

Análise do Índice de Vegetação como Subsídio ao Estudo de Degradação Ambiental: O Caso da Serra da Meruoca-Ceará.

Analysis of Vegetation Index as a Subsidy to the Study of Environmental Degradation: The Case of Serra da Meruoca – Ceará.

Denis Barbosa de Lima¹

Manuel Rodrigues de Freitas Filho²

RESUMO: Os estudos que tem como temática a degradação do meio ambiente e suas consequências estão no centro das discussões. A presente pesquisa tem como objetivo principal avaliar o índice de vegetação por diferença normalizada, como forma de subsidiar a análise da degradação da Serra da Meruoca-CE. A área de estudo localiza-se na parte oeste do Estado do Ceará, perfazendo parte de seis municípios, sendo dois municípios com participação total. Os materiais utilizados foram imagens de satélite, os quais foram processados nos softwares Spring e ArcGis, bem como dados pluviométricos disponibilizados pela FUNCEME. Ressalta-se a importância da análise da cobertura vegetal no estudo de degradação. Com os mapas gerados, juntamente com os gráficos de pluviometria e de balanço hídrico, é nítido a supressão da cobertura vegetal na Serra da Meruoca-CE, isso porque mesmo no ano de 2013, com um balanço hídrico mais positivo que o ano de 1993, a resposta da cobertura vegetal foi inferior ao ano de 1993.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento. NDVI. Degradação Ambiental.

ABSTRACT: *The studies that has as theme the environmental degradation and its consequences are at the center of discussions. This research aims to assess the ratio of normalized difference vegetation as a way to help the analysis of the degradation of the Serra da Meruoca-CE. The study area is located in the western part of the state of Ceará, comprising part of six cities, including two municipalities with full participation. The materials used were satellite images, which were processed in ArcGIS software and Spring and rainfall data provided by FUNCEME. We emphasize the importance of analyzing the vegetation cover in the study of degradation. With maps generated together with graphs of rainfall and water balance, it is clear that suppression of vegetation cover in the Serra da Meruoca-CE, this is because even in 2013, with a more positive fluid balance of the year 1993 the response of vegetation cover was lower than the year 1993.*

KEY WORDS: GIS. NDVI. Environmental Degradation.

¹ Geógrafo, Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará, vinculado a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME, Rua Raul Nabuco,82, Bonsucesso, 60520-794, Fortaleza-Ceará, denis.barbosa@funceme.br.

² Geógrafo, Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina, vinculado a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME. Rua Madre Ana Couto-401, AP 303, Messejana, 60842-390, Fortaleza-Ceará, manuelrff@gmail.com.

INTRODUÇÃO

As questões ambientais estão no centro das discussões. Os estudos de degradação ambiental, a cada dia, fazem-se mais necessários. Isso porque as formas que o homem se apropria do espaço quase sempre são realizadas de maneira inadequada e inconsciente, gerando consequências que são em quase sua totalidade, irreversíveis.

Souza (2000) faz um alerta para o fato de que as mudanças ambientais exibem características alarmantes com sérios prejuízos para os recursos naturais renováveis. Essas mudanças são derivadas de uma ação humana inapropriada que se traduz nos processos de degradação em diferentes níveis.

No estudo da degradação ambiental da Serra da Meruoca – Ceará, tomou-se por base a degradação da cobertura vegetal. Isso porque ela é um dos primeiros indicadores na análise de degradação ambiental. Ressalta-se ainda que a cobertura vegetal é de extrema importância e de fundamental relevância na preservação e/ou conservação dos recursos naturais renováveis.

A distribuição da vegetação no meio ambiente está associada a fatores climáticos, às características fisiográficas do terreno e às atividades antrópicas. No caso da região do semiárido brasileiro, ocorrem grandes alterações na cobertura vegetal, isso porque o clima dessa região tem como principal característica a sazonalidade com duas estações climáticas bem definidas, uma estação seca e outra chuvosa.

Essas alterações são decorrentes da má distribuição da chuva no tempo e no espaço durante o ano, em que se observa índices pluviométricos distintos entre duas estações, verão (chuvoso) e inverno (seco), proporcionando rápidas respostas às mudanças ambientais. Contudo, a ação antrópica intensificou a degradação do meio ambiente nas últimas décadas. Com essa busca desenfreada do homem por recursos naturais, busca essa que é realizada sem nenhuma conscientização e sem planejamento.

Essa pesquisa visa, com o auxílio das geotecnologias, demonstrar os níveis de degradação da Serra da Meruoca-Ceará. Para se obter uma melhor resposta acerca dos índices de degradação, é necessário o uso de imagens de satélite na comparação de anos distintos da área de estudo. Os produtos de sensoriamento remoto bem como os resultados

que se obtém deles fornecem informações sobre a dinâmica e a situação atual da cobertura vegetal.

De acordo com Fitz (2008) as geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências, as quais vêm trazendo avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, nas ações de planejamento, no processo de gestão e em tantos outros relacionados à estrutura do espaço Geográfico. Logo, a interatividade necessária para que se possa trabalhar o meio ambiente como um todo, de forma interdisciplinar, torna-se uma busca necessária por ferramentas e técnicos qualificados. Fitz (2008) destaca a estreita ligação entre as geotecnologias e as concepções relacionadas à ciência geográfica.

