



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Avaliação da Degradação da Caatinga do Município de Sumé-PB Estimado pelo Volume de Biomassa da Vegetação Lenhosa

Paulo Roberto Megna Francisco¹, George do Nascimento Ribeiro²,
João Miguel de Moraes Neto³, Keviane Pereira Aragão⁴

¹ Doutor em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB, Brasil. Email: paulomegna@ig.com.br,

² Prof. Msc. da Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, PB, Brasil. Email: george@ccta.ufcg.edu.br

³ Prof. Dr. da UFCG, Campina Grande, PB, Brasil. Email: moraes@deag.ufcg.edu.br

⁴ Graduanda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB, Brasil. Email: kevine_aragao@yahoo.com

Artigo recebido em 03/09/2013 e aceito em 04/02/2014

RESUMO

A fragilidade natural do meio, frente às ações de uso e ocupação do solo e da consequente susceptibilidade aos processos de degradação, são fatores preponderantes no que concernem os processos de desertificação, sendo que, a fragilidade encontra-se basicamente marcada pelas características climáticas e edáficas locais, e o mau uso do solo, em sistemas naturalmente secos, constitui o principal desencadeador dos processos de degradação que compõem a desertificação. A Paraíba se encontra como líder do ranking dos estados que mais desmatam no Nordeste, em particular a região do Cariri, é mapeada como grau de desertificação muito grave. O presente trabalho objetiva estimar e avaliar a degradação da biomassa da vegetação da caatinga do município de Sumé-PB, através de imagens de satélite de média resolução espacial utilizando o geoprocessamento. Utilizando o ERDAS para gerar o NDVI e o SPRING para a classificação através do LEGAL, realizou a estimativa do volume da biomassa da vegetação lenhosa, e pelo índice de degradação da vegetação estimou a perda da biomassa. Por este trabalho pode-se concluir que o uso de geotecnologias foi possível mapear, classificar e analisar satisfatoriamente a área de estudo; Com a metodologia utilizada para estimar a degradação da vegetação através do IDVL, constatou-se que 45,64% da área estão em processo de perda de biomassa e degradação; Através do cálculo de volume de biomassa da vegetação pelo VBVL, pôde-se constatar que a área do município de Sumé está degradada, apresentando 52,11% em processo de perda de biomassa.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Índice de Vegetação, Análise Ambiental.

Evaluation of the Deterioration of the Caatinga of the Municipality of Sumé-PB Estimated by Volume of Biomass of Woody Vegetation

ABSTRACT

The fragility of the natural environment, in the face of actions for use and occupation of land and consequent susceptibility to degradation processes are important factors that concern the processes of desertification, and the fragility is primarily marked by climatic and edaphic local, and misuse of soil, naturally dry systems, is the main precipitating factor of the degradation processes that make up the desertification. Paraíba is a leader in the ranking of the states that most deforestation in the Northeast, in particular the Cariri, is mapped as a very serious degree of desertification. The present work aims to estimate and evaluate the degradation of vegetation biomass of the Caatinga of the municipality of Sumé-PB, through satellite images of medium spatial resolution using GIS. Using ERDAS to generate the NDVI and SPRING for classification through LEGAL, performed the estimated volume of biomass of woody vegetation and the rate of degradation of vegetation estimated loss of biomass. For this study it can be concluded that the use of geotechnology was possible to map, classify and analyze satisfactorily the study area; With the methodology used to estimate the degradation of vegetation through IDVL, it was found that 45.64% of the area are in the process of biomass loss and degradation; By calculating the volume of vegetation biomass by VBVL, it could be seen that the area of the municipality of Sumé is degraded, with 52.11% in case of loss of biomass.

Keywords: Geoprocessing, Index Vegetation, Environmental Analysis.

Introdução

A desertificação pode ser entendida como a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas (SAMPAIO *et al.*, 2006).

A fragilidade natural do meio, frente às ações de uso e ocupação do solo e da consequente susceptibilidade aos processos de degradação, são fatores preponderantes no que concernem os processos de desertificação, sendo que, a fragilidade encontra-se basicamente marcada pelas características climáticas e edáficas locais, e o mau uso do solo, em sistemas naturalmente secos, constitui o principal desencadeador dos processos de degradação que compõem a desertificação (OLIVEIRA-GALVÃO e SAITO, 2003).

Conforme os números do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a Paraíba se encontra como líder do ranking dos estados que mais desmatam no Nordeste. Segundo relatório do mesmo, o desmatamento corresponde hoje a cerca de 70% da mata nativa, número superior ao registrado em outros estados do Nordeste, que é de 50% (ALVES *et al.*, 2009).

Segundo Alves *et al.* (2009), as causas da desertificação na Paraíba não diferem das que são encontradas em outros estados nordestinos. Elas são decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, de práticas

agrícolas inapropriadas e, sobretudo de modelos de desenvolvimento macro e microeconômicos de curto prazo. Outro grave aspecto a considerar são as práticas agrícolas tradicionais, geralmente associadas a um sistema concentrado de propriedade da terra e da água, conduzindo a graves problemas socioeconômicos que se aprofundam, quando sobrevêm as secas.

