram para validar as informações obtidas das imagens Landsat 8.

**Palavras-chave:** Sensoriamento remoto, Landsat 8, processamento de imagens, Domínio Ceará Central.

**Abstract:** *This study aimed in the use of digital processing techniques of remote sensing images, color composite RGB, bands subtraction and Principal Component Analysis - PCA (Crósta Technique) in scenes of OLI sensor, satellite Landsat 8, to assist in geological mapping, lithology identification and structure enhancement. The study area is located in the town of Canindé, inserted in Ceará Central Domain (nearchans rocks to paleoproterozoic), located in the tectonic context of the northern portion of Borborema*

<sup>1</sup> Graduação em Geologia – Universidade Federal do Ceará

<sup>2</sup> Pós-graduação em Geologia – Universidade Federal do Ceará

<sup>3</sup> Laboratório de Geoprocessamento - GEOCE - Universidade Federal do Ceará

Autor para correspondência: Mateus de Paula Miranda

Departamento de Geologia - Universidade Federal do Ceará, Campus Universitário do Pici, Bloco 921 - Fortaleza-CE. Email: mateuspmiranda@gmail.com

Recebido durante o XXVI SGNE 2015 / Aceito em 20 de Maio de 2016.

*Province. The Principal Components Analysis was used in this study to determine and reduce the correlation between the bands of visible (VIS) and short waves infrared (SWIR), of the scene WRS 217/63. The eigenvalues and the eigenvectors were calculated enabling to choose the best RGB compositions, applied on acquired bands, with the aim to highlight and visualize lithological units and structures of the study area. Subtraction of the bands 4 and 2 OLI stressed soils rich in iron oxides derived from the weathering of migmatites and amphibolite lenses. The color composite RGB 543 OLI and RGB composition where the PC3 -OLI 2567 in the red channel, PC1 and PC4-OLI 2456 in the green and blue channels respectively, highlighted structures NS main trend of the study area. Technical field trips had been proceeded for data acquisition and to confirm the information provided by Landsat 8 images.*

*Keywords: Remoto sensing, Landsat 8, Image processing, Ceara Central Domain*

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de imagens de sensoriamento remoto aliadas às técnicas de processamento digital de imagens (PDI) é de grande importância para otimizar o trabalho de mapeamento geológico, uma vez que possibilita uma enorme variedade de análises espaciais e temporais, gerando grande quantidade de informações sobre a área de estudo, mesmo antes dos trabalhos em campo.

As imagens de satélites vêm sendo utilizadas para análise de superfícies por apresentarem diferentes bandas do espectro visível (VIS) e do infravermelho de ondas curtas (SWIR). Desse modo, apresentam uma ampla gama de características de terrenos e uma alta resolução espacial. As imagens empregadas nesse trabalho são do sensor OLI do satélite Landsat 8, que podem ser adquiridas gratuitamente pelo USGS (U.S. Geological Survey), NASA (National Aeronautics and Space Administration) e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Devido ao fato do Landsat 8 ser um sistema multiespectral, produz uma imagem de uma mesma superfície tomada com diferentes comprimentos de ondas do espectro eletromagnético. Devido à grande quantidade de dados acaba-se tendo um produto com um

elevado volume de informações repetidas, que podem sobrepor alguma informação que seja de interesse do usuário. Para reduzirmos a redundância de informações é necessário o uso de técnicas de tratamento de dados de imagem de sensoriamento remoto para se obter um melhor realce desses dados.

A Análise por Principais Componentes (APC), também chamada de Transformação por Principais Componentes ou Transformada de Karhunen-Loève (K-L), é uma das funções de processamento de imagens mais poderosas na manipulação de dados multiespectrais, cuja a principal função é determinar a correlação entre as bandas multiespectrais e, através de uma transformação matemática apropriada, removê-la (CRÓSTA 1992).

## 2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo (Figura1) possui 96km<sup>2</sup> de extensão, e está localizada na porção central do Estado do Ceará, no município de Canindé, próximo da localidade de Monte Alegre.

Está inserida na Folha Canindé SB.24-V-B-III, 1:100000. Seu principal tronco rodoviário de acesso é a BR-020.