Entre as principais geotecnologias utilizadas nas pesquisas ambientais, destacam-se o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas-SIG. Lang (2009) designa SIG e sensoriamento remoto como as “mais importantes ferramentas holísticas” para a análise, para o planejamento e para a gestão da paisagem.

Faz-se imprescindível a utilização das técnicas de sensoriamento remoto em trabalhos ambientais, principalmente quando a temática é degradação ambiental, isso porque com a utilização dessas técnicas é possível realizar uma abordagem espaço-temporal da área de estudo.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Serra da Meruoca (Figura 1) está situada entre as bacias hidrográficas do Rio Acaraú e do Rio Coreaú, localiza-se aproximadamente a 257 quilômetros de Fortaleza.

Inserem-se na serra parcelas de quatro municípios: Alcântaras, Massapé, Meruoca e Sobral. Além de pequenas parcelas dos municípios de Coreaú e Moraújo, perfazendo uma área total de 524 km². Apresenta uma forma retangular com comprimento de 25 a 20 km. É também conhecida como Serra da Meruoca-Rosário.

Está inserida no ambiente semiárido brasileiro, o qual envolve uma área de 788.064 km² equivalentes a 48 % do Nordeste e a 9,3% do Brasil. Segundo Souza (2006), tem-se a relativa heterogeneidade natural da Região do Semiárido, por meio da sub-compartimentação de grandes unidades geossistêmicas. Comprova-se, além disso, que no contexto geocológico do semiárido, integralmente superposto pela província fitogeográfica das caatingas, ocorrem ambientes de exceção que configuram verdadeiros enclaves úmidos e sub-úmidos, o qual se configura a área de estudo.

Figura 1: Mapa de Localização da Área de Estudo



Fonte: O próprio autor.

Segundo Souza (2006) as áreas consideradas como enclaves úmidos e subúmidos se distribuem de modo disperso pelos sertões semiáridos e configuram-se verdadeiros subespaços de exceção. Tratam-se de superfícies topograficamente elevadas de relevos serranos com dimensões variadas e que são submetidos às influências de mesoclimas de altitude. Representam verdadeiras “ilhas verdes” no domínio morfoclimático das caatingas que recobrem as depressões interplanálticas e intermontanas semiáridas.

Existem na literatura atual várias denominações para os enclaves úmidos, como “serras úmidas”, “brejos de altitude”, “matas úmidas” etc. Os sertões semiáridos normalmente os circundam, os enclaves constituem importantes setores de produção agrícola, devido ao solo e as boas condições climáticas. A atividade agrícola tende a se

concentrar, preferencialmente, nos topos, nas encostas úmidas ou vertente barlaveto, elevando ainda mais o nível de degradação desses setores.

Atualmente, a Serra da Meruoca é uma área de preservação ambiental criada de acordo com a Lei nº 11.891, de 24 de dezembro de 2008, abrangendo uma área de 29.361,27 hectares. A Área de Proteção Ambiental Serra da Meruoca apresenta a seguinte delimitação: as vertentes nordeste, leste e sudeste, a partir da cota de 200m (duzentos metros) de altitude, nos Municípios de Meruoca e Massapê e toda a área compreendida acima da cota de 600m (seiscentos metros) de altitude, nos Municípios de Meruoca, Massapê, Alcântara e Sobral.

MATERIAS E MÉTODOS

Nesta pesquisa, foram utilizadas imagens digitais do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 5, obtidas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE em formato geotiff com projeção/datum UTM/SAD-69. O satélite Landsat 5 possui uma resolução espacial de 30x30 metros cobrindo cada *pixel*/ 900 m² e resolução temporal de 16 dias. Também foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 que também possui uma resolução de 30m nas bandas que foram utilizadas.

O georreferenciamento das imagens foi realizado no *software livre SPRING*. Para georreferenciar uma imagem no SPRING, é necessário que primeiro se transforme a imagem TIFF em um arquivo GRB. Para isso, é necessário também utilizar o *software IMPIMA*. A imagem base utilizada para o georreferenciamento foi a GEOCOVER disponibilizada pela NASA.

Foram levados em consideração alguns critérios para a escolha das imagens utilizadas no mapeamento do Índice de vegetação, cujo o primeiro critério foi a disponibilidade das imagens. O segundo leva a qualidade das imagens e o terceiro o período da imagem, a partir da semelhança das quadras climáticas. Logo, os anos foram os seguintes (Quadro 1).

Quadro 1: Anos escolhidos para mapeamento do NDVI.

Ano	Evento	Intensidade
1993	El Niño	Forte
2013	-	-

Fonte: CPTEC/INPE, 2013. Organização: O próprio autor.

O cálculo do NDV I foi gerado no *software* SPRING, por meio da programação em LEGAL, cuja imagem resultante é composta por tons de cinza situados entre -1 e +1. Sua classificação foi realizada com base em estudos publicados por Ponzoni (2012), Novo (2010), Jensen (2009) e Liu (2007) e com aplicação da técnica de classificação de imagens denominada de fatiamento. Foram definidos e classificados seis intervalos de tons de cinza, conforme especificado na (tabela 1).

Tabela 1: Classes temáticas utilizadas para o mapeamento do NDVI.

