

ESTUDO DOS BREJOS DE ALTITUDE ATRAVÉS DA RELAÇÃO ENTRE TIPOS DE QUADRA CHUVOSA E IMAGENS DE SATÉLITE: O CASO DOS MACIÇOS DA ARATANHA, MARANGUAPE, JUÁ E CONCEIÇÃO, CEARÁ, BRASIL

STUDY OF UPLAND FORESTS THROUGH THE RELATIONSHIP BETWEEN THE RAINY SEASON AND SATELLITE IMAGE: THE CASE OF THE MOUNTAINS OF ARATANHA, MARANGUAPE, JUÁ AND CONCEIÇÃO, CEARÁ STATE, BRAZIL

ESTUDIO DE LOS BOSQUES HÚMEDOS A TRAVÉS DE LA RELACIÓN ENTRE LOS TIPOS DE TEMPORADA DE LLUVIA Y IMÁGENES POR SATÉLITE: EL CASO DE LAS MONTAÑAS DE ARATANHA, MARANGUAPE, JUÁ Y CONCEIÇÃO, CEARÁ, BRASIL

Guilherme Marques e SOUZA¹

guilhermesouzabr@gmail.com

Maria Lúcia Brito da CRUZ²

mlbcruz@gmail.com

RESUMO

A atual distribuição dos seres vivos na Terra, principalmente sobre a vegetação, representa o resultado de eventos geológicos e climáticos ocorridos no passado do planeta. O processo de evolução das espécies da flora terrestre possui uma forte relação com os processos geológicos da deriva continental, desenvolvendo-se de pequenos organismos (como os musgos) presentes em ambientes restritos para grandes massas florestais, passando a ocupar extensas áreas continentais. Além disso, as combinações de fatores climáticos, hidrológicos e morfo-pedológicos favoreceram diferentes condições ambientais para a existência de variados domínios florísticos, dentre estes, os redutos florestais. Na região Nordeste do Brasil, onde parte dela é condicionada pelo clima semiárido, existem evidências que comprovam a relação dos fatores ambientais sobre a vegetação local. Identificam-se pequenas áreas de matas úmidas, conhecidas popularmente como brejos de altitude, inseridas em pleno domínio das caatingas. Suas ocorrências estão ligadas aos terrenos de topografia elevada, onde o relevo executa função de barreira aos ventos carregados de umidade, resfriando-se e propiciando a formação de nevoeiros e chuvas. O presente trabalho teve por objetivo verificar as diferentes classificações pluviométricas da região onde se situam as serras da Aratanha, Maranguape, do Juá e Conceição no estado do Ceará comparando-as com a resposta da vegetação através de imagens de satélite. Dessa forma, verificou-se uma grande ligação da pluviometria com a

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará – ProPGeo/UECE. Pesquisador do Laboratório de Geoprocessamento – LABGEO/UECE.

² Docente e coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará – ProPGeo/UECE. Coordenadora do Laboratório de Geoprocessamento – LABGEO/UECE.

vegetação, pois quanto maior é a quantidade de chuva, melhor é a resposta da vegetação na imagem de satélite.

Palavras-chave: redutos florestais, classificações pluviométricas, semiárido, imagens de satélite.

ABSTRACT

The current distribution of organisms on Earth, mainly on vegetation, is the result of geological and climatic events in the past of the planet. The process of evolution of species of terrestrial flora has a strong relationship with the geological processes of continental drift, evolving from small organisms (mosses) present in restricted environments to large forest masses, occupying vast continental areas. In addition, combinations of climatic, hydrological and morpho-pedological factors favored different environmental conditions for the existence of varied floristic areas, among them, forest redoubts. In northeastern Brazil, where part of it is conditioned by the semiarid climate, there is evidence to prove the relationship of environmental factors on the local vegetation. They identify small areas of humid forests, commonly known as upland forests, inserted in the middle of savanic vegetation. Their occurrences are linked to land high topography, where the terrain barrier function performs the moisture-laden winds, cooling down and leading to formation of fog and rain. This study aimed to verify the different classifications of rainfall region where lie the mountains of Aratanha, Maranguape, Juá and Conceição in Ceará State comparing them with the response of vegetation by satellite images. Thus, there was a great connection with the rainfall the vegetation, because the greater the amount of rain, the better the response of the vegetation on the satellite image.

Keywords: forest redoubts, ratings rainfall, semiarid, satellite images.

RESUMEN

La distribución actual de los organismos en la Tierra, principalmente en la vegetación, es el resultado de los acontecimientos geológicos y climáticos en el pasado del planeta. El proceso de evolución de las especies de flora terrestre tiene una fuerte relación con los procesos geológicos de la deriva continental, que evoluciona a partir de organismos pequeños (como los musgos) presentes en entornos restringidos a grandes masas forestales, que ocupan extensas áreas continentales. Además, las combinaciones de factores climáticos, hidrológicos y morfo-edafológicos favorecieron diferentes condiciones ambientales para la existencia de variadas áreas florísticas, entre ellos, los bastiones de los bosques. En el noreste de Brasil, donde parte de ella está condicionada por el clima semiárido, hay pruebas para demostrar la relación de los factores ambientales sobre la vegetación local. Identifican pequeñas áreas de bosques húmedos, comúnmente conocidos como los bosques de tierras altas, colocado al mando de caatingas. Sus apariciones están vinculadas a la tierra alta topografía, donde la función de barrera de terreno realiza los vientos cargados de humedad, enfriamiento y

SOUZA, G.M.e & CRUZ, M.L.B.da. Estudo dos brejos de altitude através da relação entre tipos de quadra chuvosa e imagens de satélite: o caso dos maciços da Aratanha, Maranguape, Juá e Conceição, Ceará, Brasil. Revista GeoUECE - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v. 3, nº5, p. 78-100, jul./dez. 2014. Disponível em <http://seer.uece.br/geouece>

conduce a la formación de la niebla y la lluvia. Este estudio tuvo como objetivo verificar las diferentes clasificaciones de región de lluvias donde se encuentran las montañas de Aratanha, Maranguape, Juá y la Conceição en el estado de Ceará comparándolos con la respuesta de la vegetación mediante imágenes de satélite. Por lo tanto, hubo una gran conexión con la precipitación de la vegetación, ya que cuanto mayor es la cantidad de lluvia, mejor será la respuesta de la vegetación en la imagen satelital.