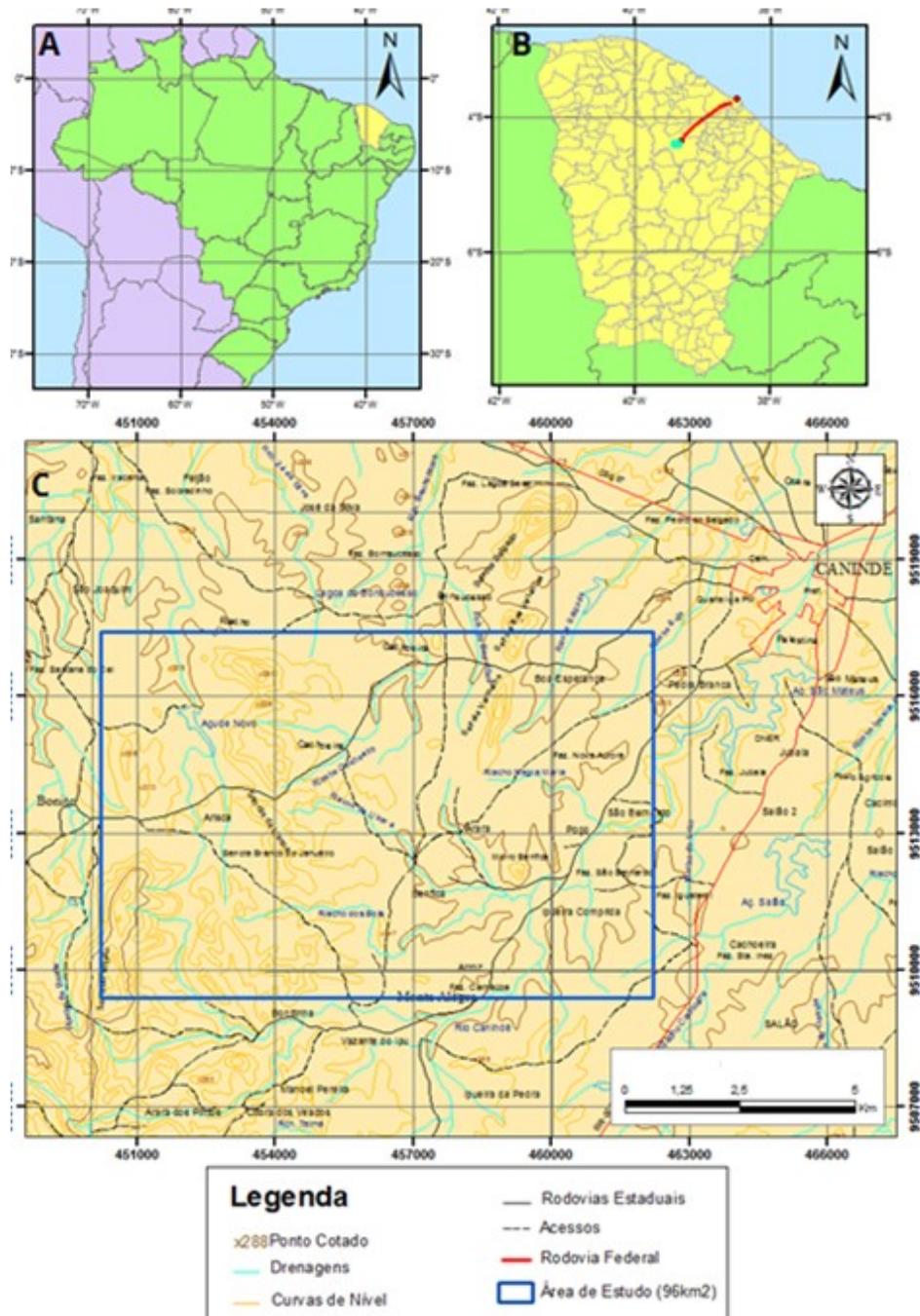


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

### 3. ARCABOUÇO GEOLÓGICO REGIONAL

A área de estudo está localizada, do ponto de vista geológico, no Domínio Ceará Central (DCC), situado na porção setentrional (Figura 2) da Província Borborema (ALMEIDA *et al.*, 1977; CASTRO, 2012). Esta última representa o extremo nordeste da Plataforma Sulamericana, sendo caracterizada por

atividade tectônica intensa ao final do Proterozóico, consequência de colisão continental durante o Ciclo Brasileiro Pan-Africano (600-550 Ma) envolvendo os crátons São Luís-Oeste África e São Francisco-Congo. A divisão desse domínio é realizada em cinco conjuntos: embasamento policíclico, coberturas

metassedimentares monocíclicas.

Essas coberturas correspondem à uma sequência descontínua de coberturas metassedimentares, de idades que variam do Arqueano ao Neoproterozoico e metamorfisadas na orogenia Brasileira (ARTHAUD, 2007). O conjunto dessas sequências é denominado Grupo Ceará. A divisão é realizada por ocorrência geográfica, em quatro unidades de características semelhantes: Independência, Canindé,

Quixeramobim e Arneiroz (CAVALCANTE et al., 2003; ARTHAUD, 2007).

As unidades são constituídas por xistos, anfibolitos, gnaisses pelíticos ou semipelíticos e em menor quantidade encontra-se quartzitos, mármore, rochas calcissilicáticas, metagrauvacas e leucognaisses finos. Os litotipos passaram por deformação no fácies anfibolito alto, o que gerou foliação de baixo ângulo, verticalizadas próximo das zonas de transcorrência dúctil (ARTHAUD, 2007).