Várias técnicas já foram utilizadas com o objetivo de se avaliar quantitativamente e qualitativamente o estado da vegetação a partir de imagens de satélites e índices de vegetação foram então desenvolvidos a fim de reduzir o número de parâmetros presentes nas medidas multiespectrais. Tais índices têm sido usados na estimativa de vários parâmetros da vegetação. Embora muitos índices vegetativos existam, o mais usado e conhecido atualmente é o denominado índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) que permite o monitoramento da densidade e do estado de vigor da vegetação verde sobre a superfície terrestre (FRANCISCO *et al.*, 2012a).

De acordo com Chaves *et al.* (2008), em áreas continentais é a vegetação o tipo de recobrimento da terra mais abrangente e frequente, expressando interações significativas com os fatores abióticos naturais e com as atividades humanas, servindo de parâmetro indicador da qualidade e da preservação ambiental. A resposta espectral da vegetação nas imagens dos sensores remotos está relacionada

principalmente ao tipo, à qualidade e quantidade da biomassa vegetal que variam no espaço e no tempo, com a disponibilidade dos fatores de desenvolvimento vegetal, luz, calor, nutrientes e água (KOSMAS *et al.*, 2000; JENSEN, 2000).

Conforme Chaves *et al.* (2008), para cada padrão de vegetação de Caatinga representativo de uma região fisiográfica de estudo é necessário que se estabeleça um valor de referência da biomassa para uma condição de máxima preservação; só assim é possível se fazer uma estimativa do volume da biomassa para toda a área de estudo, bastando multiplicar o volume padrão de referência pelas áreas consideradas e seus

respectivos valores de IBVL, obtidos da descrição da vegetação.

Portanto o presente trabalho objetiva estimar e avaliar a degradação da biomassa da vegetação da caatinga do município de Sumé-PB através de imagens de satélite de média resolução espacial utilizando o geoprocessamento.

Material e Métodos

A área de estudo compreende o município de Sumé-PB, com extensão de 838,6 km², localizado na região do Cariri, Planalto da Borborema, cujo principal rio é o Sucuru (Figura 1).

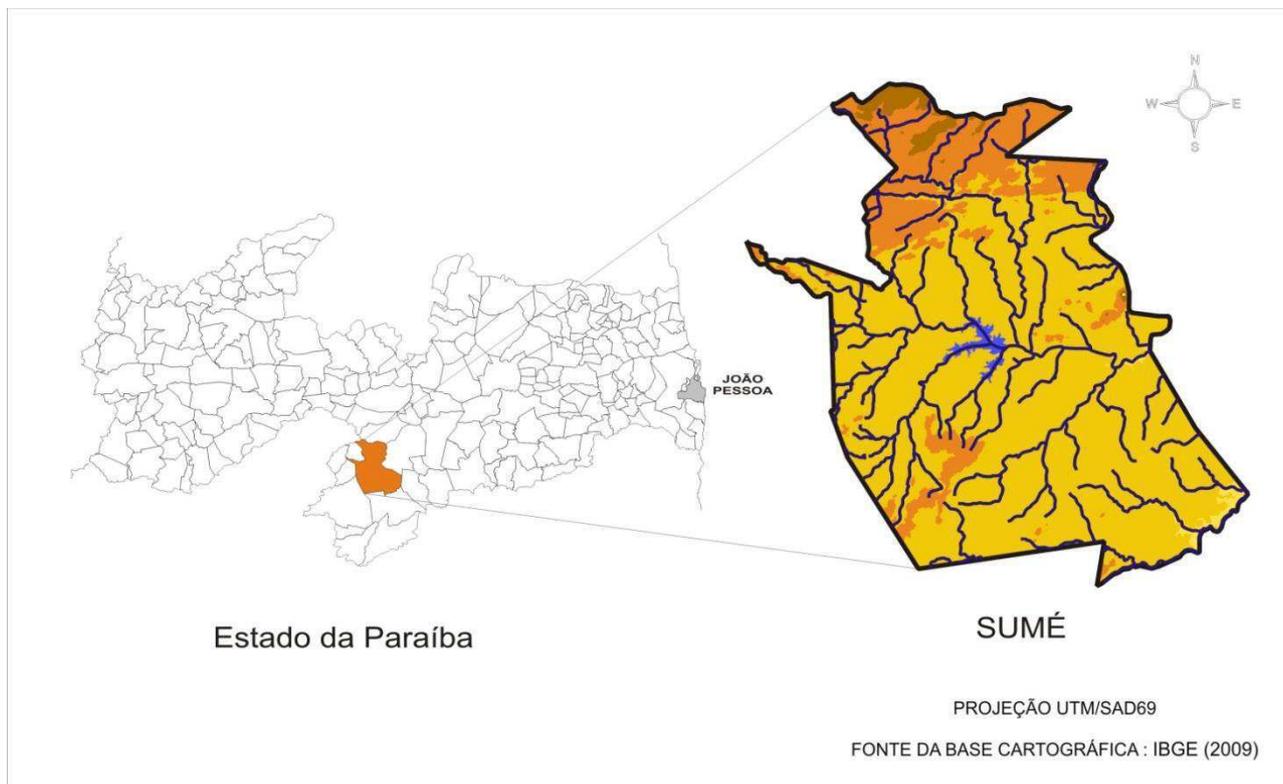


Figura 1. Localização da área de estudo.