Palabras clave: reductos forestales, valoraciones de precipitación, semi-árido, imágenes de satélite.

1. INTRODUÇÃO

No semiárido do Nordeste, as condições ambientais estabelecidas estão fortemente ligadas com o clima, sendo este o principal agente modelador e condicionador das paisagens locais.

Uma das formas de se verificar tal ligação é através da sensibilidade que a vegetação das caatingas responde aos padrões hidroclimáticos da região. Por possuir espécies da flora adaptadas à escassez de água, nota-se a mudança no comportamento dessa vegetação em períodos de chuva para períodos de estiagem. Para evitar a morte por desidratação, as plantas, através de um mecanismo biológico, perdem sua folhagem ou parte dela, apresentam troncos e galhos ressequidos e adquirem uma coloração esbranquiçada, modificando assim, completamente a paisagem onde ocorrem. Essa modificação é perceptível no tempo e no espaço e está relacionada diretamente com a quantidade e a distribuição do regime pluviométrico do semiárido.

Ao mesmo tempo, verificam-se também nesse ambiente predominantemente seco, pequenos bolsões de áreas verdes que indicam a presença de florestas plúvio-nebulares. Essas áreas, consideradas de exceção, são mantidas pelos relevos de superfícies mais elevadas, onde executam a função de barreira para os ventos úmidos que pela ação da altitude resfriam-se e propiciam a formação de nevoeiros e chuvas.

A pesquisa teve como objetivo verificar, através de imagens de satélites com diferentes resoluções temporais, tal comportamento da cobertura vegetal

diante dos diferentes regimes pluviométricos da Região Metropolitana de Fortaleza, buscando encontrar e classificar os períodos dos anos de chuva em muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso, de acordo com a classificação estabelecida pelos pesquisadores Terezinha Xavier e Airton Xavier, em 1999, para diferentes regiões do estado do Ceará.

Com base nas estações pluviométricas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), elaborou-se a quantificação do acumulado de precipitação do primeiro semestre de cada ano, sendo possível fazer uma classificação dos anos de chuvas para posterior comparação dos totais pluviométricos com as imagens do satélite LANDSAT-5 disponíveis para *download* no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

De acordo com a classificação de Xavier e Xavier (1999) foram adquiridas cinco cenas 217/63 (ponto/órbita) do LANDSAT-5 nos seguintes anos: 1985, considerado muito chuvoso; 1994, chuvoso; 2004, normal; 1991, seco e 1998, muito seco. Em seguida, realizou-se o processo de composição colorida RGB das bandas e partiu-se para uma análise de interpretação visual dessas imagens.

2. APANHADO TEÓRICO-METODOLÓGICO

2.1 História natural da Mata Atlântica e dos brejos de altitude

Assim como os grandes domínios florestais definidos atualmente no mundo, o surgimento da Mata Atlântica encontrada no Brasil está diretamente ligado à separação dos continentes sul-americano e africano no Mesozoico e as oscilações paleoclimáticas que aconteceram no último período geológico da Terra, o Quaternário.

Para tal explicação, é necessário fazer um apanhado histórico da deriva dos continentes juntamente com a evolução e dispersão das espécies vegetacionais no planeta. Através de registros paleontológicos (testemunhos fósseis) verificados, pode-se obter uma configuração do desenvolvimento das espécies botânicas durante os distintos períodos geológicos, estabelecendo o surgimento, apogeu e decadência dos grandes grupos taxonômicos da vegetação.

SOUZA, G.M.e & CRUZ, M.L.B.da. Estudo dos brejos de altitude através da relação entre tipos de quadra chuvosa e imagens de satélite: o caso dos maciços da Aratanha, Maranguape, Juá e Conceição, Ceará, Brasil. Revista GeoUECE - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v. 3, nº5, p. 78-100, jul./dez. 2014. Disponível em <http://seer.uece.br/geouece>

De acordo com Romariz (2008), esses registros são fundamentais para serem interpretados ou comprovados por diversos campos científicos ligados à compreensão dos estudos paleobotânicos.

Retrocedendo na história geológica da Terra, situando-se na Era Paleozóica a partir do Período Cambriano (600 Milhões de anos), admite-se o surgimento do primeiro grupo evolutivo vegetal, as Briófitas, de acordo com Fernandes (2007). Conforme Raven, Evert e Eichhorn (1996), uma das características principais desse grupo é a reprodução das espécies ocorrer na presença de água e, também, suas espécies não possuem um sistema vascular definido, limitando-as a uma vegetação rasteira.

De acordo com Fernandes (op. cit.) a partir do Devoniano (400 Milhões de anos), verifica-se o apogeu das Pteridófitas e a predominância dessas espécies em áreas continentais, marcando a passagem da reprodução das plantas em meio aquático para o terrestre. Também representam os ancestrais do grupo produtor de sementes, as Gimnospermas (Permiano, de 300 a 250 Milhões de anos).

A partir da Era Mesozóica, no Período Jurássico (200 Milhões de anos) a Terra se dividia em dois supercontinentes: um setentrional denominado de Laurásia, que compreendia a América do Norte, Europa e Ásia; e outro meridional chamado de Gonduana, que contemplava a América do Sul, África, Antártica, Austrália e Índia. Para Fernandes (2007) verificava-se sobre a superfície desses dois conjuntos continentais a predominância das Gimnospermas, que no Gonduana ocorria a paleoflora *Glossopteris-Gangamopteris* em uma considerável faixa larga e contínua.

Ainda, de acordo com autor, no final do Jurássico, o supercontinente Gonduana, sob efeito de um clima temperado-quente ou tropical e úmido, passou por uma ampla variação ecológica favorável e adquiriu condições ideais para a evolução biológica, chegando ao grupo das Angiospermas. Para Raven, Evert e Eichhorn (1996) corresponde ao grupo vegetacional responsável pela grande dispersão de suas espécies através das flores e frutos.

