

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Leonardo Tullio
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

LEONARDO TULLIO

(Organizador)

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A642 Aplicações e princípios do sensoriamento remoto [recurso eletrônico]
/ Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento
remoto; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-54-3

DOI 10.22533/at.ed.543180210

1. Sensoriamento remoto. I. Tullio, Leonardo.

CDD 621.3678

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicações e princípios de Sensoriamento Remoto” aborda em seu primeiro Volume uma apresentação de 21 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área de Sensoriamento Remoto em suas diversas aplicações no meio urbano e rural.

O uso de imagens de satélite através do Sensoriamento Remoto está cada vez mais sendo utilizada para o planejamento e tomada de decisão rápida, visto que, a era tecnológica permite rapidez e confiança nos resultados. Contudo, sua utilização está na dependência de fatores de interação entre ambiente e sensor, que afetam nos produtos finais. Assim, sua qualidade depende de quatro tipos de resolução: temporal; espacial; espectral e radiométrica, que se referem a condição do satélite, isso deve ser levado em consideração no tipo de análise e o que pretende -se analisar.

Em contrapartida, a aquisição de imagens a nível terrestre já é possível com a utilização dos VANTES (Veículo Aéreo não Tripulado), porém fatores afetam seu movimento e resultam em imagens com pouca qualidade, estando diretamente na dependência do tipo de sensores acoplados. A análise por modelos e técnicas computacionais permite melhores e mais confiáveis resultados, que podem expressar a real condição. Porém, índices para comparação de variáveis ainda são desconhecidos e necessitam de trabalhos mais específicos para a geração de mapas interativos e virtuais.

Assim, o Sensoriamento Remoto é atualmente a área que mais cresce, visto a possibilidade da interação e tomada de decisão por meio de imagens e programas computacionais, tornando uma grande ferramenta em diversas áreas de atuação.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas utilize-a de norte para traçar novos rumos para o Sensoriamento Remoto Aplicado.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A DINÂMICA DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO ACRE ENTRE OS ANOS DE 2004 E 2010	
<i>Juliana de Oliveira Tostes</i>	
<i>Márcio Rocha Francelino</i>	
<i>José Francisco de Oliveira Júnior</i>	
<i>Gustavo Bastos Lyra</i>	
CAPÍTULO 2	13
ADEQUAÇÃO DE BANCO DE DADOS E UTILIZAÇÃO DE ATRIBUTO DE HIERARQUIA NA GERAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL	
<i>Júlia Vaz Tostes Miluzzi de Oliveira</i>	
<i>Pedro Sepulveda Neto</i>	
<i>Charles Marques de Souza</i>	
<i>Fausto Weimar Acerbi Junior</i>	
CAPÍTULO 3	25
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE GERAÇÃO DE MDT APLICADO AO PARQUE AMBIENTAL VITÓRIO PIASSA - PR	
<i>Gabriel Roldo Gomes</i>	
<i>João Henrique Ferrarini</i>	
<i>Marcelle Luisa Calegari</i>	
<i>Danielli Batistella</i>	
<i>Priscila da Silva Victorino</i>	
CAPÍTULO 4	34
ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES COM O ZONEAMENTO DO SOLO URBANO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBUÍ, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP.	
<i>Paulo Roberto Belisário</i>	
<i>Maiara Resende Ribeiro</i>	
<i>Mario Valério Filho</i>	
CAPÍTULO 5	44
ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG), NO PERÍODO DE 1986 A 2016	
<i>Joelson de Souza Passos</i>	
<i>Jepherson Correia Sales</i>	
<i>Gabriella Santos Arruda de Lima</i>	
CAPÍTULO 6	57
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA ÁREA URBANA DE UM TRECHO DO RECIFE E REGIÃO METROPOLITANA ATRAVÉS DE ORTOFOTOCARTAS ANTIGAS E IMAGEM DO GOOGLE EARTH	
<i>Leonardo Carlos Barbosa</i>	
<i>Luiz Carlos Barbosa da Silva</i>	
<i>Laízy de Santana Azevedo</i>	
CAPÍTULO 7	66
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE PARTE DE BAIRRO NOVO – OLINDA ENTRE 1986 A 2014 UTILIZANDO ORTOFOTOCARTA E ORTOFOTOS	
<i>Júlio César Albuquerque Simões Belo</i>	
<i>Mirelly de Oliveira Farias</i>	
<i>Carlos Alberto Borba Schuler</i>	

CAPÍTULO 8 75

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DE DUNAS AO LONGO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO NORTE RS VIA DADOS TM LANDSAT 5

Jean Marcel de Almeida Espinoza
Deivid Cristian Leal Alves
João Augusto de Carvalho Ferreira
Jefferson Rodrigues dos Santos
André Bilibio Westphalen
Miguel da Guia Albuquerque

CAPÍTULO 9 83

ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT-8 (OLI)

Rodrigo Moura Pereira
Dayanna Teodoro Quirino
Derblai Casaroli
Lucas Melo Vellame
Delvio Sandri

CAPÍTULO 10 98

ESTUDO DO DESFLORESTAMENTO E QUALIDADE AMBIENTAL A PARTIR DO USO DE TECNOLOGIAS EM SENSORIAMENTO REMOTO

Roberta Monique da Silva Santos
Stiffanny Alexa Saraiva Bezerra
Álefe Lopes Viana
Nelson Felipe de Albuquerque Lins Neto
José Roselito Carmelo da Silva

CAPÍTULO 11 115

EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE VITÓRIA - SEBV E IMPLICAÇÕES PARA O GRADIENTE FLÚVIO-ESTUARINO.