Fonte: Adaptado de IBGE (2009); NASA (2002); PARAÍBA (2006).

É uma área aberta, no terço médio do Estado, divisa com o Estado de Pernambuco, com relevo suave ondulado, altitudes

predominantemente variando entre 300 a 700 m (Figura 2). A temperatura média anual está entre 26°C e a precipitação média anual

superior a 600mm. O clima é do tipo Bsh (semiárido quente), com chuvas apresentando uma forte variação na distribuição espacial,

temporal e interanual, e uma estação seca que pode atingir 11 meses (FRANCISCO *et al.*, 2012).

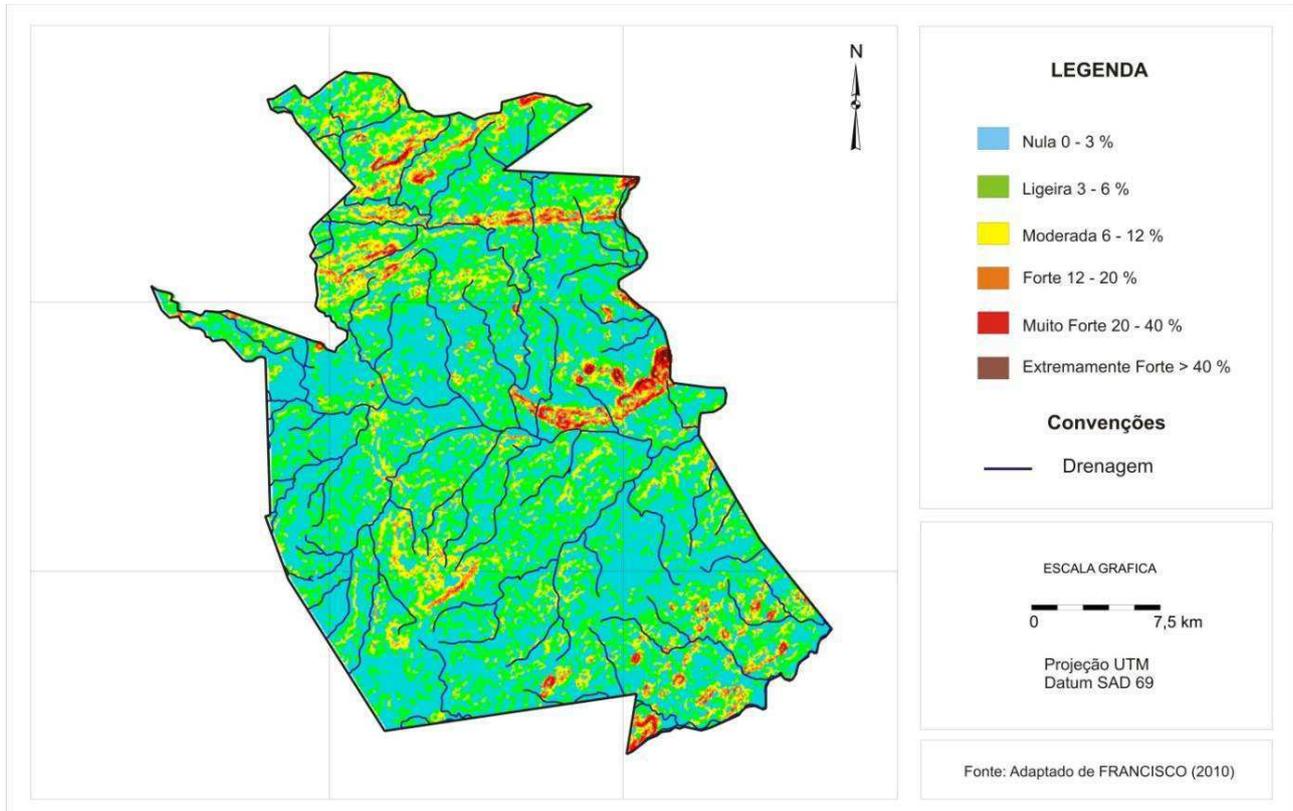


Figura 2. Mapa de declividade da área de estudo. Fonte: Adaptado de Francisco (2010).

A área de estudo apresenta vegetação do tipo caatinga hiperxerófila e a predominância de solos Bruno Não Cálcico, atual Luvisolos Crômicos bem desenvolvidos, em relevo suave ondulado conforme a reclassificação de Campos e Queiroz (2006) e EMBRAPA (2009), e pelas limitações climáticas apresenta o sistema de exploração agrícola, pecuária e agricultura de

subsistência. Ocorre também na área os solos Litólicos, atuais Neossolos Litólicos Eutróficos fase pedregosa, substrato gnaisse e granito, e os Vertissolos relevo suave ondulado e ondulado, predominam nas partes mais baixa, no entorno da drenagem e os Planossolos Nátricos relevo plano e suave ondulado (FRANCISCO *et al.* 2012) (Figura 3).