Fernandes (op.cit.) cita que o processo evolutivo das Angiospermas

coincide com a abertura dos continentes sul-americano e africano, onde se sugere a hipótese de haver um caminho fluvial acompanhando a linha de fratura gonduânica. Tal formação seria condicionante para criar uma rede de drenagem sul-americana e africana, mantendo um ambiente úmido favorável nessa região.

O período do Cretáceo Inferior (150 Milhões de anos) é caracterizado pelo início da separação dos continentes sul-americano e africano (Figura 01), a partir dele verificam-se as melhores informações sobre a vegetação, tanto para o Brasil quanto para as outras regiões do mundo. O desmembramento desses continentes determinou alterações climáticas no qual resultaria em diversas mudanças ou renovações ambientais. Dessa forma, numerosos grupos oriundos de precursores comuns se desenvolveram independentemente, dando origem a variedades de espécies novas e também espécies afins, conservando o seu padrão genético mesmo ocupando ambientes diferentes.

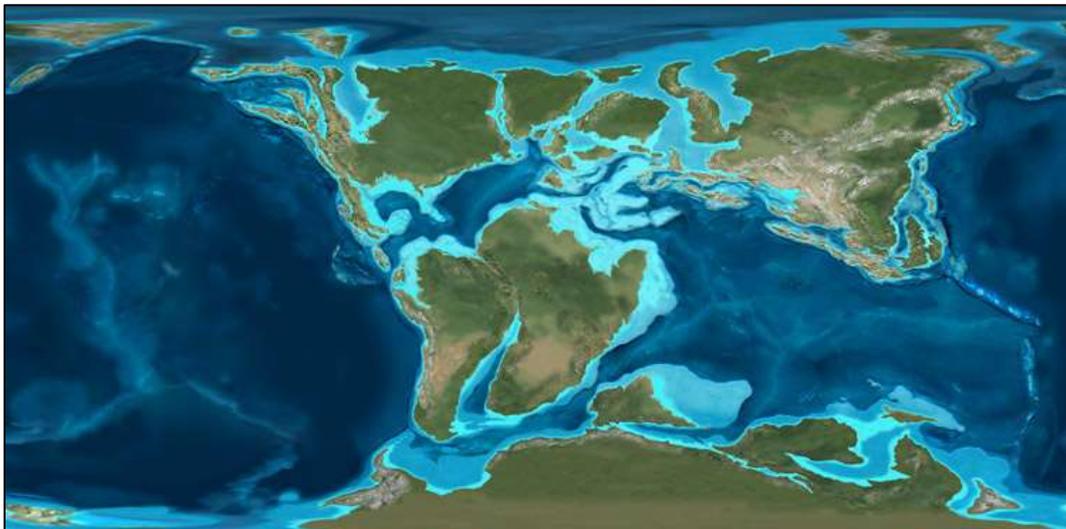


Figura 01. Ilustração da paleogeografia dos continentes no período do Cretáceo.

Fonte: <http://cpgeosystems.com/paleomaps.html>.

De acordo com Fernandes (2007), oriunda da grande Floresta Gonduânica, a faixa vegetacional estabelecida na América do Sul se estendia da Argentina até os estados do Ceará e Piauí. No caso da região amazônica, a vegetação mantinha-se isolada pela participação dos lençóis maranhenses, porém, ainda continha características do conjunto florístico africano. No entanto, essa

fragmentação vegetal, gerada pelos processos geológicos de separação e evolução do relevo continental, formavam os três grupos oriundos da antiga floresta gonduânica: “o bloco amazônico, o bloco atlântico e o bloco africano” (FERNANDES, op. cit., p. 35). Portanto, verifica-se o surgimento das duas massas vegetacionais brasileiras correspondentes às florestas amazônica e atlântica.

Acompanhando as últimas atividades geológicas verificadas no Neógeno (5 Milhões de anos), através de movimentações orogenéticas e epirogenéticas decorrentes da deriva continental (emersão da América Central e finalização do soergimento dos Andes, por exemplo), aconteceram também, significativas variações do clima que submeteu a vegetação da América do Sul a modificações ecológicas, dando início ao ciclo de diversificação das floras e variações evolucionárias para a especiação.

Finalmente, o período do Quaternário (1,8 Milhões de anos) foi o mais representado por “instabilidades ambientais de ordem regional” (FERNANDES, op. cit., p. 37). É caracterizado por grandes variações climáticas (glaciações e interglaciações), pelas sucessivas fases de expansão e retração das coberturas florestais e influenciou toda a distribuição da flora no mundo. No Brasil, as florestas atlântica e amazônica representam o melhor resultado dessas transformações ocorridas sobre o antigo corpo vegetal gonduânico, onde foram florísticamente consolidadas e enriquecidas por sua biodiversidade.

De acordo com Bigarella, Becker e Santos (2009), as mudanças climáticas ocorridas durante o Pleistoceno se manifestou por toda a superfície do globo. Estudos mostram que nas épocas frias do Quaternário, em boa parte das regiões tropicais e subtropicais, teria ocorrido uma diminuição da distribuição das chuvas criando condições de semiaridez e aridez, enquanto que nas épocas quentes ocorreram condições de umidade.

Bigarella, Becker e Santos (op. cit.) citam que nas áreas geográficas onde se situa o território brasileiro, dois conjuntos de processos erosivos operaram alternadamente sobre a paisagem: um de degradação lateral em clima semiárido nas glaciações e o outro de dissecação em clima úmido nas interglaciações. Tais

SOUZA, G.M.e & CRUZ, M.L.B.da. Estudo dos brejos de altitude através da relação entre tipos de quadra chuvosa e imagens de satélite: o caso dos maciços da Aratanha, Maranguape, Juá e Conceição, Ceará, Brasil. Revista GeoUECE - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v. 3, nº5, p. 78-100, jul./dez. 2014. Disponível em <http://seer.uece.br/geouece>

processos seriam muito efetivos durante o período de transição de um clima para o outro e essa alternância modificaria não só a cobertura vegetal, mas também outros processos atuantes como o solo e o relevo.

Durante o clima úmido verifica-se que as condições são favoráveis para o desenvolvimento de solos, onde há a formação de um manto de decomposição principalmente formado por alteração química sobre os quais se estabelece uma floresta. Se há uma transição do clima úmido para seco, pode ocorrer a regressão da floresta, sendo substituída por uma cobertura vegetal menos densa ou aberta, “do tipo cerrado ou caatinga” (BIGARELLA; BECKER; SANTOS, op. cit., pág. 84).