Fernando Jakes Teubner Junior
Gilberto Fonseca Barroso

CAPÍTULO 12 131

ÊXODO RURAL E ESTADO DA VEGETAÇÃO NATIVA: DESENVOLVIMENTO DE UM INDICADOR SOCIOECONÔMICO E VALIDAÇÃO COM IMAGENS DE SATÉLITE NO MUNICÍPIO DE CANGUÇU - RS, BRASIL

Jefferson Rodrigues dos Santos
Júlia Borges Telmo
Lucas Munhoz Caseiro
Jean Marcel de Almeida Espinosa
João Augusto de Carvalho Ferreira

CAPÍTULO 13 142

FRAGILIDADE AMBIENTAL DE UMA MICROBACIA, VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Sérgio Campos
Marcelo Campos
Thyellenn Lopes de Souza
Mateus Campos Leme
Mikael Timóteo Rodrigues

CAPÍTULO 14 152

IMAGEM DE REFLECTÂNCIA DE SUPERFÍCIE USGS COMO REFERÊNCIA PARA COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA

Patricia Michele Pereira Trindade
Dejanina Luderitz Saldanha

<i>Waterloo Pereira Filho</i>	
CAPÍTULO 15	163
INFERÊNCIA DA PROFUNDIDADE DA ZONA EUFÓTICA E DO COEFICIENTE VERTICAL DE ATENUAÇÃO DE LUZ NA ÁGUA DA REPRESA MAUÁ, RIO TIBAGI/PR, A PARTIR DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS LANDSAT-8/OLI	
<i>Adriana Castreghini de Freitas Pereira</i> <i>Paulo Henrique Marques de Castro</i>	
CAPÍTULO 16	174
MODELAGEM DE CORREDORES ÓTIMOS PARA INSTALAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS FERROVIÁRIOS COM O SOFTWARE LIVRE DINÂMICA EGO A PARTIR DE PRODUTOS GRATUITOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	
<i>Felipe Ramos Nabuco de Araújo</i> <i>Jefferson William Lopes Almeida</i> <i>Ítalo Sousa de Sena</i> <i>Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega</i>	
CAPÍTULO 17	187
PLANEJAMENTO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA EM PROJETO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA	
<i>Daniel de Almeida Papa</i> <i>Evandro Orfanó Figueiredo</i> <i>Alexandre Pansini Camargo</i> <i>Luiz Carlos Estraviz Rodriguez</i>	
CAPÍTULO 18	199
RELAÇÃO ENTRE RESPOSTA ESPECTRAL, BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM OCORRÊNCIAS DE CERRADO NA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO PARDO: ESTUDO PRELIMINAR	
<i>Ronaldo Medeiros dos Santos</i> <i>Vinícius Orlandi Barbosa Lima</i> <i>Marcelo Rossi Vicente</i> <i>Talita Moreira Câmara</i> <i>Cecília Cristina Almeida Mendes</i> <i>Diana Marques Silva</i> <i>Gesiane Simara Barbosa</i>	
CAPÍTULO 19	209
SENSORIAMENTO REMOTO NA CULTURA DO ALGODÃO	
<i>Ziany Neiva Brandão</i> <i>João Henrique Zonta</i> <i>Luciano Shozo Shiratsuchi</i>	
CAPÍTULO 20	225
TEMPERATURA DE BRILHO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT-8 NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TIETÊ NO ESTADO DE SÃO PAULO	
<i>Adriana Fantinati Conceição</i> <i>Denivaldo Ferreira de Souza</i> <i>Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero</i> <i>Lindon Fonseca Matias</i>	
CAPÍTULO 21	235
UTILIZAÇÃO DE IMAGENS CCD-CBERS-2B NA ANÁLISE DOS ALINHAMENTOS GEOLÓGICOS DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA BORBOREMA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	
<i>Paulo Sérgio de Rezende Nascimento</i>	
SOBRE O ORGANIZADOR	248

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS CCD-CBERS-2B NA ANÁLISE DOS ALINHAMENTOS GEOLÓGICOS DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA BORBOREMA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Paulo Sérgio de Rezende Nascimento

Universidade Federal de Sergipe, Departamento
de Engenharia Ambiental

Aracaju - Sergipe

RESUMO: Os alinhamentos geológicos refletem as características estruturais de subsuperfície. Essas características são essenciais para os estudos de geologia econômica e são facilmente visualizadas e interpretadas em imagens de satélite. O presente trabalho tem como objetivo a extração e análise dos lineamentos e lineações de relevo e drenagem, utilizando as imagens CCD-CBERS-2B, visando entender o controle estrutural metalogênico na escala de 1:50.000 do Mapa Topográfico de Currais Novos. Esta área encontra-se na parte centro-sul da Mesorregião Central Potiguar, caracterizada economicamente pela mineração, atividade geralmente relacionada ao controle estrutural. As etapas do trabalho foram: criação de um Banco de Dados Georreferenciado; restauração de imagem; transformação por componente principal; extração de alinhamentos de relevo e drenagem; e diagrama de roseta. Após extraídas, as lineações e lineamentos foram interpretados como possíveis sistemas de fraturamento. O estudo das propriedades de alinhamentos caracteriza as zonas homólogas, que indicam diferentes domínios

geológico-estruturais, o que provavelmente influenciou a metalogênese das ocorrências minerais, devido ao controle estrutural.

PALAVRAS-CHAVE: Alinhamento estrutural. Metalogênese. Processamento de imagens. Interpretação visual.

ABSTRACT: Geological alignments reflect the features of the subsurface. These features are essential for studies of economic geology and are likely to be interpreted on satellite images. The present study aims at extracting relief and drainage lineations and lineaments, using the CCD-CBERS-2B images aiming to analyze the structural control metallogenic in the scale of 1:50.000 of Currais Novos Topographic Map. This area is at the central-south part of the Mesoregion Central Potiguar, economically characterized by mining, activity usually related to structural control. The steps of the work were: creation of a georeferenced database; image restoration; transformation through main component; extraction of relief and drainage alignments; and rose diagram. After extracted, the lineations and lineaments were interpreted as possible fracture systems. The study of the properties of alignments characterizes the homologous zones, which indicate different geologic-structural domains, which probably influenced the metallogenesis of mineral occurrences, due to the structural control.

KEYWORDS: Structural alignment. Metallogenesis. Image processing. Visual interpretation.

1 | INTRODUÇÃO

As principais atividades econômicas do Estado do Rio Grande do Norte se concentram, principalmente, na extração e processamento de petróleo, produção de sal marinho, agropecuária, mineração, indústria de cerâmica e turismo. A região semiárida do Seridó possui grande potencial turístico, no entanto, as principais atividades econômicas são a agropecuária e a mineração, fato esse que possibilitou a formação de uma classe trabalhadora denominada de garimpeiros-agricultores. A agricultura de subsistência é atividade realizada durante o período chuvoso entre os meses de janeiro e abril e a garimpagem nos demais meses do ano. A mineração e a garimpagem se constituíram, ao longo das últimas décadas, numa importante fonte de sobrevivência para inúmeras famílias de baixa renda. Assim, o reconhecimento da importância dessas atividades para a região, sobretudo no aspecto social, contribuiu para absorver grande contingente de mão de obra ociosa.