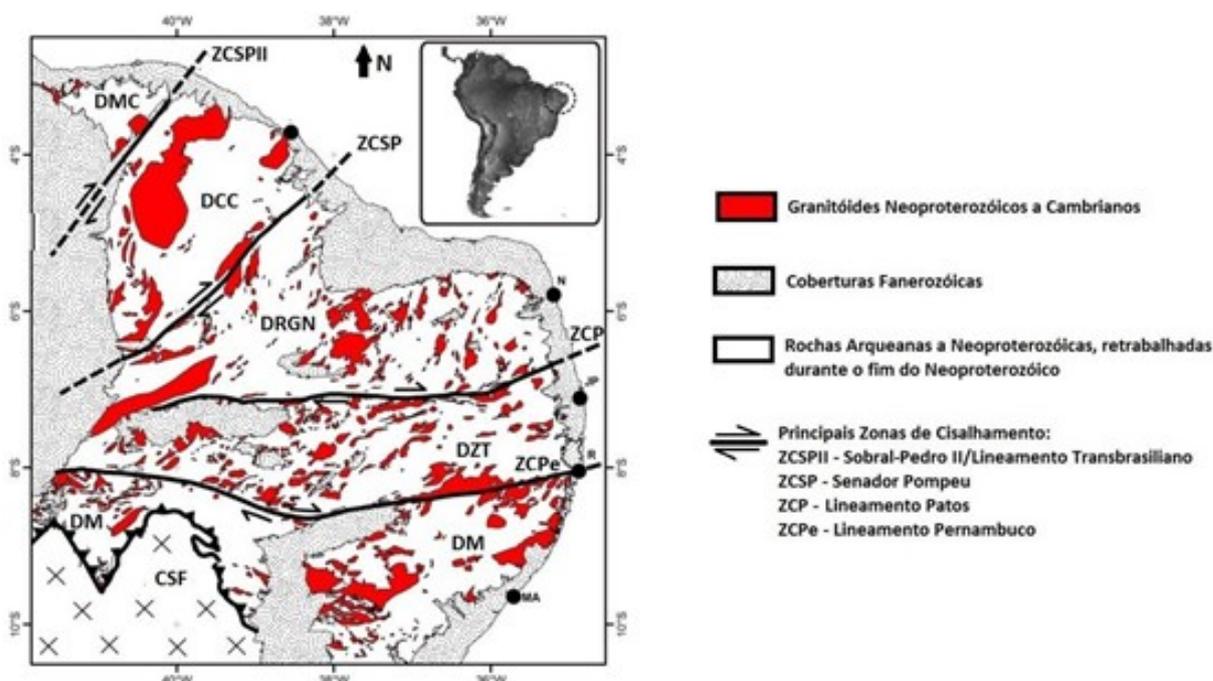


Figura 2 - Compartimentação tectônica da Província Borborema Fonte: Modificado de Castro (2012).

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizadas as imagens digitais do Landsat-8/OLI obtidas gratuitamente no site do USGS <http://earthexplorer.usgs.gov/> e que correspondem a órbita 217 / ponto 63. As imagens foram obtidas no dia 24 de agosto de 2015, durante a época da seca que ocorre na região entre os meses de maio a setembro, visando uma menor cobertura vegetal e maior exposição do solo.

Os softwares empregados foram o ENVI 4.8 e ArcGis 10.2. No ENVI foi

realizado o processamento digital das imagens e gerada as imagens das PCs. O Arcgis foi utilizado para visualizar e delimitar áreas de interesse sobre as imagens processadas.

Dentre as onze bandas espectrais obtidas pelo sensor orbital apenas as seis bandas foram analisadas neste trabalho. As bandas do sensor OLI utilizadas abrangem as faixas espectrais do visível (bandas 2, 3 e 4), infravermelho próximo (banda 5) e infravermelho de ondas curtas (bandas 6 e 7). A banda 1 não foi

utilizada pois ela é a banda do ultra azul cuja característica é possuir alta penetrabilidade em corpos d'água, usada mais em regiões costeiras. A banda 8 é a pancromática, possui uma maior resolução espectral que as outras a bandas, devido ao caráter regional desse estudo não foi utilizada nas análises. A banda 9 do sensor OLI (Cirrus) utilizada em detecção de nuvens. E as bandas 10 e 11 são do infravermelho termal (TIRS). Foram aplicadas técnicas de composição colorida (RGB), operação aritmética de subtração das bandas espectrais e Técnica Crósta (CRÓSTA e MOORE, 1989) nas bandas selecionadas do sensor OLI (2,3,4,5,6 e 7).