Classes temáticas	Intervalo entre as classes
Água	-1 a 0
Solo Exposto/Vegetação Rasteira	0 a 0.200
Pouca Vegetação a Moderada vegetação	0.200 a 0.400
Moderada Vegetação a Muita vegetação	0.400 a 0.600
Muita Vegetação	0.600 a 0.800
Total Vegetação	0.800 a 1

Fonte: O próprio autor.

Visando uma análise da relação dos resultados gerados por meio do NDVI com a precipitação na área de estudo, foi realizado um levantamento com o total de precipitação mensal até o referente mês de obtenção da imagem bem como também foi extraído o balanço hídrico referente a cada ano mapeado. Para o cálculo da precipitação média, realizou-se um cálculo das médias de oito postos pluviométricos. Calculam-se os dados pluviométricos de Janeiro até o mês em que a imagem foi obtida, tendo assim, o total pluviométrico, no caso da presente pesquisa, de janeiro até o mês de setembro.

Com relação ao NDVI Gomes et al. (2011) cita a importância dos índices de vegetação, o qual consiste em delimitar a área da cobertura verde da superfície analisada. O NDVI é calculado pela diferença de reflectância entre a faixa de infravermelho próximo e a faixa do visível, referente ao vermelho.

Com a utilização do NDVI, é possível determinar a densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa por unidade de área (quanto maior este índice de vegetação, mais densa é a fitomassa verde). À medida que aumenta a quantidade de vegetação verde aumenta a reflexão na banda do infravermelho próximo e, em equivalência, diminui a reflexão na banda do vermelho, fazendo com que o aumento da razão seja potencializado, destacando, assim, a vegetação. Com isso, tem-se caracterizado a área com maior concentração de vegetação.

RESULTADOS E DISCURSÕES

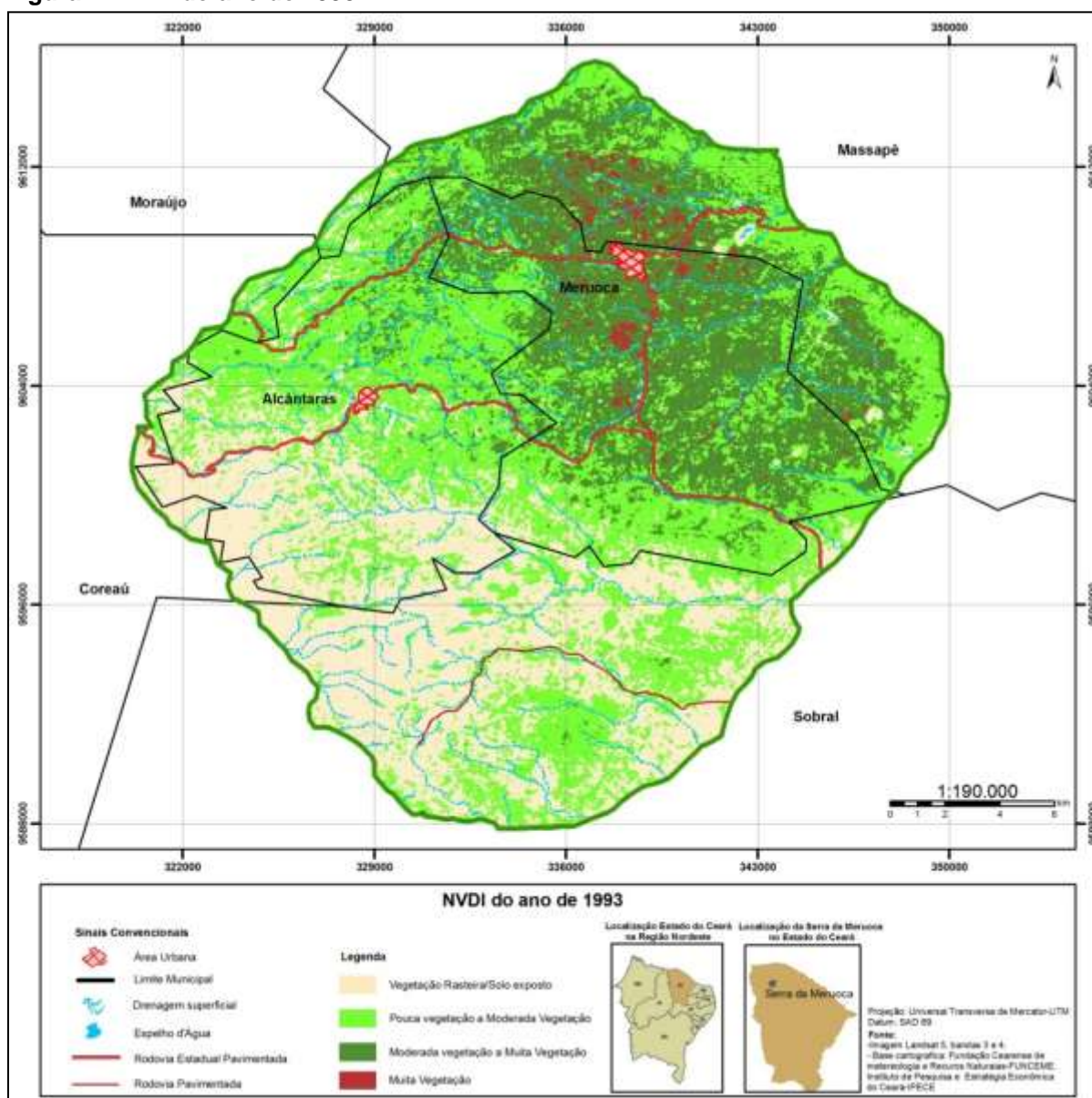
A Serra da Meruoca-CE sofre com as modificações realizadas pela intervenção humana sobre o ambiente, alterando ou, às vezes, até mesmo substituindo a vegetação original. Essas modificações na paisagem natural são impostas pelo homem desde o início da colonização. A degradação ambiental é atualmente representada por processos que vão desde a devastação para o estabelecimento da agricultura, como retiradas das árvores de valor econômico, retiradas das árvores para a produção de carvão vegetal.