A área de estudo desse trabalho localiza-se na porção centro-sul da Mesorregião Central do semiárido do Estado do Rio Grande do Norte, delimitada pelos paralelos 6°00' a 6°30' de latitude Sul e pelos meridianos 37°00' a 36°30' de longitude Oeste (Figura 1), na região geológica conhecida como Província Pegmatítica Borborema. Nesta província geológica, a produção mineral é de grande importância geoeconômica nacional, regional e local. O acesso à área pela cidade de Natal é feito através da BR 227 e da RN 086. Compreende uma área de 3.064 km², abrangendo 13 municípios potiguares: Acari, Bodó, Caicó, Carnaúba dos Dantas, Cruzetas, Currais Novos, Santa dos Matos, São José do Seridó, São Vicente e Tenente Laurentino Cruz e um município paraibano, Frei Martinho.

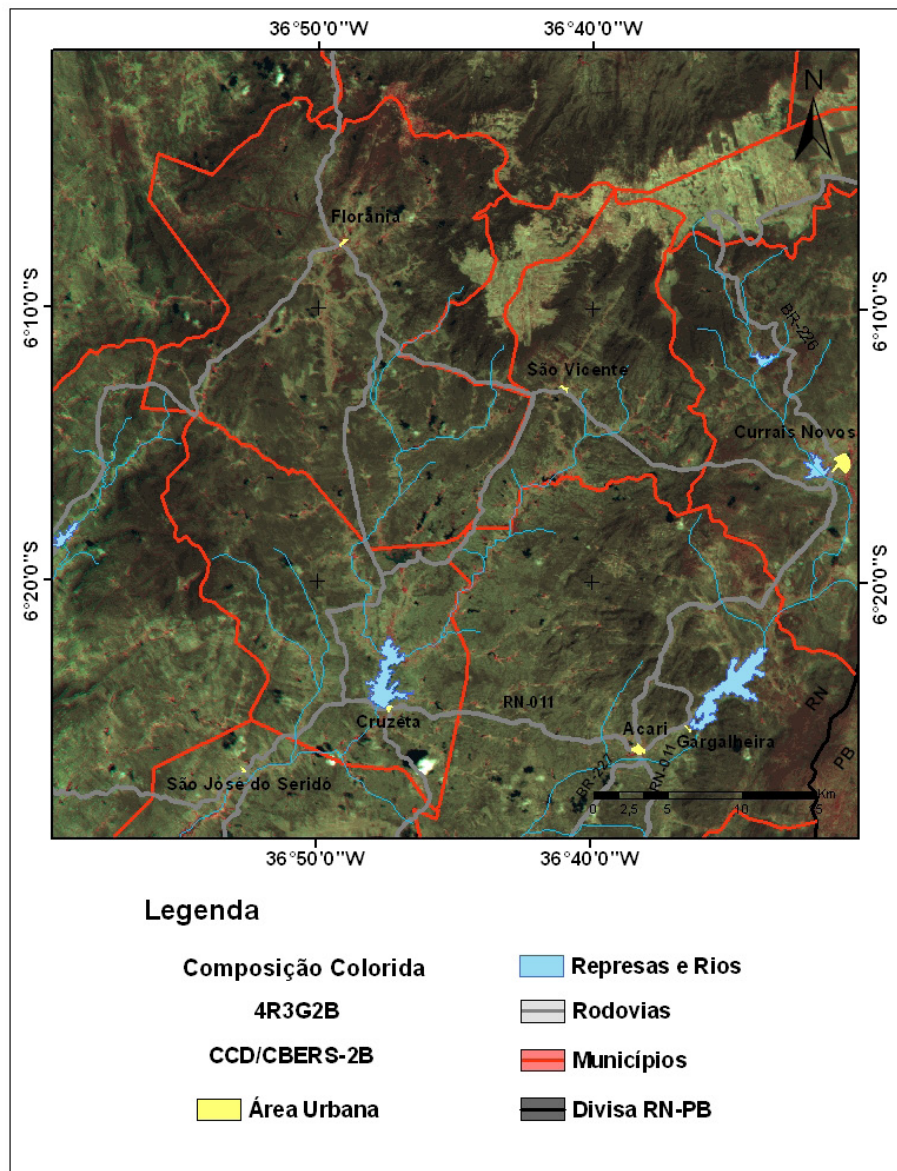


Figura 1: Mapa de localização e acesso à área de estudo.

A mineração na área de estudo é a principal atividade econômica decorrente da vasta gama mineralógica associada aos corpos pegmatíticos, aos demais litotipos e ao controle estrutural. Este controle geológico é advindo da configuração atual definida durante o Ciclo Brasileiro. As feições estruturais decorrentes desse evento geológico são visíveis nos produtos sensorizados remotamente pelas lineações e lineamentos geológicos.

As definições de lineações e lineamentos no contexto geológico são importantes para o entendimento do presente trabalho. O'Leary et al. (1976) define as lineações e lineamentos como alinhamentos estruturais unidimensionais de componentes internos de uma rocha que é exposta a agentes externos. Os componentes que compõem a lineação e o lineamento têm um intervalo de alcance que vai do microscópico ao megascópico e que em qualquer caso, os componentes são partes estruturais distintas e integrais da rocha, não simplesmente características da superfície. Shahabpour (1999) classificou os alinhamentos em principais, intermediários e inexpressivos. Adotou-se nesse trabalho a

classificação de Peter et al. (1986), de acordo com os autores, as lineações são pequenas feições relíneas e/ou curvilíneas de pequenos comprimentos e os lineamentos de maiores comprimentos, ambos visíveis em imagens de satélite.

A análise estrutural de dados de sensoriamento remoto fornece um método de seguro e rápido de avaliar o significado estrutural da metalogênese regional (MIZABABAEI et al., 2016). A análise sistemática morfoestrutural e morfotectônica originou dos estudos desenvolvidos para a interpretação de fotografias aéreas, inicialmente estabelecido por Guy (1966). Os alinhamentos geológicos que expressam os processos morfogênicos estruturais e tectônicos são fotointerpretados como lineações e lineamentos de relevo e de drenagem, feições marcantes em imagens orbitais (VENEZIANI; ANJOS, 1982). Os elementos de relevo e drenagem nas imagens são as menores superfícies contínuas e homogêneas e passíveis de repetição. Esses elementos quando fortemente estruturados são interpretados como estruturas geológicas. Dessa forma, essas estruturas geológicas seguem os conceitos de qualquer feição natural linear ou curvilínea mapeável da superfície terrestre que podem estar relacionadas às falhas, fraturas, xistosidades ou contatos litológicos.