Suguiu (2010) destaca duas razões para se estudar os eventos paleoclimáticos do Pleistoceno no Brasil: os critérios geomorfológicos, que reconhecem feições de características de climas secos (semiáridos) em áreas atualmente ocupadas por densa floresta pluvial e o advento da teoria dos refúgios para explicar as diversidades de fauna e flora das florestas pluviais em função da fragmentação florestal.

A teoria dos refúgios e redutos foi uma das mais importantes hipóteses referentes aos “padrões de distribuição de flora e fauna na América Tropical” e constituiu-se como uma das mais importantes tentativas de “integração das ciências fisiográficas com as ciências biológicas” (AB’SÁBER, 2006, pág. 64). Para o autor, a definição de espaços fisiográficos, paisagísticos e ecologicamente mutantes representam as repercussões das mudanças climáticas do Quaternário.

Seguindo essa hipótese, verifica-se que massas de vegetação – outrora contínuas, ficaram reduzidas às manchas regionais de floresta, ocorrendo em áreas bem pontuais, popularmente conhecidas por brejos de altitude, que se destacam no domínio das caatingas no sertão nordestino do Brasil. Esses lugares são considerados por Ab’Sáber (op. cit., p. 65) como “ilhas locais de umidade” e constituem-se como um modelo vivo de redutos e refúgios florestais.

O termo brejo surgiu a partir da visão do sertanejo para associar a ideia entre “aluvião encharcado e solos molhados de vertentes úmidas” (AB’SÁBER, 1999, p. 20). No sertão nordestino, com a chegada da estação chuvosa, os rios

SOUZA, G.M.e & CRUZ, M.L.B.da. Estudo dos brejos de altitude através da relação entre tipos de quadra chuvosa e imagens de satélite: o caso dos maciços da Aratanha, Maranguape, Juá e Conceição, Ceará, Brasil. Revista GeoUECE - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v. 3, nº5, p. 78-100, jul./dez. 2014. Disponível em <http://seer.uece.br/geouece>

transbordam e alagam as áreas às suas margens, também conhecidas como várzea, que correspondem aos setores de planícies aluviais.

Ainda, de acordo com o autor, por se tratarem de áreas encharcadas e ricas em matéria orgânica, criou-se uma associação com outras áreas de serras, encostas de escarpas e bordas de chapada que captam a umidade de barlavento, além de bolsões aluviais de planícies alveolares e setores de vale arejados por ventos marítimos.

Dessa forma, a percepção de paisagem do sertanejo foi projetada para definir todo “subconjunto de paisagens e de ecossistemas relacionados às serras úmidas” (AB’SÁBER, op. cit., p. 20), incorporando áreas que vão desde dezenas a centenas de quilômetros quadrados.

2.2 A variação da precipitação no semiárido do Ceará

De acordo com Nimer (1977) a enorme extensão territorial da região Nordeste (1,5 milhão de km²) e o relevo constituído de amplas planícies, baixos vales e algumas elevações que se destacam, somados à conjugação de diferentes sistemas de circulação atmosférica, tornam a climatologia desta região uma das mais complexas do mundo.

Para Nimer (op. cit.), essa complexidade decorre fundamentalmente de sua posição geográfica em relação aos diversos sistemas de circulação atmosférica e reflete-se em uma extraordinária variedade da pluviosidade que é sem igual em outras regiões.

Confirmando a mesma ideia, Souza (2000) cita que os climas sertanejos do Nordeste constituem exceção se comparados aos climas na faixa de latitudes similares. Trata-se do semiárido nordestino, um clima azonal e de expressão regional que afeta uma área de 700 a 800 mil km².

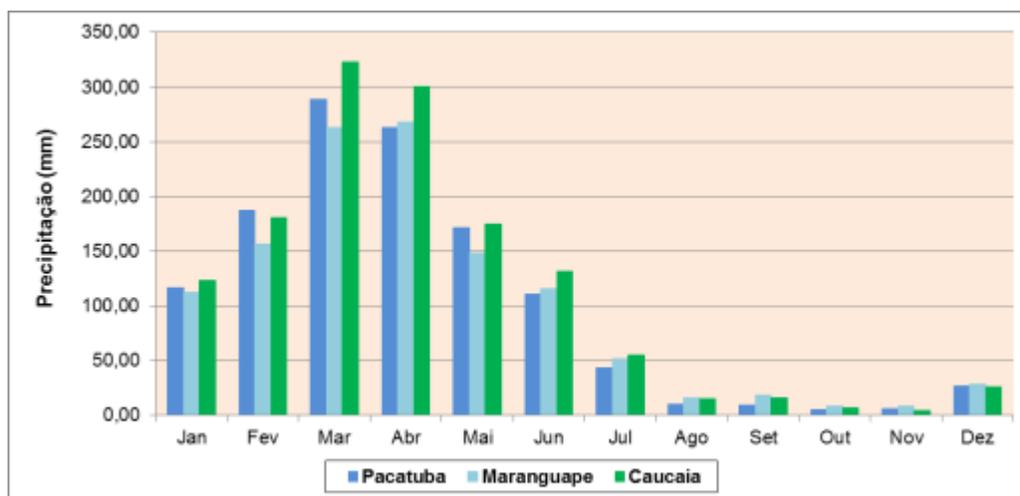
Para Ab’Sáber (1999), o clima caracteriza-se pelo baixo nível de umidade, escassez de chuvas anuais, irregularidade no ritmo das precipitações ao longo dos anos, prolongados períodos de carência hídrica, solos parcialmente salinos e ausência de rios perenes.

No Ceará o semiárido abrange “136 mil km² que equivale a 92% do território do Estado” (SOUZA, 2000, p. 35). A maior parte do território estadual tem uma estação chuvosa de menor duração com três a quatro meses, mas em outros setores pode chegar até seis meses, como é o caso da região litorânea e de algumas regiões serranas.