O sistema RGB está fundamentado na visão humana, que é sensível aos comprimentos de ondas das radiações eletromagnéticas na região do vermelho, do verde e do azul. Esse espaço baseia-se na adição de um triplete de bandas, às quais são associados livremente os canais azul, verde e vermelho, sendo assim possível obter diversas tonalidades de cores. Em PDI adiciona-se bandas de sensores multiespectrais nos canais do vermelho, verde e azul, com base na característica espectral de cada banda afim de realçar diferentes alvos na superfície terrestre. (MENEZES e ALMEIDA, 2012) A operação aritmética de subtração compreende a exclusão dos dados correlacionáveis observados entre duas ou mais imagens digitais utilizadas, nas quais as características diferenciais entre

as imagens são ressaltadas. A Técnica Crósta tem com base na análise estatística da covariância de autovetores das bandas espectrais são selecionadas as PCs com maior número de informações relacionadas com as assinaturas espectrais das áreas alvos.

Para a seleção das bandas utilizadas na formação das PCs, foi analisado os dados estatísticos apresentados na Tabela 1 correspondente a matriz de correlação entre as bandas, mostra o grau de inter-relacionamento entre elas. A partir da Tabela 1 foram selecionadas as bandas que possuem menor correlação espectral entre si (LOUGHLIN, 1991; GUPTA *et al.*, 2013; ). A banda 5 possui baixa correlação com as bandas 2, 4, 6 e 7.

Após esse processo foram geradas as PCs e analisadas a partir de autovetores. Os valores apresentados na matriz de autovetores variam de 1 à -1, onde o quanto mais próximo o valor está de 1 ou -1 maior será a contribuição da banda na PC. Conhecendo-se esses parâmetros, pode-se comparar com as curvas espectrais de materiais conhecidos (por exemplo, vegetação, água, diferentes tipos de solos e rochas, etc), determinando-se assim com um grau razoável de certeza em qual(is) PC(s) a informação espectral desejada irá ser concentrada (CRÓSTA, 1992). Sabe-se que com imagem multiespectral não dá para fazer uma comparação direta, precisa, curva a curva espectral com qualquer um dos minerais conhecidos,

Tabela 1 - Matriz de correlação entre as bandas 2,3,4,5,6 e 7 do sensor OLI para a cena empregada.

Correlação	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7
Banda 2	1.000000					
Banda 3	0.964390	1.000000				
Banda 4	0.938249	0.971091	1.000000			
Banda 5	0.723013	0.820747	0.783126	1.000000		
Banda 6	0.791340	0.794535	0.850954	0.705681	1.000000	
Banda 7	0.845891	0.864332	0.915526	0.678860	0.956252	1.000000

devido à baixa resolução espectral desse tipo de sensor. Desse modo, com base nas estatísticas das bandas da Tabela 1 foram geradas três APC em três conjuntos de bandas, um com as quatro bandas selecionadas OLI 2, 5, 6 e 7 para realce de argilominerais hidratados. O segundo grupo com as bandas OLI 2, 4, 5 e 6, para realce de óxidos e hidróxidos de ferro. E terceiro grupo com as 6 bandas do sensor OLI.

As imagens processadas foram comparadas com os dados obtidos a partir do mapeamento geológico realizado por Almeida e Lopes (2016).

## 5. RESULTADO E DISCUSSÃO

A técnica de composição colorida

RGB não gerou bom realce entre os contatos das litologias da área de estudo, mas foi possível destacar outros tipos de alvos. Utilizando as bandas 5 no canal do vermelho, 4 no canal do verde e 2 no canal do azul. Desse modo, foi possível realçar a vegetação ciliar em vermelho, associada a reposta espectral da vegetação que acompanha as principais drenagens e corpos d'água da área. Áreas descampadas referente a ação antrópica apresentam tons de azul e estão dispostas principalmente a nordeste que representa a localidade de Boa Esperança mais a norte e a Fazenda São Bernardo a sudeste (Figura 3).