De acordo com CPRM (2006), foram identificadas 118 ocorrências minerais na Folha Currais Novos (SB-24-Z-B-II, escala 1:100.000): scheelita - 47; mármore - 25; berilo/água-marinha - 11; rocha ornamental - 6; barita - 5; ferro - 4; columbita-tantalita - 3; talco - 3; areia - 3; argila - 2; granada - 2; feldspato - 2; amianto - 2; urânio - 1; enxofre - 1 e zircão - 1. Essas ocorrências representam 6% do total cadastrados no Rio Grande do Norte. Os estudos metalogenéticos são guias prospectivos de novas ocorrências, destacando aquelas relacionadas às intrusões de suítes de corpos graníticos brasileiros na área de estudo. Os lineamentos principais são zonas de cisalhamento transcorrentes de direções principais E-W e NNE. O conhecimento mais detalhado do controle estrutural metalogenético das ocorrências minerais é de grande importância na descoberta de novas jazidas minerais, conseqüentemente, ao desenvolvimento socioeconômico local e estadual.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi a extração e a análise dos alinhamentos de relevo e de drenagem, utilizando imagens do sensor CCD do satélite CBERS-2B para entender o controle estrutural relacionado aos processos metalogenéticos da Folha Topográfica Currais Novos, na escala de 1:50.000; cujos produtos cartográficos nessa escala são escassos ou inexistentes no semiárido potiguar.

2 | MATERIAL E MÉTODO

Os materiais utilizados para a extração das lineações e lineamentos de relevo e drenagem foram: Carta Topográfica de Currais Novos na escala 1:100.000 (SB-24-Z-B-II); imagens orbitais CCD-CBERS-2B (órbita/ponto 148/107 datada de 23/02/2008) sem cobertura de nuvens; e o programa computacional de geoprocessamento SPRING

(Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas). As etapas de operacionalização realizadas para atingir o objetivo desse trabalho corresponderam: criação do Banco de Dado Georreferenciado (BDG); Restauração e Registro das imagens; Transformação por Principais Componentes; Extração Manual das Lineações e Lineamentos de Relevo e Drenagem; e Análise Exploratória e Filtragem das Lineações e Lineamentos.

No SPRING, o ambiente de trabalho é organizado de acordo com o esquema conceitual associado às entidades do BDG, indicando para cada tipo de dado geográfico (dado espacial) os seus atributos não espaciais (dados alfanuméricos) e as representações geométricas associadas, ou seja, a definição da estrutura do banco precede a entrada dos dados (CÂMARA et al., 1996). Para se operar no SPRING é necessário definir o esquema físico em que o dado será inserido. Isso significa definir um Banco de Dados, um Projeto, as Categorias e os Planos de Informação (CÂMARA; MEDEIROS, 1996). Nesse sentido, o banco de dados se caracteriza por ser abrangente, pois as informações a serem armazenadas podem ser úteis para outras pesquisas que utilizem total ou parcialmente, os mesmos tipos de informações.

A escala 1:50.000 é a mais adequada para a extração (fotoanálise) de lineações e lineamentos de drenagem ou de relevo em imagens de satélite, pois escalas maiores podem mascarar os grandes alinhamentos e as menores, as pequenas lineações. A elevação solar é outro fator determinante para a identificação dessas feições geológicas. Assim, quanto menor for o ângulo de elevação solar, maior será o sombreamento, formando o elemento fotointerpretativo par luz-sombra, essencial para a visualização dos alinhamentos geológicos estruturais. A superfície em posição perpendicular à incidência da radiação fornece melhor realce de elementos morfoestruturais do relevo, facilitando o registro de lineamentos (QUEIROZ et al., 2000).

2.1 Banco de Dado Georreferenciado (BDG)

Tanto o BDG quanto o projeto foram denominados de Currais Novos com gerenciador SQLite, na projeção UTM/SIRGAS-2000 com meridiano central 24° Oeste, cujo retângulo envolvente da área de estudo possui as coordenadas plano-retangulares: $X_{min} = 721094$ metros, $X_{max} = 776884$ metros e $Y_{max} = 9281031$ metros e $Y_{min} = 9336269$ metros. Apesar da escala da base topográfica adotada ser de 1:100.000, as fotoestruturas geológicas, interpretadas a partir das lineações e lineamentos de relevo e drenagem, foram geradas na escala de 1:50.000, proporcionados pelos procedimentos de restauração de imagens, com resolução espacial dos Planos de Informação (PIs) de 10 metros por 10 metros (SILVA, 2003).

2.2 Restauração das imagens

As bandas 2, 3 e 4 das imagens CCD-CBERS-2B passaram pelo procedimento de restauração para a correção radiométrica e aumento dos tamanhos dos pixels para

10m por 10m, obtendo uma imagem realçada e com o dobro da resolução espacial das imagens originais. Esse procedimento foi realizado em um projeto sem projeção cartográfica para garantir que as mesmas não fossem reamostradas e perdessem suas características originais antes do processo, pois o filtro de restauração é específico, ou seja, de acordo com as características do sensor. Além disso, os dados originais são fundamentais para a interpretação dos alvos terrestres (NOVO, 2011).

2.3 Registro das imagens

Após o procedimento de restauração, as imagens foram registradas ou georreferenciadas para estabelecer uma relação entre as coordenadas linhas e colunas da imagem e as coordenadas geográficas da carta topográfica e inseridas no banco de dados. Tomou-se o cuidado na escolha dos pontos de controle, esses pontos foram espaçados por toda a imagem para evitar distorções e bem definidos tanto na imagem quanto na carta topográfica para se obter uma precisão de acordo com o padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrica Estabelecido (BRASIL, 1996), que no presente trabalho foi de 0,2 pixel.