De acordo com Souza (op. cit.), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema sinótico responsável pelo estabelecimento da quadra chuvosa no Estado e garante o período de chuvas correspondente ao verão-outono do hemisfério sul. Constitui-se um verdadeiro cinturão de baixa pressão formado sobre o oceano Atlântico equatorial, onde os “ventos alísios dos dois hemisférios convergem” (CAMPOS; STUDART, 2003, pág. 51).

No Ceará é constatado que, em anos chuvosos, a ZCIT desloca-se mais ao sul do que anos considerados normais. Para Souza (op. cit.), os alísios de NE são mais intensos do que os de SE, as águas do oceano Atlântico ficam mais aquecidas ao sul do Equador e o sistema semiestacionário de alta pressão do Atlântico Norte é mais forte. Também, o mesmo fenômeno ocorre se o sistema semiestacionário de alta pressão do Atlântico Sul fica mais fraco. No caso de anos considerados secos, condições contrárias são observadas.

Quanto ao ritmo mensal das chuvas no Estado, observa-se que cerca de 90% caem no primeiro semestre do ano, independente das regiões de litoral, serras e sertões. Segundo os dados pluviométricos de médias mensais registradas de 1977 a 2006, do Atlas Pluviométrico do Brasil da CPRM publicado em 2012, as estações dos municípios de Pacatuba, Maranguape e Caucaia demonstram a característica da nossa quadra chuvosa (Gráfico 01). A partir dos meses de dezembro e janeiro observam-se as precipitações crescerem até atingirem o pico entre os meses de março e abril, que correspondem ao ápice de permanência da ZCIT no Estado. Conforme a ZCIT desloca-se para norte, observa-se o decréscimo nas médias mensais de precipitação no mês de maio, até atingir valores da estação seca no segundo semestre do ano.

Gráfico 01. Média das precipitações mensais registradas nas estações de Pacatuba, Maranguape e Caucaia.

Fonte: autor, adaptado da CPRM, 2012.

O Gráfico 01 indica as médias mensais de trinta anos de registro (1977 – 2006), o que estatisticamente apresenta a normalidade do regime pluviométrico para o Ceará. Dentro dessa série histórica, há registros pluviométricos que podem apresentar baixos valores apontando anos secos, ou ainda, altos valores apontando anos chuvosos.

De acordo com Xavier e Xavier (1999), baseando-se na técnica estatística dos quantis é possível classificar a quadra chuvosa do Estado em muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso, levando em consideração o total de precipitação semestral para determinadas regiões.

Na região do litoral de Fortaleza, onde se localizam os maciços de estudo, ficaram estabelecidos os seguintes valores:

Tabela 01 - Arranjo dos índices pluviométricos para a região do litoral de Fortaleza baseado da técnica estatística dos quantis.

Percentual	15%	35%	50%	65%	85%
Precipitação (mm)	757,3	917,5	1.166,9	1.406,2	1.720,2
Classificação	Muito Seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso

Fonte: autor, adaptado de Xavier e Xavier, 1999.

3. PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

3.1 Aquisição das imagens de satélite

Para os trabalhos de sensoriamento remoto óptico, a escolha do satélite partiu de dois critérios técnicos:

1. A escala temporal, para que fosse possível fazer uma correlação da resposta da vegetação da área mediante a caracterização das estações chuvosas na RMF através do tempo;

2. Um sensor de média resolução espacial (30 metros) que trabalhasse com bandas multiespectrais, da faixa do azul ao infravermelho médio do espectro eletromagnético.

Dessa forma, verificou-se que o satélite LandSat-5 atenderia perfeitamente tais exigências e, além disso, é constatada sua vasta aplicabilidade para mapeamentos temáticos na área de recursos naturais.

Através do *site* do INPE (www.dgi.inpe.br), o usuário tem a oportunidade de baixar gratuitamente as cenas requeridas.

Após verificar a qualidade das imagens (ruídos, cobertura de nuvens etc.), optou-se pelas cenas que tivessem características específicas às da pesquisa, baseadas nos anos que correspondem à classificação das estações chuvosas para a RMF, segundo Xavier e Xavier (1999).

A seguir, verifica-se a Tabela 02 contendo as cenas requisitadas para *download*, com os respectivos valores de precipitação para o primeiro semestre da quadra chuvosa:

Tabela 02 - Cenas adquiridas em função da classificação da quadra chuvosa para a RMF.

LANDSAT-5			FUNCEME	
Cena	Ano	Mês	Precip. Jan/Jun (mm) RMF	Classificação (Xavier e Xavier, 1998)
217/63	1985	Julho	1.973,50	Muito chuvoso
217/63	1994	Julho	1.681,41	Chuvoso
217/63	2004	Julho	1.290,43	Normal
217/63	1991	Julho	901,14	Seco
217/63	1998	Junho	621,0	Muito seco

Fonte: autor, adaptado de Xavier e Xavier, 1999.

SOUZA, G.M.e & CRUZ, M.L.B.da. Estudo dos brejos de altitude através da relação entre tipos de quadra chuvosa e imagens de satélite: o caso dos maciços da Aratanha, Maranguape, Juá e Conceição, Ceará, Brasil. Revista GeoUECE - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v. 3, nº5, p. 78-100, jul./dez. 2014. Disponível em <http://seer.uece.br/geouece>

Os arquivos correspondentes às bandas (azul ao infravermelho) estão em formato *tiff* ou *geotiff* (arquivo georreferenciado de imagem ou *raster*) e são baixados através de um *link* via *e-mail*. Para cada cena há sete bandas, totalizando 35 arquivos ou bandas baixadas, para posteriormente serem processadas em um *software* de SIG com ferramenta de PDI (processamento digital de imagens).

3.2 Composição colorida RGB e contraste

De uma forma geral, as bandas ou canais de uma cena de satélite se apresentam em tonalidades de cinza, para isso chama-se de resolução radiométrica. Se a resolução radiométrica de um sensor for de 8 *bits*, como é o caso do TM (*Thematic Mapper*) do LandSat-5 por exemplo, significa que a banda possui 256 tons de cinza.