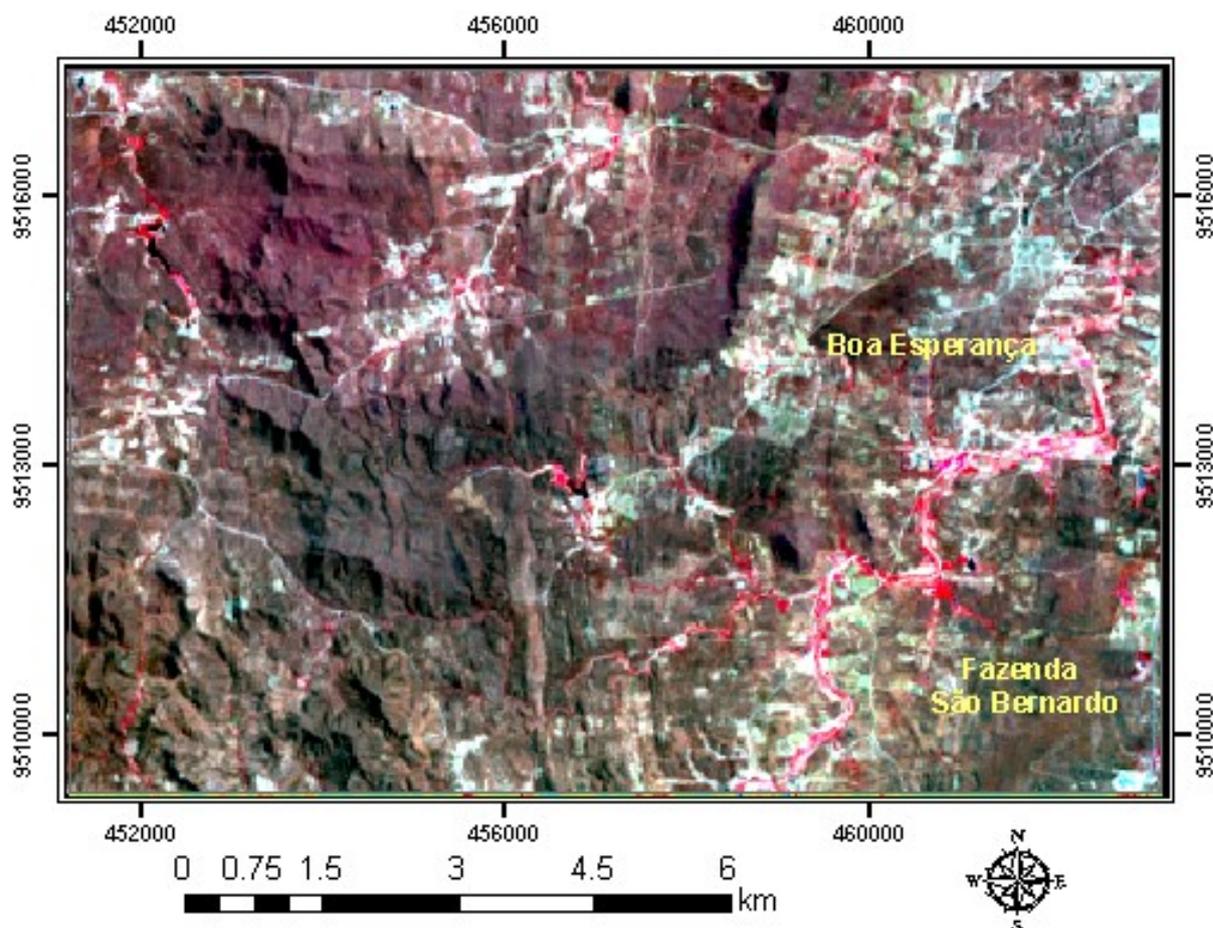


Figura 3 - Composição colorida R5 G4 B3, da área de estudo, destacando a vegetação ciliar em vermelho e áreas descampadas em azul.

A Figura 4 apresenta a subtração de bandas 4-2 em pseudocor, destaca corpos ricos em óxidos e hidróxidos de ferro (vermelho) que se encontram distribuídos amplamente pela área de estudo. São solos avermelhados resultantes da alteração dos metaxitos, principal litologia da área, e/ou lentes de anfibólitos que se encontram distribuídas na área de estudo. Esse realce é obtido pois os minerais formados por óxidos de ferro exibem alta reflectância no vermelho (banda 4) e baixa no azul (banda 2).

A Figura 5 apresenta uma foto tirada em campo, apresentando o ponto controle marcado na Figura 4, onde é

possível identificar uma estrada carroçável com solo avermelhado resultante da alteração de metaxitos e/ou anfibólitos.

A partir da rotação das bandas 2,5,6 e 7, foi gerada as PCs, para realçar argilominerais, cuja matriz de autovetores está apresentada na Tabela 2. As bandas OLI 2 e 3 foram omitidas para evitar mapeamento de óxidos. A primeira Componente Principal Componente (PC 1) da APC possui cerca de 90% da variância das bandas de cada conjunto. É nesta PC onde são observados o albedo e o sombreamento topográfico. A vegetação é realçada na PC 2, porque