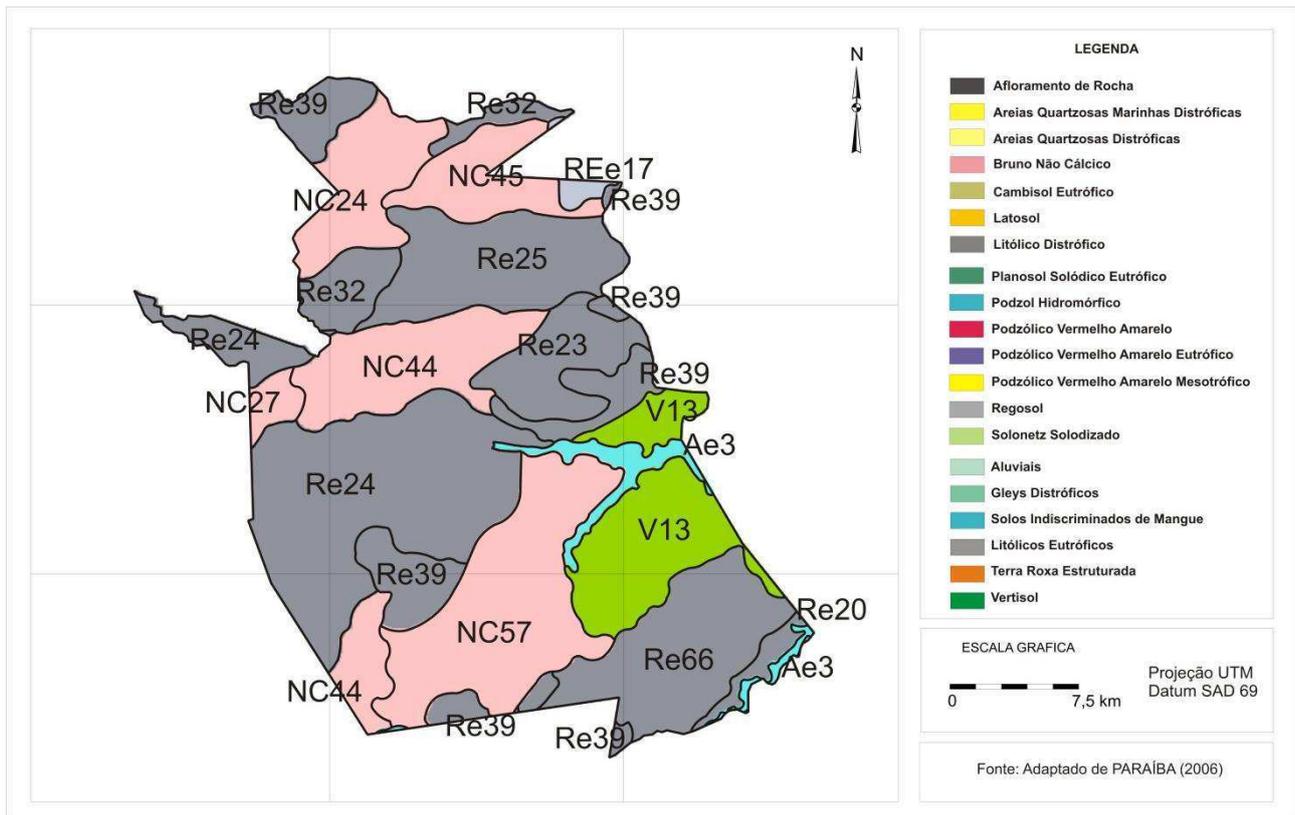


Figura 3. Mapa de solos da área de estudo. Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006).

Utilizando o Google Earth online foram pré-selecionados os alvos terrestres representativos dos diferentes tipos de vegetação e realizada visitas ao campo para georreferenciar, fotografar e descrever em caderneta de campo.

Neste trabalho, foram utilizadas imagens do sensor TM/LANDSAT 5, órbita 215, ponto 65, de 28/10/2009. As imagens foram tratadas utilizando o software ERDAS 8.5, onde foi executada a correção radiométrica, e obtida as imagens de radiância e reflectância, de acordo com o modelo obtido por Bastiaanssen (SILVA *et al.*, 2005a). A etapa seguinte correspondente ao índice de vegetação que está bem descrita em Silva *et al.* (2005b). Para a obtenção do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi utilizada a equação 1:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (1)$$

Onde: NIR (Infravermelho próximo) = banda 4; RED (Vermelho) = banda 3.

Após a obtenção das imagens-índices de vegetação e com o objetivo de mapear a vegetação de caatinga através do NDVI, foi criada uma base de dados no SPRING 5.2, na projeção UTM/SAD69, importando as imagens-índices e classificando-as com a utilização do programa LEGAL de acordo com os valores físicos de NDVI (Tabela 1), escalonada em 6 classes de cobertura vegetal, correspondente ao IBVL conforme a metodologia proposta por Chaves *et al.* (2008) e utilizada por Francisco *et al.* (2013).