Contudo, a capacidade do olho humano em distinguir tonalidades de cinza é bastante limitada, abrangendo apenas algo em torno de “30 diferentes níveis” (CRÓSTA, 1992, p. 57). Por outro lado, essa capacidade de distinção aumenta para a casa de dezenas de milhares quando se trata de uma imagem colorida, daí a necessidade de transformação dos dados gerados em tons de cinza para uma composição colorida.

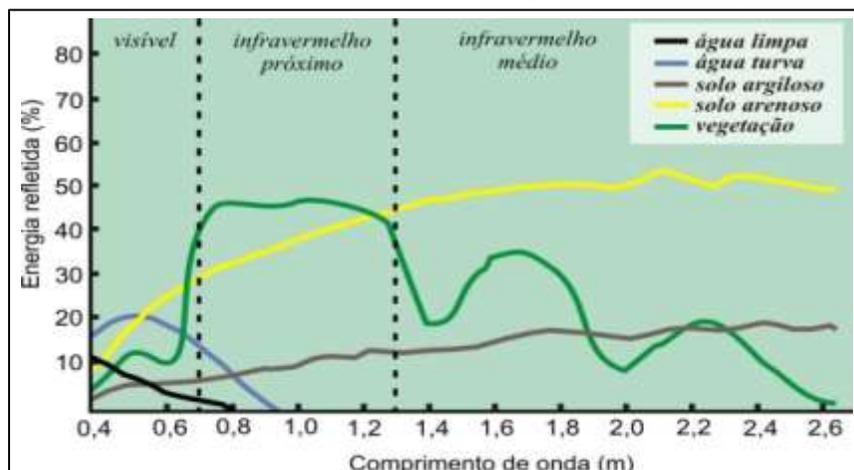
Além disso, é necessário também escolher dentre as sete bandas disponíveis, qual o melhor triplete (seleção de três canais ou bandas espectrais do sensor para gerar a composição colorida RGB (*Red, Green, Blue*) para estudos da vegetação).

De acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2007), ao verificar as curvas espectrais de diferentes feições da superfície terrestre (Gráfico 2), verifica-se que na faixa do infravermelho próximo, a curva da vegetação atinge o máximo de refletância, enquanto que na região do visível ocorre o inverso, indicando baixa refletância ou alta absorção.

Esse aumento de refletância na vegetação, gerado na faixa do infravermelho próximo, difere dos outros elementos que compõem a superfície

terrestre como água e solo com refletância bem menos representativa.

Gráfico 02 - Curvas espectrais dos alvos terrestres (energia refletida x comprimento de onda).



Fonte: Florenzano, 2002.

Portanto, para que a vegetação – objeto de estudo, tivesse um destaque considerável entre as demais feições terrestres na imagem colorida, adotou-se o uso os filtros azul, verde e vermelho nas bandas TM3, TM4 e TM5 respectivamente, obtendo-se as seguintes imagens resultantes:

Quadro 01 - Composições coloridas (5R4G3B) das cenas 217/63 do LandSat-5.

Julho de 1985	Julho de 1991	Julho de 1994
Junho de 1998	Julho de 2004	

Fonte: Organizado pelo autor.

O processo de composição ocorreu no *software ArcMap*, utilizando a ferramenta de composição colorida RGB (*Red, Green, Blue*). Após este procedimento, foi feito um trabalho de equalização do histograma para homogeneizar a resposta da vegetação nas cinco cenas.

3.3 Retificação

Imagens geradas por sensoriamento remoto estão sujeitas à uma série de distorções espaciais, não possuindo precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos ou fenômenos nelas representados.

É necessário que estas imagens sejam corrigidas de acordo com algum tipo de sistema de coordenadas, processo conhecido também como correção geométrica. “A transformação de uma imagem, de modo que ela assuma as propriedades de escala e de projeção de um mapa, é chamada de correção geométrica” (CRÓSTA, 1992, p. 155 e 156).

Além da técnica de obtenção de pontos de controle em campo, outra forma de correção adequada é a utilização das imagens *Geocover* da NASA. Essas imagens são formadas por um mosaico de cenas do satélite *LandSat-7*, coletadas nos anos de 1999 e 2000. São imagens ortoretificadas do mundo inteiro, com resolução espacial de 14,25m e possuem grande precisão nas coordenadas, compatíveis para trabalhos cartográficos em escala 1:100.000, servindo como uma excelente fonte de referência para localização.

Através de um SIG que possua a ferramenta de retificação de imagens ou um *software* de PDI, o operador reposiciona a imagem deslocada (bruta) sobre a imagem *Geocover*. O ideal é que se estabeleçam pontos em comum e de fácil identificação, como cruzamento ou bifurcação de rodovias, vértices de áreas, edificações e outras feições (Figura 02).

A ferramenta de georreferenciamento do *ArcMap* permitiu a correção geométrica das imagens de satélite. Conforme os pontos de controle foram inseridos na imagem deslocada, o *software* fez uma verificação do erro referente ao novo posicionamento e, dessa forma, se chegou a um valor de erro abaixo do

comprimento lateral do *pixel*, menor que 30 metros, no caso de uma imagem do *LandSat-5*.

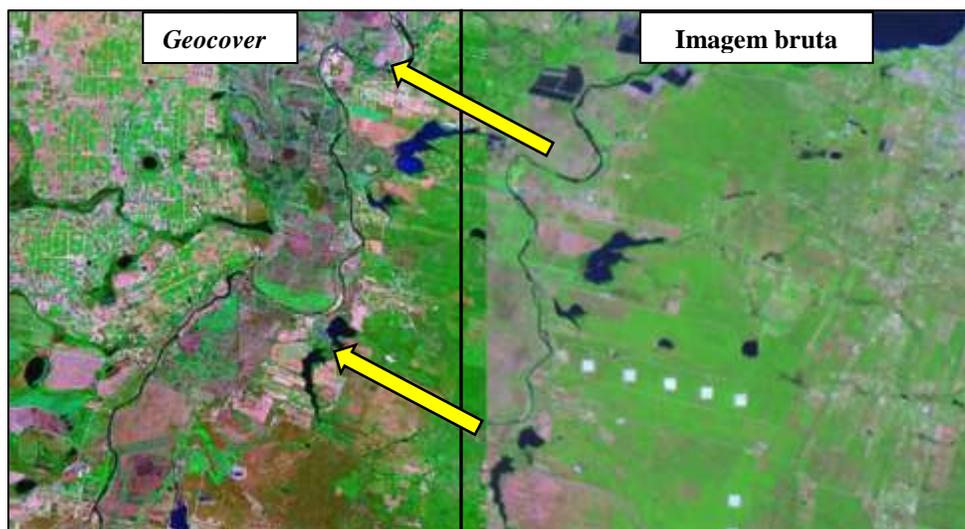


Figura 02 - Processo de correção do deslocamento das imagens de satélite.