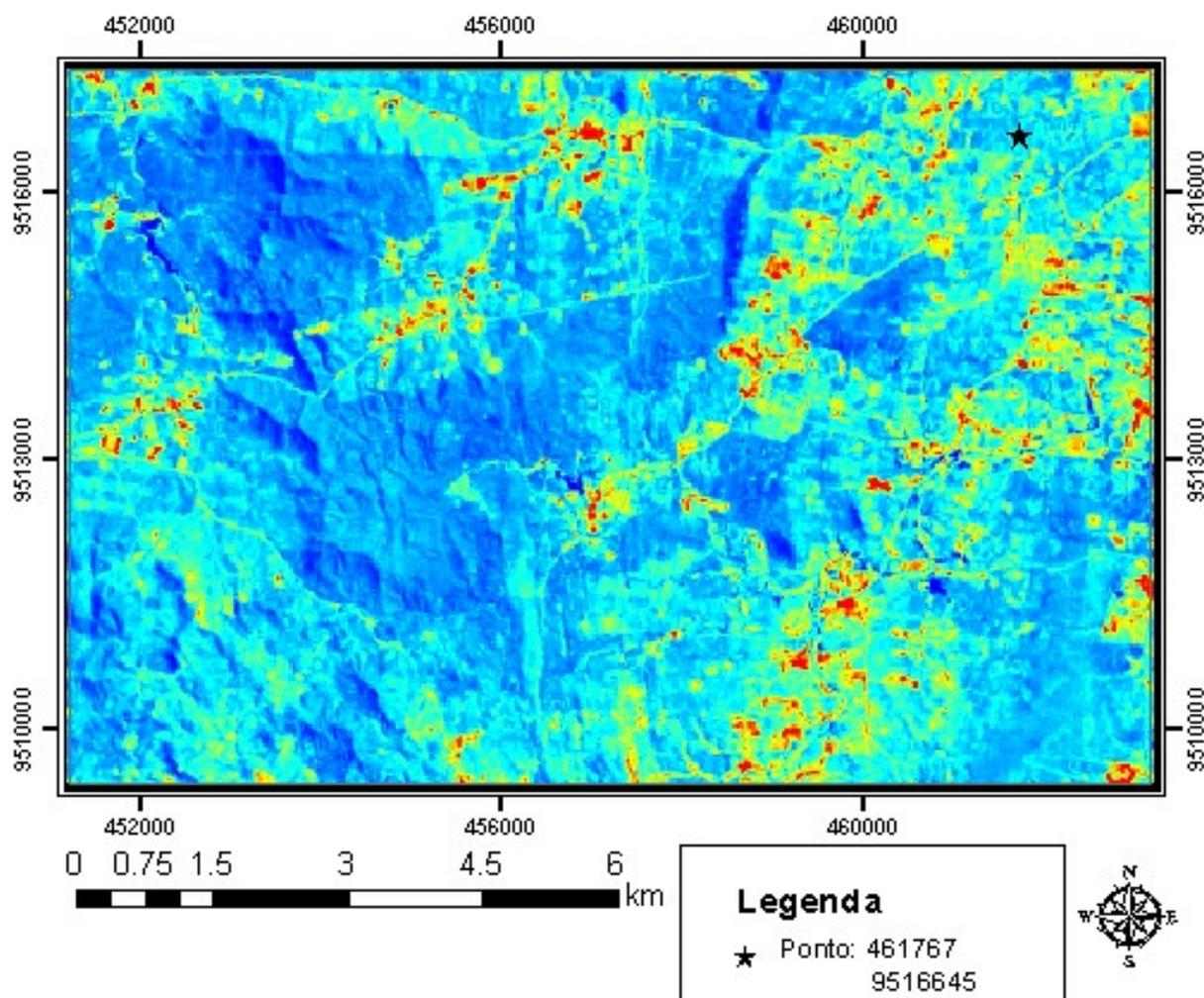


Figura 4 - Imagem apresentando a subtração 4-2 das bandas do sensor OLI, realçando solos ricos em material ferruginoso distribuídos na área de estudo. O ponto marcado a imagem é referente ao ponto controle de campo em que apresenta solo avermelhado.

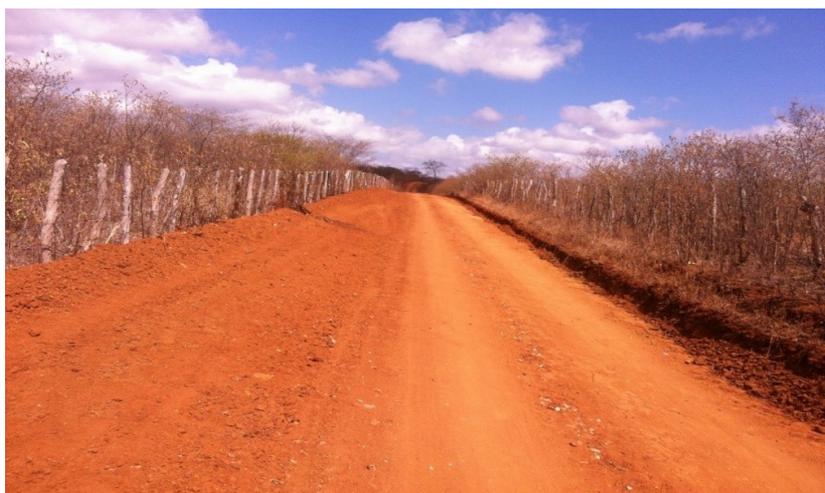


Figura 5 - Solo avermelhado resultante da alteração dos metatexitos a anfibólito. Coordenadas UTM. x:441767 y:9516645, SAD-69, Z 24S.

Tabela 2 - Tabela com a matriz de autovetores referente as bandas 2, 5, 6 e 7 OLI.