Tabela 1. Classes de vegetação e correspondência entre valores do índice de biomassa da vegetação lenhosa (IBVL) e índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI)

Classes de IBVL	Valores de IBVL	Valores de NDVI
Arbórea Subarbórea densa	>0,60	>0,315
Subarbórea Arbustiva densa	0,50-0,60	0,265-0,315
Arbustiva Subarbórea densa	0,30-0,50	0,230-0,265
Arbustiva Subarbustiva aberta	0,20-0,30	0,195-0,230
Subarbustiva Arbustiva rala	0,10-0,20	0,180-0,195
Subarbustiva Arbustiva muito rala	0,05-0,10	0,150-0,180
Solo exposto	< 0,05	0-0,150
Corpos d'água	< 0	< 0

Fonte: Adaptado de Francisco *et al.* (2013).

Para a estimativa do índice de degradação da vegetação (IDV), desenvolvida por Chaves *et al.* (2008) e utilizada por Francisco *et al.* (2013), foi determinada pela diferença entre o índice de biomassa da vegetação lenhosa (IBVL), para uma condição hipotética de máxima preservação, e a condição da vegetação que se quer avaliar conforme a equação 2.

$$IDV = \left(\frac{1}{IBVL} \right) \quad (2)$$

Sendo 1, o valor do índice de biomassa da vegetação lenhosa (IBVL) de condição de máxima preservação; e IBVL, o índice de biomassa para a condição de vegetação que se quer avaliar.

Conforme Chaves *et al.* (2008), para cada bioma de caatinga representativo de uma região fisiográfica de estudo é necessário que se estabeleça, um valor de referência da biomassa para uma condição de máxima preservação; só assim é possível se fazer a estimativa do volume da biomassa para as demais áreas de estudo, bastando multiplicar o volume padrão de referência pela superfície

da área considerada e pelo IBVL obtido da descrição da vegetação.

Ao considerar que para uma região de Caatinga, o volume da biomassa da vegetação lenhosa para uma área com máxima preservação seja de $108 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (FRANCELINO *et al.*, 2003), a estimativa do volume da biomassa para um hectare, seria conforme a equação 3.

$$VBVL = V_{\text{máx}} * \text{Área} * IBVL \quad (3)$$

Adotou-se, como volume de referência, a estimativa apresentada por Francelino *et al.* (2003), relativo à produtividade de uma área de Caatinga preservada, descrita como Caatinga fechada do tipo florestal 4, com alto valor de recobrimento do solo e com presença de sub-bosques, apresentando um volume médio de madeira de $108 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Resultados e Discussão

Na Figura 4, observa-se o mapa de tipologias da vegetação e na Tabela 2, os dados do mapeamento da vegetação da área de estudo, os valores em área e percentagem de ocupação.