Fonte: autor.

4. RESULTADOS

Ao classificar as precipitações semestrais de 1985 (ano muito chuvoso), 1998 (ano muito seco) e 2004 (ano normal) para a região de estudo e compará-las com imagens de satélites adquiridas nos anos correspondentes, verifica-se tamanha influência e importância dos índices pluviométricos nos ambientes locais, principalmente sobre a vegetação da caatinga, que se adapta às condições climáticas do semiárido e responde tempo-espacialmente (Quadro 02).

Os baixos índices pluviométricos provocam estresse hídrico nas espécies dessa vegetação e conseqüente perda da folhagem, expondo o solo, que na imagem se vê facilmente pela cor marrom (porção ocidental).

Quadro 02 - Quadro esquemático contendo as imagens de satélite e gráficos correspondentes às diferentes quadras chuvosas da RMF.

Imagem LANDSAT-5 543 (RGB).
Data: junho de 1998. Cena 217/63.



Precipitação na RMF correspondente ao primeiro semestre de 1998:

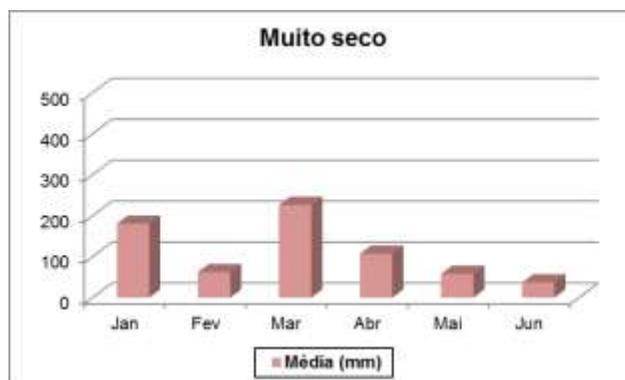


Imagem LANDSAT-5 543 (RGB).
Data: julho de 2004. Cena 217/63.



Precipitação na RMF correspondente ao primeiro semestre de 2004:

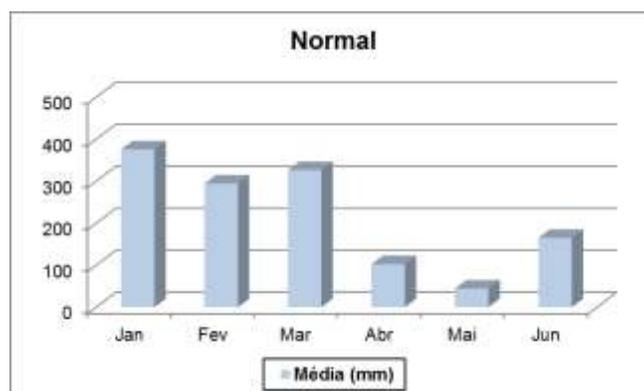


Imagem LANDSAT-5 543 (RGB).
Data: julho de 1985. Cena 217/63.



Precipitação na RMF correspondente ao primeiro semestre de 1985:



Fonte: autor, adaptado do INPE e da FUNCEME.

Também, verifica-se a vegetação predominante das serras úmidas na qual mantém a resposta da cor verde praticamente inalterada nas três imagens de satélite (porção central).

Para Souza (2000) os índices pluviométricos das serras úmidas são significativos. Por estarem associada a relevos elevados, funcionam principalmente como condensadores de umidade e propiciam precipitações que passam dos 1.200 mm anuais.

Guedes et al. (2005) afirmam que nessas serras úmidas há a condensação de nevoeiros que fornecem grande parte do suprimento de água necessário à manutenção da vegetação. Embora a pluviosidade seja maior do que nas áreas circunvizinhas, não é o suficiente para manter a exuberância da floresta. A chamada precipitação oculta garante o suprimento hídrico complementar e alimenta os pequenos riachos que descem da encosta.

Esse fenômeno é resultado da condensação do ar saturado de umidade que entra em contato com a densa folhagem da copa das árvores (Figura 03), principalmente no período noturno, de acordo com Guedes et al. (op. cit.) é quando a temperatura da superfície das folhas é inferior a do ar circundante. Dessa forma, a água condensada escorre pelos troncos e incorpora-se ao solo permeável e profundo.



Figura 03 - Nebulosidade barrada pelo relevo, local Serra de Maranguape. **Foto:** acervo do autor.

SOUZA, G.M.e & CRUZ, M.L.B.da. Estudo dos brejos de altitude através da relação entre tipos de quadra chuvosa e imagens de satélite: o caso dos maciços da Aratanha, Maranguape, Juá e Conceição, Ceará, Brasil. Revista GeoUECE - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v. 3, nº5, p. 78-100, jul./dez. 2014. Disponível em <http://seer.uece.br/geouece>

Sobre as características florísticas desses ambientes a vegetação apresenta um dossel mais ou menos contínuo de 15 a 20 metros de altura, com algumas árvores maiores esparsas, de até 30 metros de altura, de acordo com Guedes et al. (2005).

Para Rêgo e Hoeflich (2001) verifica-se abundância de trepadeiras, bromélias, epífitas (Figuras 04 e 05) e, também, conforme Guedes et al. (op. cit.), briófitas e líquens recobrem os troncos e ramos das árvores formando verdadeiros tapetes (Figura 04).



Figura 04 - Flora característica dos brejos de altitude à esquerda verifica-se a ocorrência de briófitas, plantas que se reproduzem na presença de água e, à direita, verificam-se bromélias que ocorrem apenas em ambientes úmidos, local Serra da Aratanha. **Fotos:** acervo do autor.