O índice de vegetação por diferença normalizada-NDVI demonstra a quantidade de vegetação (densidade da vegetação) e o estado em que ela se encontra. Esse índice facilita a compreensão da espacialização da vegetação, gerando resultados bastante satisfatórios para os estudos de degradação ambiental.

No presente estudo a análise do índice de vegetação por diferença normalizada, juntamente com o total pluviométrico e o balanço hídrico, foram analisados visando estabelecer a atual situação da cobertura vegetal.

Na figura 2, estabelece o índice de vegetação referente ao ano de 1993. Observa-se uma melhor resposta espectral da vegetação na chamada vertente úmida, ou barlavento, e no platô da Serra. Na parte mais seca a sotavento, nota-se a maior predominância de vegetação rasteira/solo exposto.

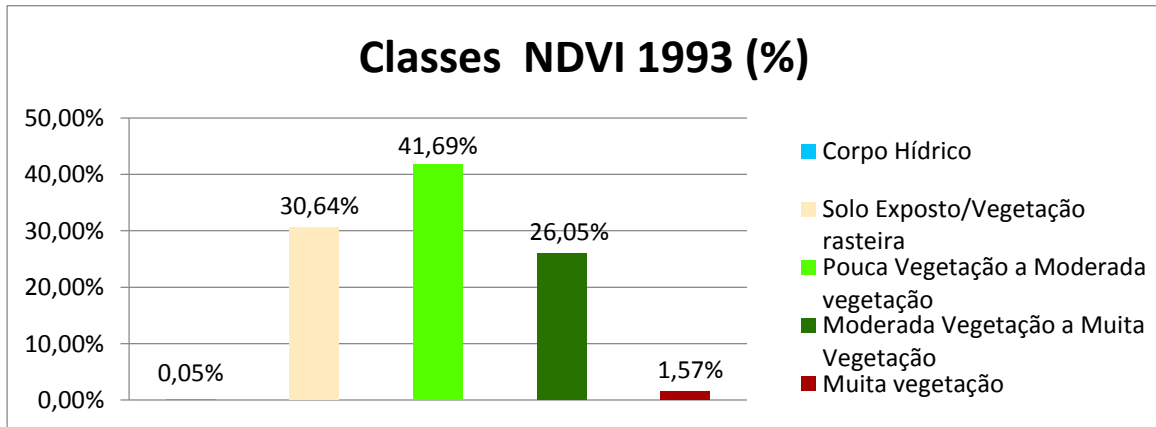
Figura 2: NDVI do ano de 1993.



Fonte: O próprio autor.

Para se obter uma melhor compreensão do mapa, foi gerado um gráfico (figura 3), o qual demonstra a representação de cada classe da área de estudo em porcentagem. Logo, constata-se a predominância da classe de Pouca Vegetação a Moderada Vegetação, com aproximadamente 47% do total da área de estudo. Posteriormente, predomina-se a classe de Solo Exposto/Vegetação Rasteira 30,64%, classe essa ligada principalmente a atividade agropecuária e extração da vegetação para a produção de carvão vegetal.

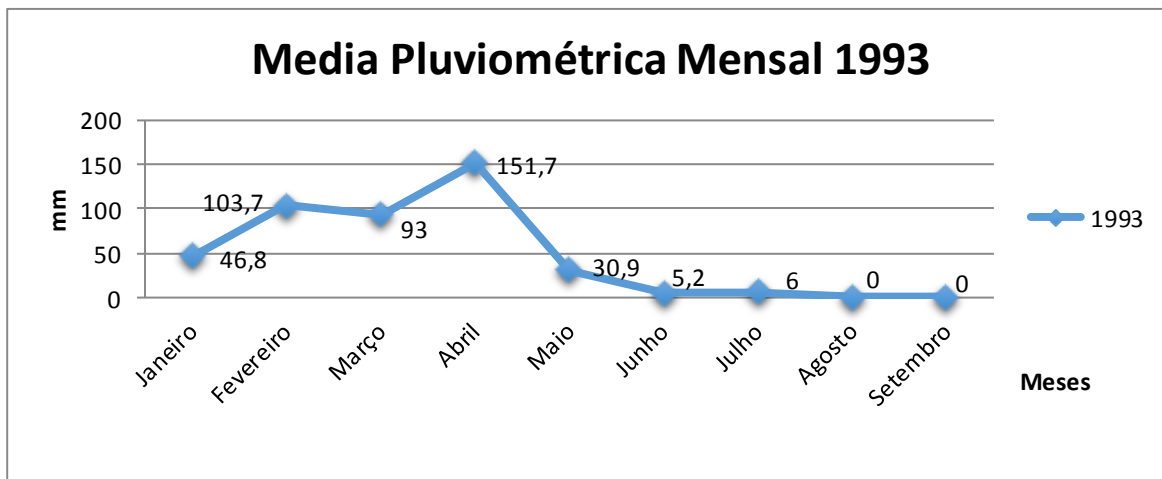
Figura 3: Classes temáticas do NDVI do ano de 1993.