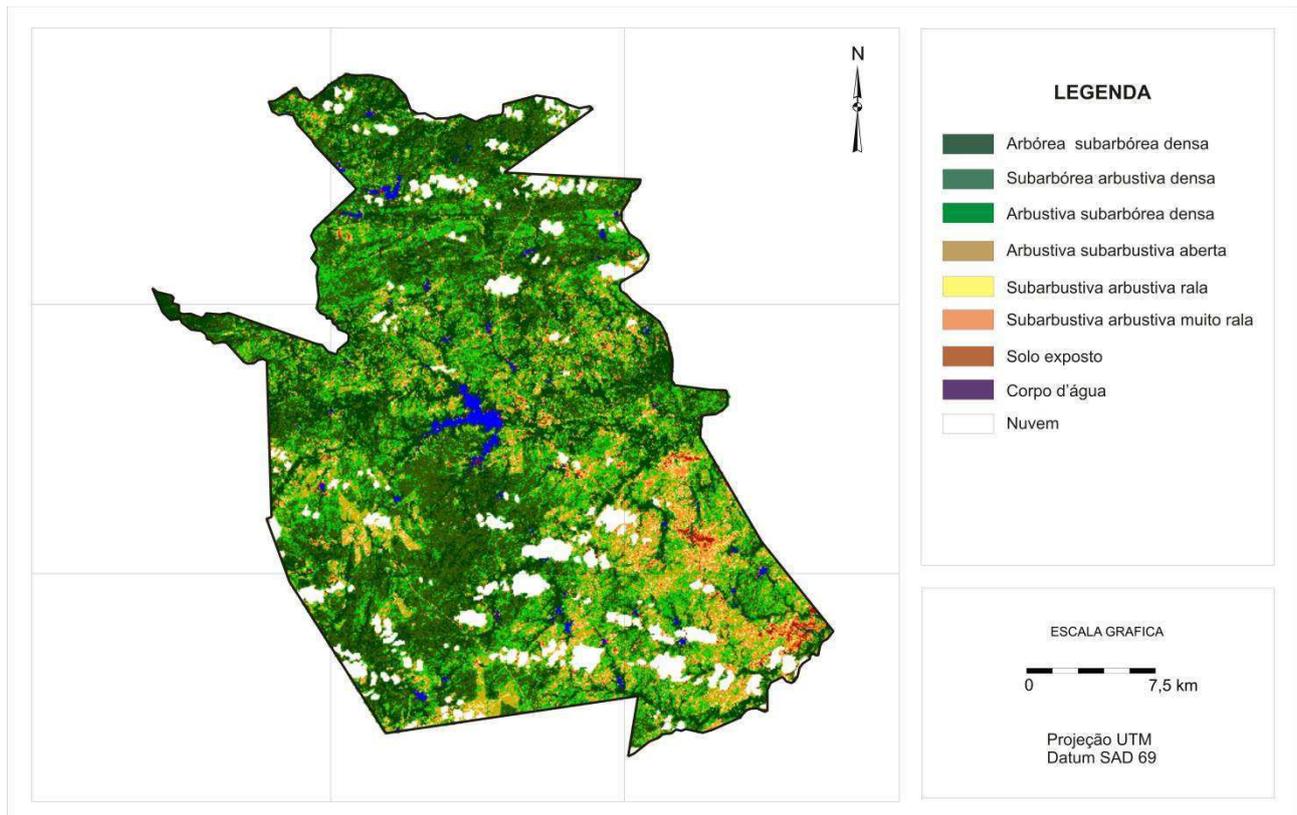


Figura 4. Mapa de tipologias de vegetação de caatinga.

Tabela 2. Distribuição das classes de vegetação

Classes de Vegetação	Área	
	km ²	%
Arbórea subarbórea densa	145,1	17,3
Subarbórea densa	259,8	31,0
Arbustiva subarbórea densa	195,6	23,3
Arbustiva subarbustiva aberta	115,8	13,8
Subarbustiva arbustiva rala	25,0	3,0
Subarbustiva arbustiva muito rala	22,3	2,7
Solo exposto	8,9	1,1
Corpos d'água	8,7	1,0
Nuvem	57,4	6,8
Área Total	838,6	100,00

Conforme Francisco *et al.* (2013), a escolha da metodologia de descrição da vegetação de caatinga utilizando o IBVL, juntamente com a descrição no campo de pontos observacionais, formam um conjunto de técnicas de uso simples e suficientemente capaz de auxiliar o processo de entendimento

e análise temática, que se faz de grande confiabilidade.

Francisco *et al.* (2012b), observou que com a utilização de imagem orbital de média resolução espacial, a classificação pelo IBVL e a classificação utilizando o NDVI foi satisfatória para a separação das fisionomias

existentes na área estudada, resultado similar observado neste trabalho.

Fazendo uso do mapa hipsométrico (Figura 1) e do mapa de solos (Figura 2), pode observa-se que existe uma estreita relação entre áreas mais altas e os solos Neossolos Litólicos com unidades mais densas de vegetação, estas representadas pela classe Arbórea subarbórea densa, Subarbórea densa (Figura 4) e Arbustiva subarbórea densa, que ocupam 145,1 km², 259,8 km² e 195,6 km², respectivamente correspondendo no conjunto a 71,6% da área (Tabela 1). Paes-Silva *et al.* (2003), também observaram trabalhando em bacias próximas a área de estudo, esta relação entre vegetação e áreas declivosas e de difícil acesso.

As áreas mais desnudas de vegetação estão mais próximas da drenagem e aumentam na medida em que diminui de altitude e principalmente em áreas de solos Vertissolos que predominam nas partes mais baixas, no entorno da drenagem ao sudeste da área de estudo (Figura 3). Nestas áreas ocorrem as classes de solo exposto (Figura 4), Subarbustiva arbustiva muito rala e Subarbustiva arbustiva rala, com 25 km², 22,3 km² e 1,1 km² respectivamente, que correspondem a 6,8% da área total.

Na Tabela 3 observam-se os valores em área e percentagem de ocupação das classes de degradação obtidas pelo cálculo do índice de degradação da vegetação.

Tabela 3. Dados e estimativa da degradação da vegetação

Classes	VOLUME Referência (m ³ ha ⁻¹)	FRAÇÃO de Degradação (1-IBVL)	VOLUME Degrado (m ³ ha ⁻¹)	ÁREA (ha) x 10 ²	VOLUME Biomassa (m ³ 10 ³)
Arbórea Subarbórea densa	108	0,40	43,2	145,1	626,83
Subarbórea Arbustiva densa	108	0,55	59,4	259,8	1.543,21
Arbustiva Subarbórea densa	108	0,60	64,8	195,6	1.267,48
Arbustiva Subarbustiva aberta	108	0,75	81,0	115,8	937,98
Subarbustiva Arbustiva rala	108	0,85	91,8	25,0	229,50
Subarbustiva Arbustiva muito rala	108	0,92	99,36	22,3	221,57
Solo exposto	108	1,00	108,0	8,9	96,12
Corpo d'água	-	-	-	-	-
Nuvem	-	-	-	-	-
Área útil e volume de degradação	-	-	-	838,6	4.922,69
Máximo de biomassa	108	-	-	-	9.056,88
Índice de Degradação	-	-	-	-	45,64%

Fonte: Adaptado de Francisco *et al.* (2013).