Figura 05 - Na foto à esquerda vê-se a ocorrência da espécie babaçu, que de acordo com o IBGE, é oriunda da antiga conexão vegetacional com a flora amazônica e, na foto à direita, verifica-se a ocorrência de epífitas e trepadeiras. **Fotos:** Acervo do autor.

Nos trabalhos de campo realizados nas serras da Aratanha, de Maranguape, do Juá e Conceição, foi constatada a ocorrência de diferentes formações vegetais dentro do que se considera brejo de altitude.

Conforme o relevo atinge maiores valores de elevação, maior é a influência da temperatura e da umidade na vegetação. À medida que essas condições climáticas se modificam, verifica-se também, uma mudança no padrão florístico desses ecossistemas, ou seja, em condições de maiores altitudes, menores temperaturas e maior presença de nebulosidade, as espécies de árvores passam de caducifólias (mata seca) a subcaducifólias (mata de transição para a mata seca) e de subperenifólias (mata de transição para a mata úmida) a perenifólias (mata úmida).

Dessa forma, fez-se uma análise visual da paisagem seguindo a classificação de acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE, o que permitiu encontrar formações consideradas florestas ombrófilas densas e abertas, e florestas estacionais semidecíduais e decíduais (Figuras 06 e 07).



Figura 06 - Diferentes formações vegetais que ocorrem nos maciços. Na foto à esquerda, verifica-se ocorrência de mata seca (floresta estacional decidual) na base da Serra de Aratanha e, na foto à direita, em uma cota mais elevada, observa-se a ocorrência de uma mata de transição entre a seca e a úmida (floresta estacional semidecidual). **Fotos:** Acervo do autor.



Figura 7 - Mata úmida ou floresta ombrófila densa e/ou aberta, local Serra de Maranguape.
Foto: Acervo do autor.

5. CONCLUSÕES

Através do enfoque da biogeografia, que estuda os cenários paleogeográficos e os relaciona com a distribuição da fauna e flora no planeta, foi possível se fazer uma reconstituição de um passado – marcado por grandes mudanças geológicas e climáticas – para explicar determinados eventos ligados ao presente, como a ocorrência de uma vegetação naturalmente exótica dentro de outra predominante, nesse caso, bolsões de florestas tropicais úmidas em meio a extensas áreas de caatinga.

Na região Nordeste, principalmente no Ceará, as melhores exposições de matas úmidas estão representadas em áreas com relevos de superfícies elevadas. Portanto, as serras da Aratanha, de Maranguape, do Juá e Conceição, foram objetos de investigação capazes de fornecer evidências, através de suas variáveis ambientais, que pudessem comprovar sua existência e ajudar na coleta de dados necessários à realização da identificação.

Constatou-se que o método de classificação para períodos de chuva no estado do Ceará, indicado pelos pesquisadores Terezinha Xavier e Airton Xavier, é confirmado pelas diferentes respostas da vegetação. Ou seja, quanto maior foi a

precipitação registrada, maior foi a quantidade de área verde verificada na imagem de satélite correspondente.

Em estudos de sensoriamento remoto que compreendam análise tempo-espacial da vegetação no semiárido recomenda-se, antes, uma verificação das classificações dos períodos chuvosos para que as análises das imagens sejam feitas com períodos semelhantes, a fim de que não se extrapolem os resultados.

A análise realizada se mostrou satisfatória para indicar as áreas de ocorrência dos brejos na região estudada, porém, não se pode afirmar se as mesmas variáveis são aplicáveis em diferentes regiões do Estado, pois as especificidades dos condicionantes ambientais, principalmente os climáticos, mudam conforme se vai do litoral para o sertão e vice-versa.

Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, A.N. **Brasil: paisagens de exceção. O Litoral e o Patanal Mato-grossense: patrimônios básicos.** São Paulo: Ateliê Ed., 2006.

_____. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida.** Estudos Avançados-USP, vol. 13, n. 36, mai. – ago., 1999 (Dossiê Nordeste Seco), p. 7-59.

BIGARELLA, J.J.; BECKER R.D.; SANTOS, G.F dos. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** 2ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2009.

CAMPOS, J.N.; STUDART, T.M.C. Climatologia. *In:* Alberto Alves Campos et al. (Org.) **A zona costeira do Ceará: diagnóstico para a gestão integrada.** Fortaleza: AQUASIS, 2003.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. **Atlas Pluviométrico do Brasil.** Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: fev. 2014.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1992.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira – fundamentos fitogeográficos: fitopaleontologia, fitoecologia, fitossociologia, fitocorologia.** 3ª ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

GUEDES, L.S.G., BATISTA, MILHÕES DE ANOS; RAMALHO, M.; FREITAS H.M.B.; DA SILVA, E.M. Breve incursão sobre a biodiversidade da Mata Atlântica. *In:* Carlos Roberto Franke et al. (Org.) **Mata Atlântica e Biodiversidade.** Salvador: Edufba, 2005.

SOUZA, G.M.e & CRUZ, M.L.B.da. Estudo dos brejos de altitude através da relação entre tipos de quadra chuvosa e imagens de satélite: o caso dos maciços da Aratanha, Maranguape, Juá e Conceição, Ceará, Brasil. Revista GeoUECE - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v. 3, nº5, p. 78-100, jul./dez. 2014. Disponível em <http://seer.uece.br/geouece>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. (Manuais Técnicos em Geociências - n. 1).

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: ago. 2013.

NIMER, E. Clima. *In*: IBGE (Org.). **Geografia do Brasil: região Nordeste**. Rio de Janeiro: SERGRAF – IBGE, 1977.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira ed., 2007.

RAVEN, P.H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 5^a ed. Coord. Trad. J. E. Kraus. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1996.

RÊGO, G.M.; HOEFLICH, V.A. **Contribuição da pesquisa florestal para um ecossistema em extinção: Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil**. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, 2001.

ROMARIZ, D.A. **Biogeografia: temas e conceitos**. São Paulo: Scortecci, 2008.

SOUZA, M.J.N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. *In*: LIMA, L.C. (Org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

XAVIER; T.M.B. S.; XAVIER, A.F.S. **Caracterização de período secos ou excessivamente chuvosos do estado do Ceará através da técnica dos quantis: 1964 - 1998**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 14, n. 2, pág. 63 - 78, 1999.