2.4 Transformação por Componente Principal

Esse procedimento visou à redução da dimensionalidade dos dados e a remoção da redundância de informações, mas, sobretudo, a concentração da informação topográfica total no primeiro principal componente PC_1 (MENESES; ALMEIDA, 2012), sendo, assim, o componente ideal para atingir o objetivo do trabalho, proporcionando maior visualização das estruturas lineares e curvilíneas de relevo e drenagem. As imagens PCs foram geradas a partir das bandas 2, 3 e 4 do sensor CCD do satélite CBERS-2B, pois a banda 1 apresentava muitos ruídos e foi descartada. Posteriormente, a banda monocromática PC_1 foi realçada por contraste linear, que destacou ainda mais as lineações e lineamentos de drenagem e relevo.

2.5 Extração das lineações e lineamentos de drenagem e relevo

O procedimento metodológico adotado para a extração das lineações e lineamentos foi a fotoleitura, que é o reconhecimento e identificação dos elementos das imagens com os objetos correspondentes e sua repartição (SOARES; FIORI, 1976). Esse procedimento é baseado no processo sistemático e lógico de fotointerpretação de imagens de satélites, cuja premissa é que são passíveis de identificação através de produtos de sensoriamento remoto (VENEZIANI; ANJOS, 1982; LIMA, 1995). Para a extração desses alinhamentos geológicos utilizou-se a banda monocromática Principal Componente PC_1 .

2.6 Análise exploratória e filtragem das lineações

Os resultados das análises exploratórias são apresentados em relatórios, que fornecem o número total de lineações e lineamentos, juntamente com seu comprimento total e médio. Outra forma de apresentação dos resultados é por gráficos, assim, os elementos texturais de relevo e drenagem foram analisados por diagrama de roseta, agrupados em intervalos de 10° (concentração relativa). A filtragem das lineações permitiu subdividir as lineações em quatro faixas angulares previamente definidas: N-S, E-W, NE-SW e NW-SE. Esse procedimento permitiu analisar os principais *trends* direcionais e defini-los como prováveis direções para o acúmulo de minerais de interesse econômico (NASCIMENTO, 2003).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2 e 3 apresentam as lineações de relevo e drenagem, respectivamente, sobrepostas à imagem Principal Componente PC₁, sobre a qual essas feições foram extraídas. O total de lineações extraídas foi de 7.671, com 2.060 lineações de drenagem e 5.611 lineações de relevo. Essas direções das lineações de drenagem e relevo são apresentadas por cores diferentes, facilitando tanto a análise das principais direções, quanto a visualização dessas direções. Esse procedimento foi possível pela técnica de filtragem das lineações, rotina disponível no SPRING.

As direções de lineações de drenagem foram definidas em quatro grupos, a saber: (i) N20-70E; (ii) N20-70W; (iii) N70-90E e N70-90W; e (iv) N20E a N20W. O total de lineações para cada grupo foi de 762, 577, 515 e 206, respectivamente. O primeiro e o segundo grupos possuem duas direções principais N50-60E, N30-40E, N60-70W e N20-30W. As direções ortogonais N50-60E/N20-30W e N30-40E/N60-70W indicam um controle estrutural muito forte, principalmente se unirmos também as direções perpendiculares N-S e E-W, mais incipientes, porém não menos significativas geologicamente.

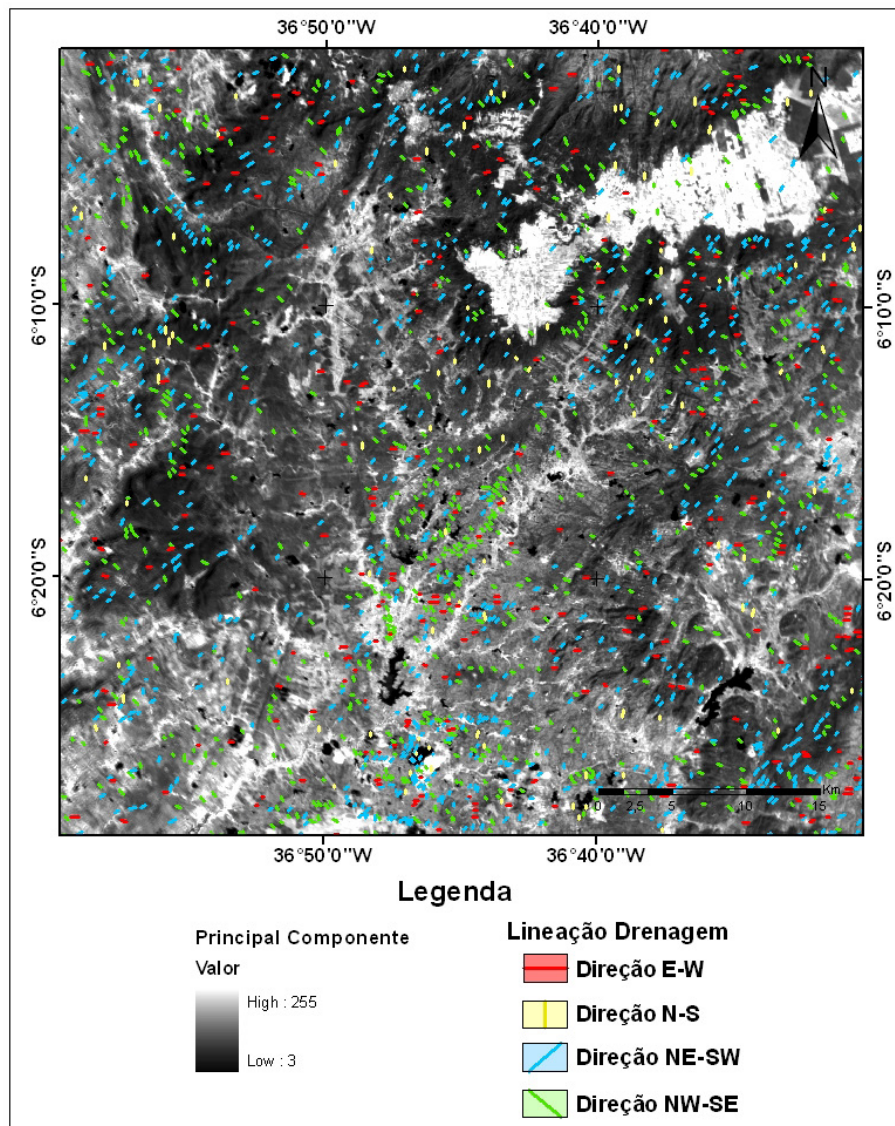


Figura 2: Fotomapa de lineações de drenagem.