Pelos resultados obtidos, pode-se observar que o valor para a área em estudo, para um índice de biomassa da vegetação de maior porte com IBVL igual a 1, seria um

valor total de 9.056.880 de m³. Os valores de volume encontrados representam 54,36% do volume ideal proposto por Chaves *et al.* (2008). Francisco *et al.* (2013) observaram

em área contígua pertencente à bacia do rio Taperoá, que os valores de volume encontrados para toda a bacia representaram somente 38,02% do volume ideal demonstrando que 61,98% da área útil da bacia estão em processo de perda de biomassa. Portanto a área do município de Sumé apresenta um maior volume de biomassa em comparação com a bacia do Taperoá.

A classe Arbustiva Subarbórea densa com 1.267.480 m³ e Arbustiva Subarbusativa aberta com 626.830 m³, representam 6,92 e 17,03% da área respectivamente. As classes Arbustiva subarbórea densa e Arbustiva subarbusativa aberta, perfazem um total de 2.205.460 de m³ correspondendo a 44,80% da área. As classes Subarbusativa arbustiva rala e muito rala totalizam 9,16% da área com 451.070 m³ de uma vegetação ideal.



Figura 5. Área de vegetação Arbustiva subarbusativa aberta.

Para a classe Subarbórea Arbustiva densa, foram obtidos os maiores valores de volume de 1.543,21 m³ e somando-se com os valores da classe Arbórea Subarbórea densa de 626,83 m³, perfaz-se um total de 23,96%, neste caso, abaixo do ideal de conservação da vegetação da área de estudo.

Francisco *et al.* (2013) estudando área contígua, observou que as classes Subarbórea arbórea densa e Subarbórea densa representam 4,29 e 4,07% da área, e as classes

Arbustiva subarbórea densa, Arbustiva subarbórea aberta e Arbustiva subarbusativa aberta correspondem a 14,57%, e as classes Subarbusativa arbustiva rala e muito rala representam 3,26%, totalizando somente 26,19% da área com vegetação ideal.



Figura 6. Área de vegetação Arbustiva subarbórea densa.

Na Tabela 4 observam-se os valores de volume de biomassa da vegetação da área de estudo.

Tabela 4. Dados da estimativa do volume da biomassa lenhosa

Classes	Volume Referência (m ³ ha ⁻¹)	IBVL médio	Área (ha x 10 ²)	Volume de Biomassa	
				(m ³ 10 ³)	(%)
Arbórea Subarbórea densa	108	0,60	145,1	94,02	25,41
Subarbórea Arbustiva densa	108	0,55	259,8	154,32	41,71
Arbustiva Subarbórea densa	108	0,40	195,6	84,50	22,84
Arbustiva Subarbustiva aberta	108	0,25	115,8	31,27	8,46
Subarbustiva Arbustiva rala	108	0,15	25,0	4,05	1,09
Subarbustiva Arbustiva muito rala	108	0,075	22,3	1,81	0,49
Solo exposto	-	-	8,9	-	-
Valores totais cobertura vegetal		-	772,5	369,97	100
Corpos d'água		-	8,7	-	-
Nuvens		-	57,4	-	-
Área Total			838,6		

Fonte: Adaptado de Francisco *et al.* (2013).

Para áreas de assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), no Rio grande do Norte, Francelino *et al.* (2003) encontraram rendimentos de madeira, além do valor utilizado como

referência neste trabalho; valores de 52,6 m³ ha⁻¹ e 23,1 m³ ha⁻¹, foram encontrados para áreas de vegetação descritas como Arbustivo-arbóreo fechado e aberto, respectivamente. Costa *et al.* (2002), encontraram avaliando a

biomassa da Caatinga do sertão do Seridó, no Rio Grande do Norte, um coeficiente de correlação de 0,76 entre medidas de parcelas de campo e estimativas a partir de leitura de NDVI. As determinações de biomassa variaram desde $2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a $48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, de parcelas descritas como Caatinga aberta, com malva e capim Panasco, e Caatinga arbórea secundária densa, respectivamente.

Já Silva *et al.* (2008), encontraram trabalhando em áreas de assentamento, no Estado de Pernambuco, embora não descreva o tipo de vegetação, um valor médio de produção de madeira de $31,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e valor máximo de $57,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Embora as metodologias de descrição e avaliação sejam diferentes, e a diversidade e predominância das espécies, além do estado de maturação e conservação da vegetação, os dados encontrados neste trabalho para estimativa da biomassa da vegetação de Caatinga são compatíveis com os valores da literatura.

Pode-se observar que os valores totais das classes de $772,5 \text{ km}^2$ representando 47,89% da área com cobertura vegetal, demonstrando pelos cálculos que 52,11% da área útil da área de estudo estão em processo de perda de biomassa. As áreas das classes Arbustiva subarbustiva aberta, Subarbustiva arbustiva rala e Subarbustiva arbustiva muito rala, perfazem um total de $163,1 \text{ km}^2$, representando 10,03% dos valores totais de biomassa encontrado. Segundo Paes-Silva *et al.* (2003), esse resultado é muito significativo, pois as classes de baixo índice

de biomassa indicam que boa parte da superfície do solo está exposta ao impacto das chuvas e susceptível ao processo de erosão.

Francisco *et al.* (2013), em suas considerações observa que a forma de utilização atual vem causando degradações fortes e por vezes irreversíveis e desencadeia mudanças no ambiente, com um elevado índice de degradação, expondo o solo aos agentes intempéricos, acarretando processos erosivos que vão degradar os solos.