Fonte: O próprio autor.

A classe com Moderada Vegetação a Muita Vegetação representa 26,05% do total da área, revelando uma boa resposta, mesmo o ano de 1993 tenha sido marcado por uma seca, com total pluviométrico de 437,3mm referente aos meses de janeiro até setembro (Figura 4).

Figura 4: Média Pluviométrica Mensal do ano de 1993.

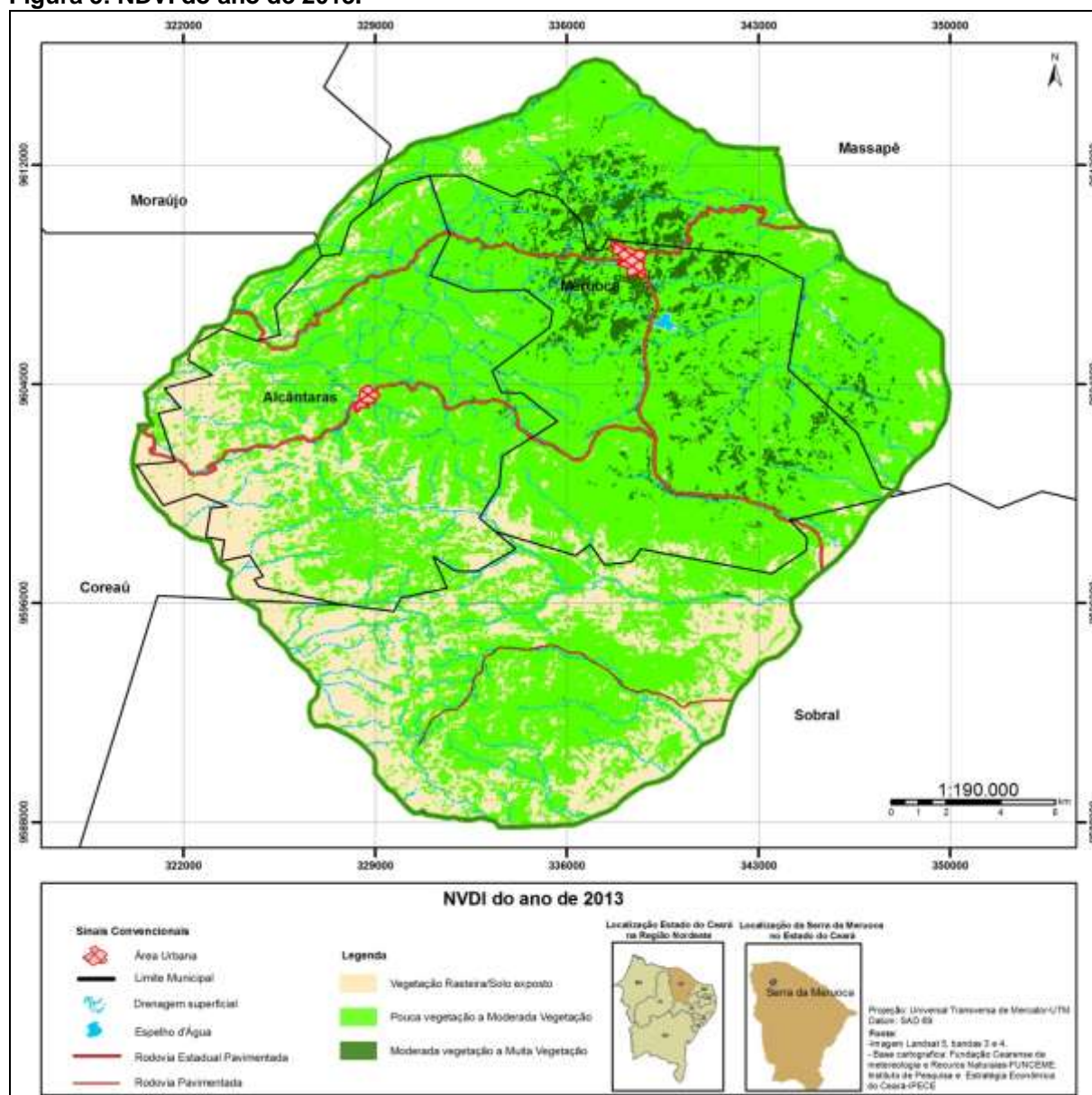


Fonte: FUNCEME, 2013. Organização: O próprio autor.

Com o intuito de realizar uma comparação entre os anos mapeados, também foi gerado o índice de vegetação do ano de 2013, ressaltando, novamente, que ambas as imagens são do mesmo período (posteriormente a quadra chuvosa do Estado do Ceará).

O NDVI do ano de 2013, representado na figura 5, traz somente quatro classes temáticas. Isso é explicado devido a resposta espectral não ter identificado a classe de Muita Vegetação, classe essa que foi encontrada na geração do índice do ano de 1993.