Ao analisar as lineações de relevo, é nítida a estruturação tectônica da área de estudo, a qual está em concordância com as zonas de cisalhamento transcorrente da geologia regional da Província Borborema (CPRM, 2006). Das 5.611 lineações de relevo, 2.525 lineações estão concentradas na direção N20-60E; 1.683, na direção E-W; 1.122 em N-S; e 280 em NW. Dessa forma, a grande quantidade de lineação de relevo na direção NE pode significar uma peculiaridade da estruturação tectônica da área de estudo com relação à estruturação tectônica regional, que é essencialmente E-W e N-S. Esse resultado pode significar que o controle metalogenético na área de estudo pode possuir uma particularidade que deve se investigada com trabalhos tradicionais de geologia de campo. É importante ressaltar que somente o contato direto com os afloramentos rochosos permite avaliar o verdadeiro significado geológico das feições extraídas de dados de sensoriamento remoto. Os produtos sensorizados remotamente possibilitam pré-avaliações, minimizando custos e maximizando tempo de trabalho de campo.

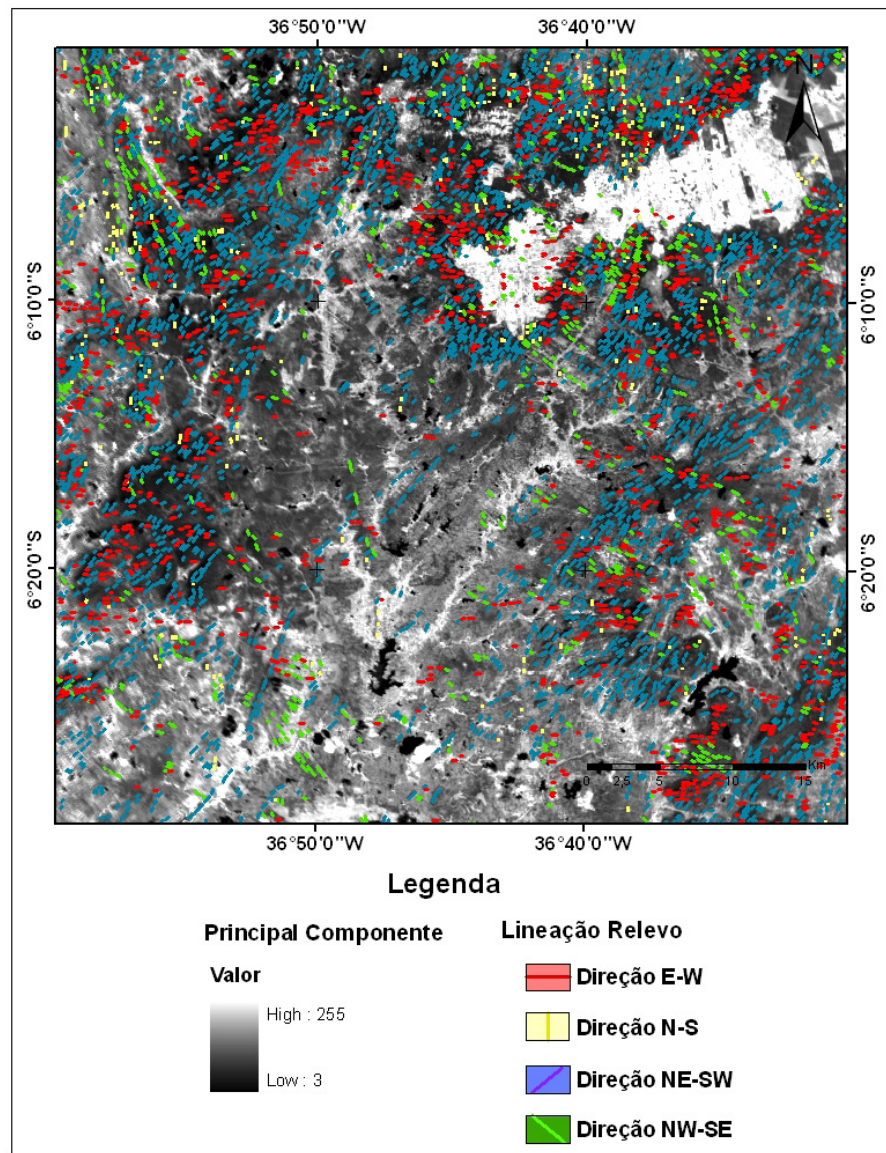


Figura 3: Fotomapa de lineações de relevo.

As principais direções das lineações de drenagem e de relevo evidenciam uma estruturação concordante com a tectônica regional da Província Pegmatítica e ao mesmo tempo, demonstram uma particularidades locais que podem ser visto na figura 4. Na Figura 4a, os principais *trends* das lineações de drenagem são nas direções NE-SW e NW-SE e secundariamente nas direções E-W e N-S, apesar das direções das lineações apresentarem uma certa distribuição homogênea. Na Figura 4b, nota-se que a direção preferencial das lineações de relevo é NE-SW, seguida da direção E-W e por fim, das direções N-S e NW-SE, sendo essa última muito incipiente.

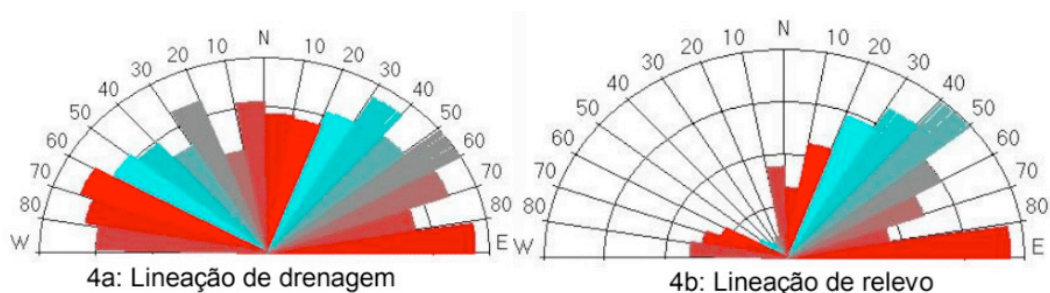


Figura 4: Diagrama de roseta de frequência absoluta das direções das lineações extraídas.