Autovetor	Banda 2	Banda 5	Banda 6	Banda 7
PC1	0.898895	0.132087	-0.417454	-0.016509
PC2	0.131214	-0.990454	-0.029662	-0.030052
PC3	-0.148646	-0.036503	-0.367897	0.917183
PC4	0.390736	0.014851	0.830364	0.396989

esta componente possui uma forte contribuição negativa (-0.99) da banda 5 (VNIR), no entanto seria realçada em tons escuros, devido o sinal negativo. A PC 3 tem contribuição de (0.91) da banda 7 (SWIR), por isso poderia realçar minerais de alteração hidrotermal em pixels escuros. A PC 4 possui uma forte contribuição (0,83) da banda 6 (SWIR), apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.

O segundo grupo foi gerado com a rotação das bandas 2, 4, 5 e 6 OLI, para realçar óxidos e hidróxidos de ferro, cuja matriz de autovetores está apresentada na Tabela 3. Nesse grupo, uma banda do infravermelho médio (OLI 7) foi omitida para evitar mapeamento de hidroxilas. Como dito no parágrafo anterior, a PC1 possui cerca de 90% da variância das bandas de cada conjunto. A PC2 possui forte contribuição com a banda 4 OLI, nela a vegetação apresenta grande absorção o que gera forte contraste com

o solo exposto. A PC 5 possui baixa contribuição de todas as bandas utilizadas, a que contribuiu melhor (-0.61) para gerar essa PC foi a banda 5 OLI, mas ainda sim uma baixa contribuição, já PC 4 possui forte contribuição (0.82) da banda 6 OLI.

A Figura 6 apresenta a aplicação da Técnica Crósta com a composição em RGB onde a PC 3 - OLI 2456 no canal do vermelho, PC 1 - OLI 2567 no canal do verde e PC 4 - OLI 2567 no canal do azul, sobreposta a PC 1 referente a rotação das seis bandas do sensor OLI, sendo elas 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Observa-se áreas com tons alaranjados indicando presença de minerais argilosos. As áreas em tons azulado e verde representam solos ricos em óxidos e hidróxidos de ferro oriundos do intemperismo de migmatitos e anfibólitos. Com a adição da PC 1 - OLI 2, 3, 4, 5, 6 e 7, pode-se destacar a foliação (Sn) é definida por uma orientação N-S. A porção central da área, é marcada por um lineamento que se interpretou como uma zona de cisalhamento.

Tabela 3 - Tabela com a matriz de autovetores referente as bandas 2, 4, 5 e 6 OLI.

Autovetor	Banda 2	Banda 4	Banda 5	Banda 6
PC 1	0.861054	-0.097366	0.497562	-0.039223
PC 2	-0.152890	0.883667	0.440646	0.039856
PC 3	0.374179	0.396982	-0.614753	-0.569626
PC 4	0.308547	0.228163	-0.424666	0.820000