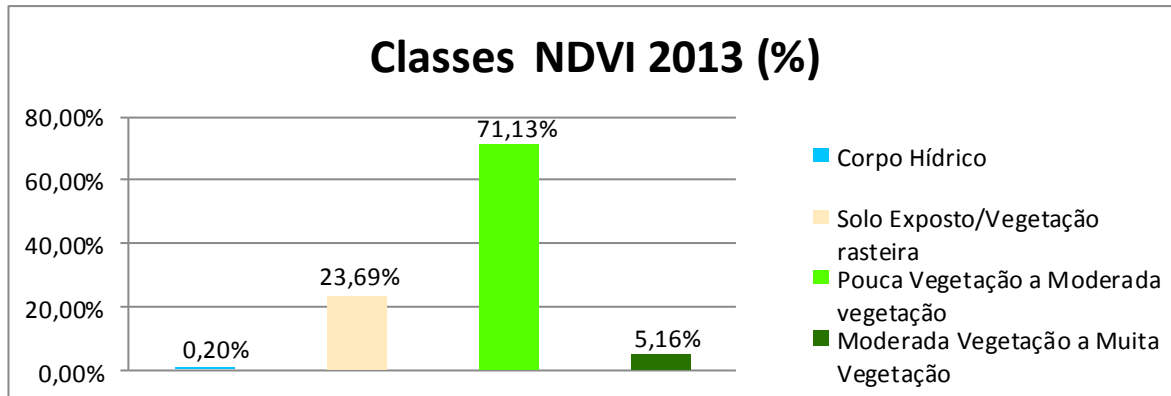
Figura 5: NDVI do ano de 2013.



Fonte: O próprio autor.

Constata-se no gráfico (figura 6), a predominância da classe de Pouca Vegetação a Moderada Vegetação, representada por 71,13% do total da área de estudo. A classe de Moderada Vegetação a Muita Vegetação é de 5,16% da área total. A resposta espectral do Solo Exposto/Vegetação Rasteira é de 23,69% e os Corpos Hídricos representados por 0,20%.

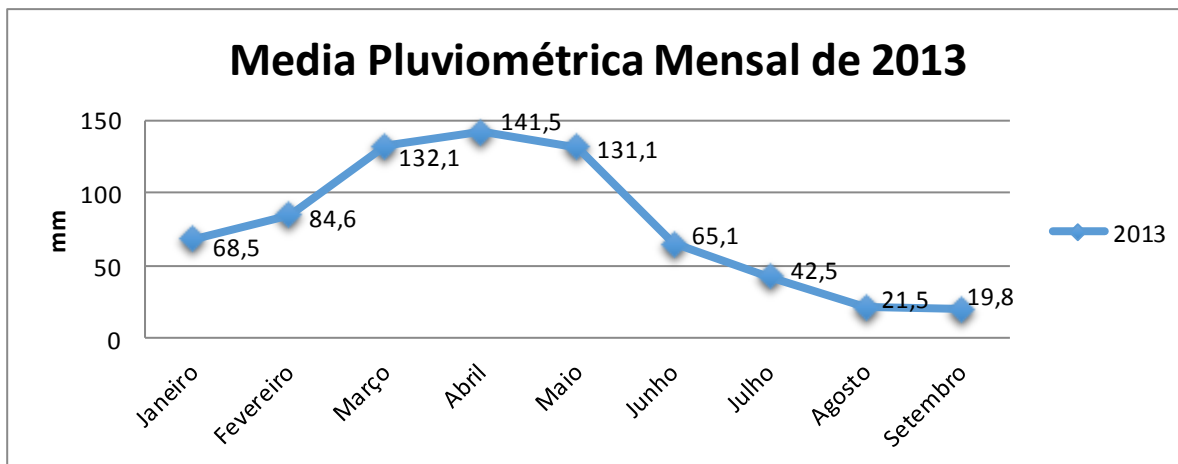
Figura 6: Classes temáticas do NDVI de 2013.



Fonte: O próprio autor.

Com relação ao regime pluviométrico no ano de 2013, o total da precipitação até o mês de obtenção da imagem foi de 706,7 mm (figura 7). Ressalta-se que 2013 também foi marcado por uma seca no Estado do Ceará.