O forte controle estrutural da área de estudo é marcante e claramente visível ao sobrepor na composição colorida falsa-cor 4R/3G/2B das imagens CBERS-2B (Figura 5). Desse modo, na porção superior esquerda, as lineações de drenagens NE são cortadas pelas lineações de relevo NNW. Essas lineações provocaram o encurvamento das lineações NE, que também pode ser observado nas porções inferior esquerda e direita, e superior direita da área de estudo. Nessas porções, a densidade das lineações de relevo NNW é menos significativa, no entanto, o encurvamento das estruturas é marcante. Por outro lado, na porção central, não há evidência da interferência das lineações de relevo NNW, o que explica a sua baixa frequência absoluta (Figura 4b). Dessa forma, pode-se supor um controle rúptil nessa porção e com influência pouco significativa das lineações de relevo NW; em oposição ao comportamento dúctil a rúptil-dúctil e forte influência nas demais porções da área de estudo. Esse controle estrutural é mais bem compreendido ao extrair e interpretar os lineamentos (Figura 6).

Os lineamentos curvilíneos foram aqui interpretados como sistemas de dobramentos (ambiente dúctil), cujos eixos indicam concordância com sistemas de fraturamentos de direções, preferencialmente, NNE e NE, secundariamente, NW. Essa direção também foi interpretada como uma particularidade da área de estudo, pois como já descrito, as zonas de cisalhamento transcorrente regional possuem direções preferenciais E-W e N-S.

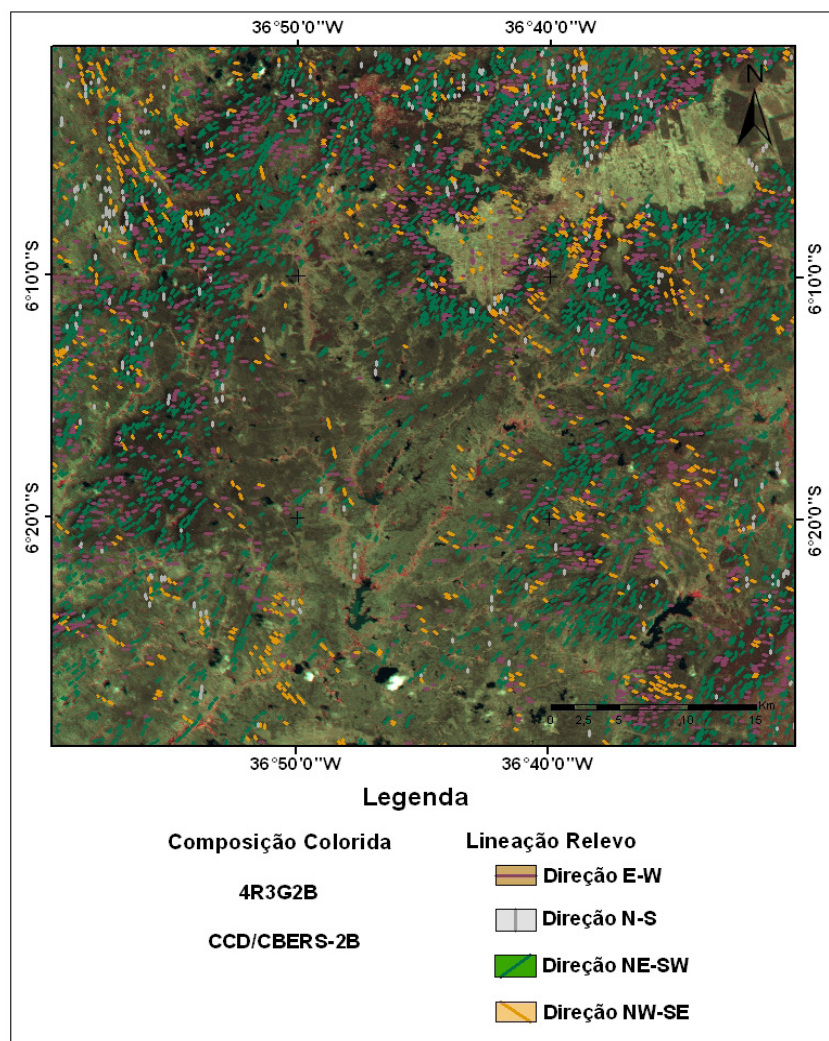


Figura 5: Fotomapa de lineações de relevo e de drenagem.

Ainda não é possível afirmar, mas provavelmente, os regimes dúcteis são mais antigos que os rúpteis, pois esses, em muitos locais, cortam aqueles. As direções NW e NE podem estar relacionadas por movimentos crustais mais recentes (neotectônica), com reativação de antigas estruturas e formando outras novas estruturas. Essa interpretação ou qualquer afirmação neste sentido necessita de verificação em campo. Essa verificação é essencial para analisar se o controle estrutural da área interferiu na geração dos depósitos minerais, como também para elaborar o arcabouço estrutural geológico da área de estudo. Nesse sentido, os resultados obtidos pela análise dos alinhamentos geológicos nas imagens CBERS-2B, especificamente, a primeira principal componente PC_1 , otimizará o tempo e minimizará o custo do trabalho de campo. Este visa realizar a primeira etapa da prospecção e pesquisa mineral, isto é, seleção de áreas promissoras ao jazimento mineral.