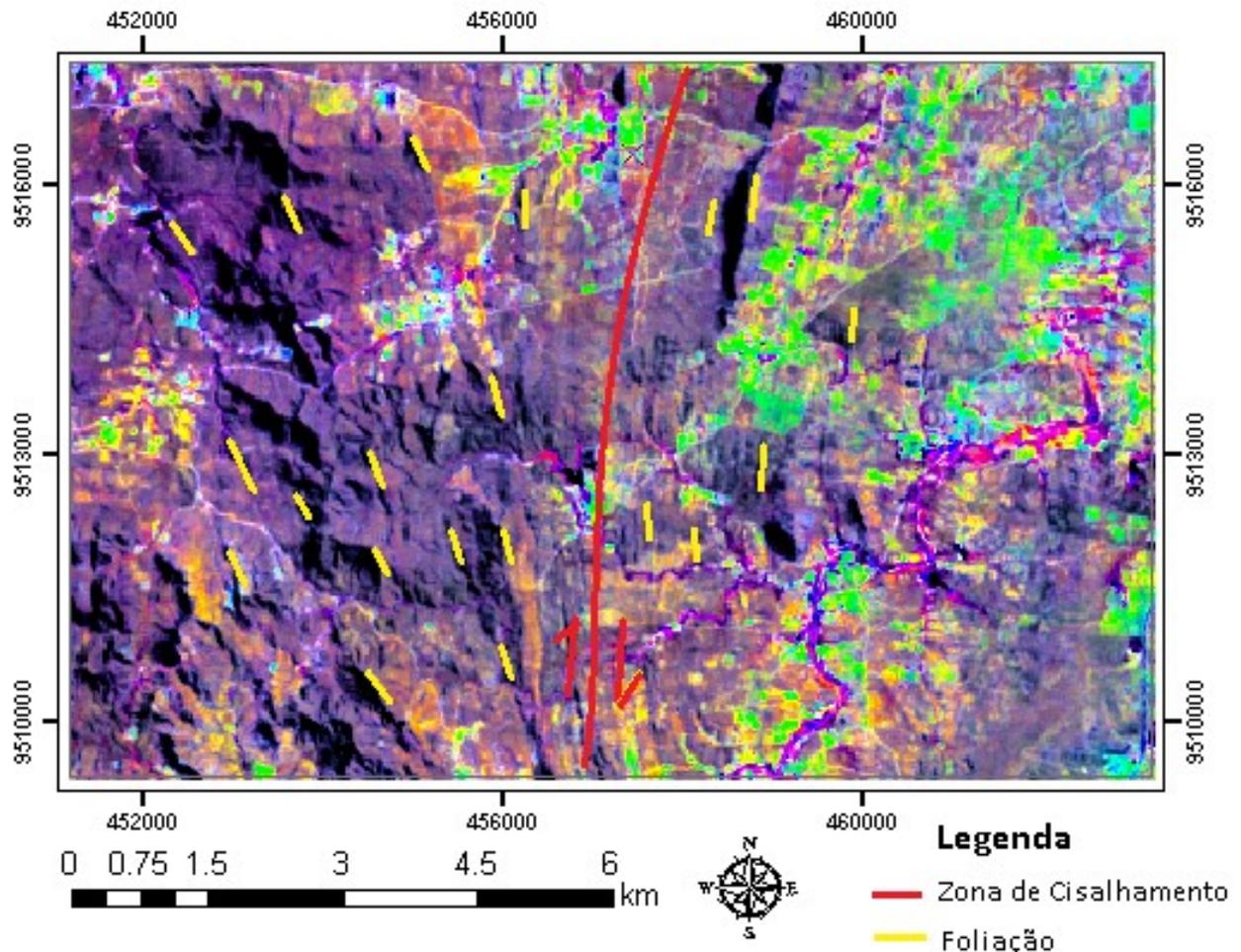


Figura 6 - Composição RGB, onde a PC3-OLI2567 no canal do vermelho, PC1 e PC4 - OLI2456, nos canais do verde e azul respectivamente.

## 6. CONCLUSÃO

A área de estudo é composta quase em sua totalidade por rochas migmatíticas (metatexitos e diatexitos). Por serem rochas de difícil separação mesmo em campo e as lentes de anfibolito serem escassas, aliado ao fato do Landsat 8 possuir uma resolução espectral relativamente baixa, a aplicação

da técnica de PDI (composições coloridas RGB, subtração de bandas) e técnica Crósta foram comprometidas no quesito separação litológica. A subtração das bandas 4 e 2 OLI realçou solos ricos em óxidos de ferro oriundos da alteração dos metatexitos, principal litologia da área, e/ou lentes de anfibolitos que se encontram

distribuídas na área de estudo. No quesito estrutural a composição colorida RGB 543 OLI e composição RGB, onde a PC3- OLI2567 no canal do vermelho, PC1 e PC4- OLI2456, nos canais do verde e azul respectivamente, destacaram estruturas com trend principal N-S da área de estudo. Para fins de mapeamento regional pré-campo, que foi o objetivo principal do trabalho, a aplicação de técnicas de PDI em imagens Landsat 8 OLI se mostrou satisfatória mesmo com a disposição litológica da área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; NEVES, B.B.B. & FUCK, R. A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 8, Campina Grande, 1977. Bol. Esp, Campina Grande: SBG.
- ALMEIDA, M.P.P.M.; LOPES, J.P.F. Mapeamento Geológico de parte da Unidade Canindé e da Unidade Independência no distrito de São Bernardo, Município de Canindé – CE. 2015. 74 f. Monografia (Graduação) - Curso de Geologia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
- ARTHAUD, M. H. Evolução neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação a colisão continental brasileira. Tese de doutorado N°081. Instituto de Geociências (IG), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, DF. 2007.
- CASTRO, N.A.; DE ARAUJO, C.S E.G.; BASEI, M.A.S.; OSAKO, L.S.; NUTMAN, A. P.; DUNYI, L. Ordovician A-type granitoid magmatism on the Ceará Central Domain, Borborema Province, NE-Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 36, p. 18-31, 2012.
- CAVALCANTE, J.C.; VASCONCELOS, A.M.; MEDEIROS, M.F.; PAIVA, I.G. 2003. Mapa Geológico do Estado do Ceará (1:500.000) CD-ROM CPRM/MME.
- CRÓSTA, A.P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Instituto de Geociências, Departamento de Metalogênese e Geoquímica. Campinas, SP: IG/Unicamp. 1992. 170p.
- CRÓSTA, A.P. & MOORE, J.M. 1989. Enhancement of Landsat thematic mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State, Brazil. A prospecting case history in greenstone belt terrain. In: VII Thematic Conference on Remote Sensing For Exploration Geology, Calgary, Alberta, Canada, Proceedings, 1173-1187.
- GUPTA, R.P.; TIWARI, R.K.; SAINI, V.; SRIVASTAVA, N. A Simplified Approach for Interpreting Principal Component Images. *Advances in Remote Sensing*, 2013, 2, 111-119.
- LOUGHLIN, W. P. Principal Component Analysis for Alteration Mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 57, No. 9, 1991, pp. 1163-1169.
- MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T. 2012. Introdução ao processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. UNB - Universidade de Brasília; CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Brasília, 2012, 276p. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>.