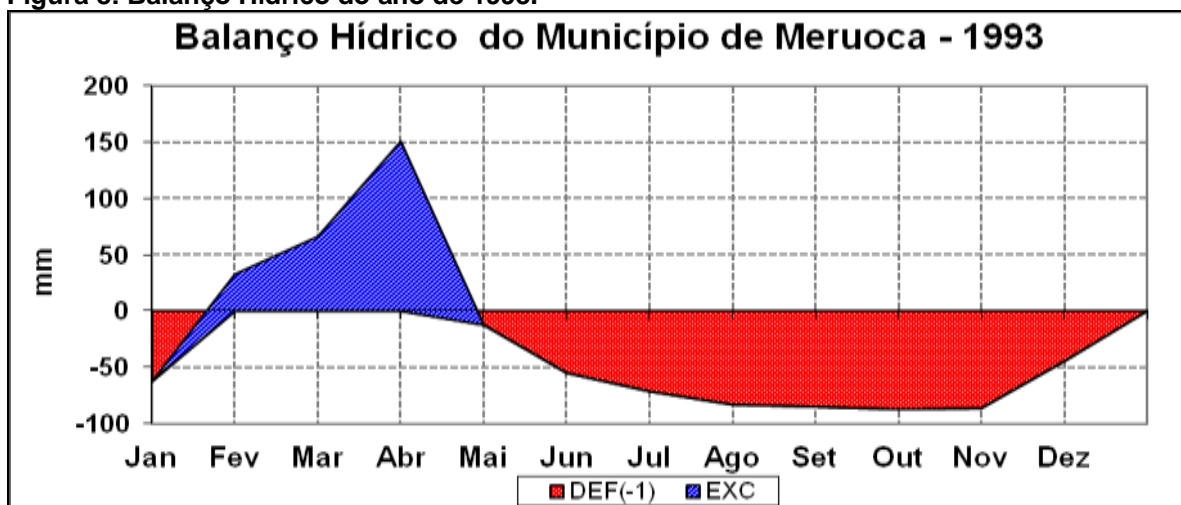
Figura 7: Média Pluviométrica Mensal do ano de 2013.



Fonte: FUNCEME, 2013. Organização: O próprio autor.

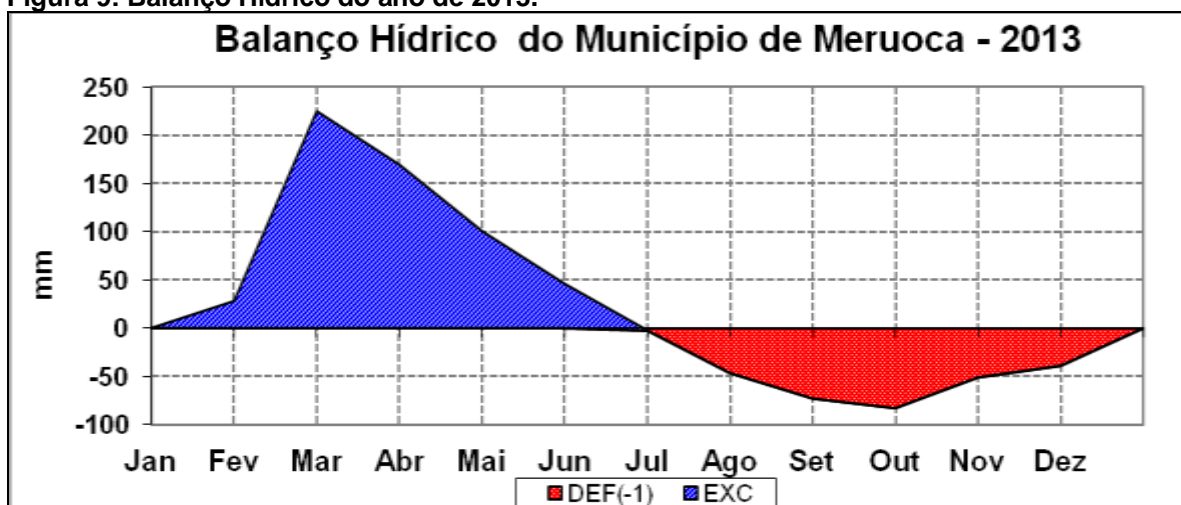
Foi extraído o balanço hídrico da área de estudo dos anos de 1993 e 2013 no posto pluviométrico localizado no município de Meruoca-CE. Na análise dos gráficos (figuras 8 e 9), percebe-se que em ambos os anos o excedente hídrico concentra-se no início do ano, logo 1993 foi um ano mais seco que 2013, visto pela deficiência hídrica no decorrer dos meses de 1993.

Figura 8: Balanço Hídrico do ano de 1993.



Fonte: O próprio autor.

Figura 9: Balanço Hídrico do ano de 2013.



Fonte: O próprio autor.

Com a análise dos mapas de índice de vegetação e dos gráficos de média pluviométrica e balanço hídrico, mostrados anteriormente, é nítido que ocorreu uma supressão da cobertura vegetal, uma vez que no ano de 2013, a classe temática de muita vegetação não foi representada. Ressalta-se que em ambos os anos 1993 e 2013 foram de seca no Estado do Ceará, pois a área de estudo é caracterizada por totais pluviométricos anuais entre 1000 e 1200 mm/ano. No entanto, no ano de 1993 o total foi de 437,3 mm/ano e 2013 foi de 706,7 mm/ano. Mesmo com o balanço hídrico mais positivo no ano de 2013, a reposição da densidade da vegetação é bem menor que a resposta obtida em 1993.

Contudo, observou-se uma diminuição da classe de Solo Exposto/Pouca Vegetação de 1993 para 2013, por isso deve-se levar em consideração a maior total pluviométrico do ano de 2013, levando há uma melhor resposta espectral da classe de Pouca Vegetação a Moderada Vegetação. Porém, mesmo com total pluviométrico maior, as classes de Moderada Vegetação a Muita Vegetação e Muita Vegetação não conseguem se sobressair.

O processo de degradação da vegetação na Serra da Meruoca é bem antigo. O que se constatava já na década de 1980 eram as serras destituídas de suas matas, que antes eram responsáveis pela formação de microclimas de altitude, fertilidade das encostas e vales, abrigo e manutenção de uma fauna bem diversificada, e hoje algumas espécies vegetais típicas do semiárido nordestino, a exemplo da jurema preta, começam a aparecer na serra, comprovando a variabilidade climática regional emprestando à região um ar de degradação.