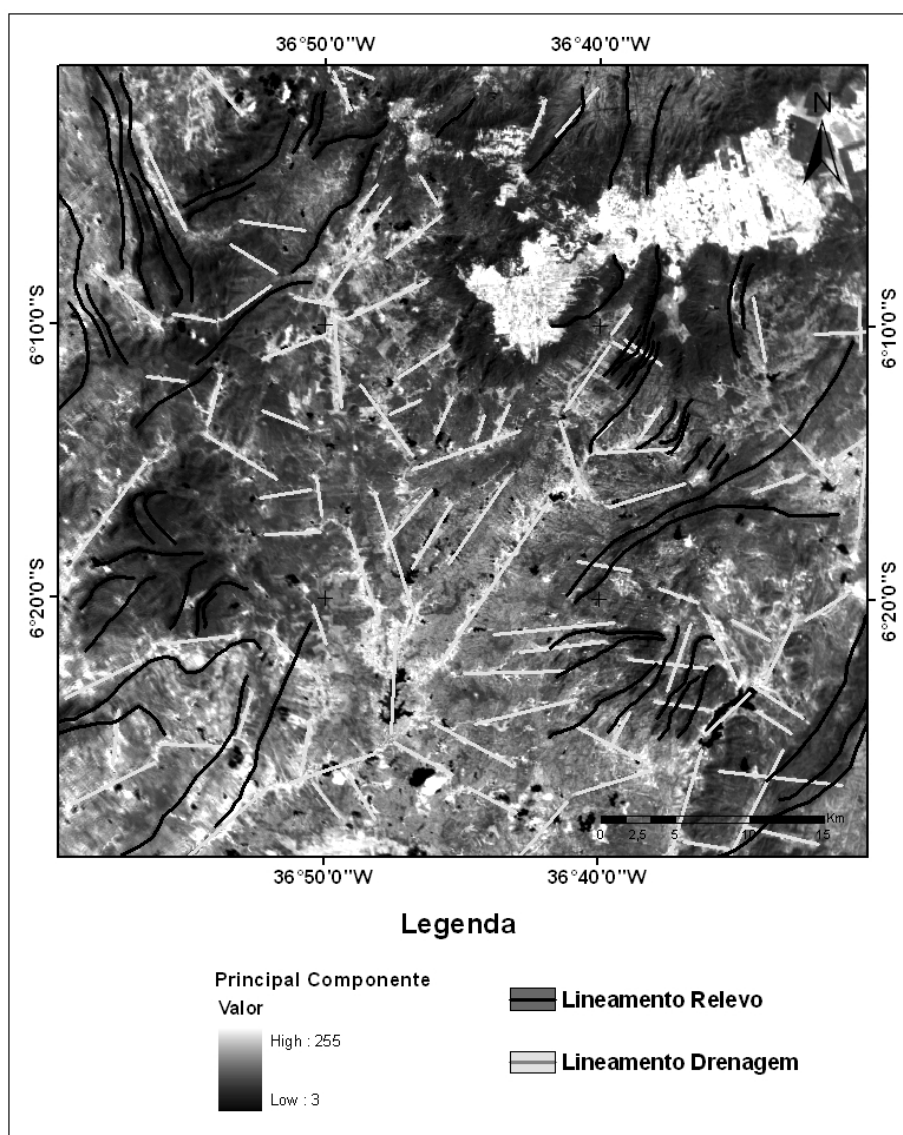


Figura 6: Fotomapa de lineamentos de relevo e de drenagem.

4 | CONCLUSÕES

A extração dos alinhamentos geológicos da primeira principal componente PC₁ das imagens CBERS-2B restauradas para 10mx10m permitiu a elaboração dos fotomapas de lineações e lineamentos de relevo e de drenagem da área de estudo na escala 1:50.000. A identificação das feições texturais lineares e curvilíneas baseou-se nos critérios com conotação geológica, refletindo o comportamento geoestrutural das litologias. A análise dos fotomapas de lineações e lineamentos retilíneos e curvilíneos apresentaram um forte relacionamento com o controle metalogenético na área de estudo, pois associados e/ou superpostos a eles ocorrem variações tanto na porosidade como na permeabilidade, importantes em estudos sobre circulação de fluidos em corpos rochosos e consequente precipitações, formando jazidas minerais.

As feições circulares podem ser interpretadas como ter sido formadas devido ao desenvolvimento dos pontos extensional locais perto da interseção das estruturas lineares em um ambiente regional, tectônico e compressivo. A análise dos fotoalinhamentos geológicos definiu regiões promissoras de jazimentos minerais através da identificação do controle estrutural regional E-W e N-S; e de uma provável estruturação neotectônica local perpendicular NE e NW, principalmente onde as estruturas lineares transectaram as estruturas curvilíneas.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia e Comissão de Cartografia. **Cartografia e aerolevanteamento – legislação**. Brasília, 1996. p.26-27.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1996. 139p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. **SPRING: integrating remote sensing and GIS with object-oriented data modelling**. Computer and Graphics. v.15, n.6, p.13-22, 1996.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte**. Escala 1:500.000. Texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM/SEDEC-RN/FAPERNA, 2006, 119p.

GUY, M. **Quelques principes e quelques experiences sur la methodologie de la photo-interpretation**. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL DE PHOTO-INTERPRETATION, 2, 1966, Paris. Acte... Paris, 1966. Papers, p.21-41.

LIMA, M. J. C. **Introdução à interpretação radargeológica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995, 124p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012. 276p.

MIZABABAEI, G; SHABAHPAIR, J.; ZARASVARDE, A.; HAYATOLGHEYB, S. M. **Structural controls on Cu metallogenesis in the Dehaj área, Kerman Porphyry Copper Belt, Iran: a remote sensing perspective**. Journal of Sciencies, v.2, n.3, p. 253-267, 2016.

NASCIMENTO, P. S. R. **Análise de lineamento da rede de drenagem da Sub-bacia do Baixo Piracicaba no Estado de São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42., 2004, Araxá. Anais... São Paulo: SBG, 2004. Resumos. p184.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2011, 376p.

O'LEARY, D. W.; FRIEDMAN, J. D.; POHN, H. A. **Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms**. Geological Society of America Bulletin, v.87, n.10, 1976, p. 1463-1469.

PETER, K. D.; KOLM, K. .; DOWNEY, J. S.; NICHOLS, T. C. **Lineaments: significance, criteria for determination and varied effects on groundwater systems – A case history in the use of remote sensing**. Geotechnical applications of remote sensing and remote data transmission, v.6, n.37, p. 46-68, 1986.

QUEIROZ, C.L.; MENESES, P.R.; JOST, H. **Lineamentos em imagens de sensores remotos e seu significado estrutural nos terrenos granito-geenstone belt de Crixás (GO)**. Revista Brasileira de Geociências, v. 30, n. 4 p. 655- 662, 2000.

SHAHABPOUR J. **The role of deep structures in the distribution of some major ore deposits in Iran, NE of the Zagros Thrust Zone**. J. Geody, v.28, p. 237–250 (1999).

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003, 236p.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. **Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia**. Notícias Geomorfológicas, v. 6, n.32, p.71-104, 1976.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1982. 54 p. (INPE-2227-MD/014).

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais-CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-54-3



9 788585 107543