Conclusão

Por este trabalho pode-se concluir que o uso de geotecnologias foi possível mapear, classificar e analisar satisfatoriamente a área de estudo.

Com a metodologia utilizada para estimar a degradação da vegetação através do IDVL, constatou-se que 45,64% da área estão em processo de perda de biomassa e degradação.

Através do cálculo de volume de biomassa da vegetação pelo VBVL, pôde-se constatar que a o a área do município de Sumé está degradada, apresentando 52,11% em processo de perda de biomassa.

Referências

- Alves, J. J. A., Araújo, M. A. de, Nascimento, S. S. do. 2009. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Revista Caatinga*, 22(3), 126-135.
- Campos, M. C. C., Queiroz, S. B. 2006. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do estado da

- Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 6(1), 45-50.
- Chaves, I. de B., Lopes, V. L., Folliott, P. F., Paes-Silva, A. P. 2008. Uma classificação morfo-estrutural para descrição e avaliação da biomassa da vegetação da caatinga. *Revista Caatinga*, 21(2), 204-213.
- Costa, T. C. C., Accioly, L. J. O., Oliveira, M. A. J., Burgos, N., Silva, F. H. B. B. 2002. Phytomass mapping of the Seridó caatinga vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indices. *Scientia Agrícola*, 59(4), 707-715.
- EMBRAPA. 2009. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- Francisco, P. R. M., Chaves, I. de B., Lima, E. R. V. de. 2012. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(2), 233-249.
- Francisco, P. R. M., Chaves, I. de B., Chaves, L. H. G., Lima, E. R. V. de. 2012a. Detecção de mudança da vegetação de caatinga. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(6), 1473-1487.
- Francisco, P. R. M., Chaves, I. de B., Lima, E. R. V., Bandeira, M. M., Silva, B. B. 2012b. Mapeamento da caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(3), 676-693.
- Francisco, P. R. M.; Chaves, I. de B.; Chaves, L. H. G.; Lima, E. R. V. de. 2013. Estimativa da degradação da biomassa da vegetação de caatinga através de índices de vegetação. *Revista Polêmica*, 12(2). 306-321.
- Francelino, M. R., Fernandes Filho, E. I., Resende, M., Leite, H. G. 2003. Contribuição da Caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no Sertão Norte-Rio-Grandense. *Revista Árvore*, 27(1), 79-86.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. URL [On line]: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12 março, 2011.
- Jensen, J. R. 2000. Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective. *Englewood Cliffs*, New Jersey: Prentise Hall, 2nd Edition. 544p.
- Kosmas, C., Danalatos, N. G., Gerontidis, S. T. 2000. The effect of land parameters on vegetation performance and degree of erosion under Mediterranean conditions. *Catena*, 40, 3-17.
- NASA. 2002. USGS. SRTM - Shuttle Radar Topography Mission Home Page.
- Oliveira-Galvão, A. L. C. de., Saito, C. H. (2003). Mapeamentos sobre desertificação no Brasil: uma análise comparativa. *Brasil Florestal*, 22(77), 9-20.
- Paes-Silva, A. P., Chaves, I. de B., Sampaio, E. V. S. B. 2003. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude Namorado no cariri oriental paraibano. *Agropecuária Técnica*, 24(1), 47-59.
- PARAÍBA. 2006. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. *PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas*. Brasília, DF, 112p.
- Sampaio, E. V. S. B., Araújo, M. do S. B., Sampaio, Y. S. B. 2006. Propensão à desertificação no semiárido brasileiro. *Revista de Geografia*, 22(2), 59-76.
- Silva, B. B., Lopes, G. M., Azevedo, P. V. 2005a. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 13(2), 11-21.
- Silva, B. B., Lopes, G. M., Azevedo, P. V. 2005b. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens LANDSAT 5 – TM. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20(2), 243-252.
- Silva, B. B. da, Mendonça, R. R. de O., Silva, S. T. A. da, Ferreira, R. da C. 2008. Mapeamento do albedo de áreas heterogêneas do estado do Ceará com imagens TM - LANDSAT 5. *Revista de Geografia*, 25(2), 24-41.
- Reis, A. A.; Teixeira, M. D.; Acerbi, Jr. W.; Mello, J. M.; Leite, L. R.; Silva, S. T. 2012. Land use and occupation analysis of permanent preservation areas in Lavras county, MG. *Revista Ciência e*

- Agrotecnologia, Lavras, v. 36, n. 3, p. 300-308. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542012000300005&script=sci_arttext>. Acesso em 10 de Março de 2013.
- Skorupa, L. A. 2003. Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável. Jaguariúna – SP: Embrapa Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Skorupa_areasID-GFiPs3p4lp.pdf>. Acesso em 13 de Junho de 2013.
- Silva, S. H. L.; Braga, F. A.; Fonseca, A. R. 2010. Análise de conflito entre legislação e uso da terra no município de Itabira – MG. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 11, n. 34, p. 131-144. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16077>>. Acesso em 13 de Junho de 2013.
- Valeriano, M. M. 2008. TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em 13 de Maio de 2013.