As atitudes do homem sempre tiveram uma convergência em sentido contrário à preservação do meio ambiente impondo uma pressão cada vez maior sobre os recursos naturais. Segundo Freitas Filho (2009), nas últimas décadas, observou-se em várias partes do planeta uma crescente demanda de investigações sobre a degradação do meio ambiente em seus diversos níveis de intensidade. Este grande impacto das atividades predatórias do homem sobre os recursos naturais tem proporcionado em diferentes áreas do globo terrestre níveis críticos de degradação ambiental.

A degradação ambiental em ambientes de exceção como esse se tornam praticamente um processo irreversível, cabendo a própria população e aos órgãos ambientais competentes buscar uma forma de amenizar os efeitos da degradação. Freitas Filho (2009) *apud* Ab'Saber (2006) cita a carência de planos e ações abrangentes para a manutenção da biodiversidade brasileira, enfatizando que o mais preocupante no Brasil não é a devastação ocorrida ao longo dos seus quinhentos anos de povoamento e sim nas últimas quatro décadas. Referido autor coloca ainda que o ritmo de destruição da biodiversidade brasileira obteve um crescimento alarmante a partir da década de 1960 e que há uma necessidade cada vez maior de se conhecer não só o domínio básico da natureza e seus ecossistemas, como também, o de se obter conhecimentos da tipologia dos espaços geográficos e sociais criados por processos antrópicos ao longo dos tempos.

CONCLUSÕES

A degradação ambiental é um dos resultados da utilização dos recursos naturais sem nenhuma conscientização humana, constatados nas formas de uso e ocupação da

terra. Isso acarreta a transformação dos recursos renováveis em não-renováveis, provocando impactos ambientais em todo o geossistema.

Com a geração do índice de vegetação dos anos de 1993 e 2013 verifica-se a regressão da cobertura vegetal da Serra da Meruoca-CE. Juntamente com a análise dos gráficos pluviométricos e do balanço hídrico, concluiu-se que, mesmo com o total pluviométrico mais elevado e o balanço hídrico mais positivo no ano de 2013, a resposta da vegetação foi inferior à resposta obtida no ano de 1993.

A ação do homem e as formas de uso e ocupação do espaço ampliaram a degradação da Serra da Meruoca-CE. A não utilização de formas mais conservacionistas no uso do solo e cobertura da terra geraram problemas ambientais praticamente irreversíveis, colocando em risco a dinâmica do ciclo hidrológico, a capacidade produtiva dos solos, a cobertura vegetal, a alteração na qualidade ambiental, o aumento dos processos erosivos.

Verifica-se na área de estudo uma expansão urbana realizada de forma desordenada, ocupando principalmente os cursos dos rios e riachos. A população continua utilizando-se de técnicas agropastoris totalmente inadequadas. A presença de mineração clandestina, de desmatamentos e a realização de queimadas são problemas que geram consequências, principalmente na diminuição qualidade ambiental, conseqüentemente, na qualidade de vida da população local.

Há uma tendência que os desequilíbrios ambientais se intensifiquem na Serra da Meruoca-CE, constatado principalmente no acelerado crescimento demográfico. Conclui-se que a pressão sobre os recursos naturais renováveis da Serra da Meruoca-CE tende a ampliar.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. CPTEC/INPE. Fenômeno El Niño atua com atividade moderada no Oceano Pacífico Equatorial. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 07 nov. 2013.
- CEARÁ. FUNCEME. Gráfico de chuvas dos postos pluviométricos. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/548gr%C3%A1fico-de-chuvas-dos-postos-pluviom%C3%A9tricos>. Acesso em: 12 nov. 2013.
- FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, p.1-160, 2008.
- FREITAS FILHO, Manuel Rodrigues de; PELLERIN, Joel Robert Georges Marcel. Aplicação de geotecnologias na análise da dinâmica da cobertura e uso da terra de um enclave úmido do ambiente semiárido cearense: O setor da APA da Serra de Baturité entre 1958 e 2004. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Natal. **Anais**. p. 5797 – 5804, 2009.
- GOMES, Daniel Dantas Moreira et al. Análise multitemporal do processo de degradação da vegetação da bacia hidrográfica do Rio Jaibas no Estado do Ceará. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 2, n. 15, p.41-62, maio/ago. 2011.
- JENSEN, John. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**: tradução de José Carlos Epiphanyo (coordenador). S. J. dos Campos-SP, Parêntese, 2009;
- LANG, Stefan. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 1-424, 2009.
- LIU, William Tse Horng. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande-MS, Ed. UNIDERP, 908p. 2006.
- PONZONI, Flávio Jorge. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José Dos Campos: Parêntese, p. 1-144, 2009.
- SOUZA, Marcos José Nogueira de. **Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Ceará**. In Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará Fortaleza: FUNECE, p. 5-104, 2000.
- SOUZA, Marcos José Nogueira de. OS ENCLAVES ÚMIDOS E SUB-ÚMIDOS DO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO. **Mercator**: Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, p.86-102, 2006.

Recebido em 14/11/2014

Aceito em 13/08/2015