
**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA
(NDVI) PARA AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DO ENTORNO DO
AÇUDE CALDEIRÃO, EM PIRIPIRI (PI), BRASIL¹**

Francílio de Amorim dos **SANTOS**

Mestre em Geografia. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí / *Campus* Piripiri
francilio.amorim@ifpi.edu.br
<http://lattes.cnpq.br/3875059752770416>

Walkyane Alyne Santos **OLIVEIRA**

Discente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí / *Campus* Piripiri
walkyanealyne@live.com
<http://lattes.cnpq.br/7607767324273461>

RESUMO: A cobertura vegetal influencia diretamente à dinâmica dos solos. Desse modo, foi de suma importância desenvolver estudo para diagnosticar o estado de conservação/degradação ambiental da cobertura vegetal do Açude Caldeirão, em Piripiri (PI), por meio do uso de imagens do satélite Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI e técnicas de sensoriamento remoto para aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), permitindo mensurar a densidade da fitomassa foliar fotossinteticamente ativa por unidade de área. O resultado do NDVI para os anos de 1984 e 2013 aponta aumento nas classes Moderada, Moderadamente Baixa e Baixa, respectivamente, em 3,7%, 2,4% e 1,5%; entretanto, a quantidade de água disponível teve redução de 6,6% na área em estudo. A melhoria no padrão de cobertura vegetal deve-se a campanhas de sensibilização ambiental e aumento da área destinada ao plantio de pastagem; o aumento da demanda de água para consumo da população piripiriense aliado às mudanças climáticas e assoreamento do Açude contribuíram para a redução do volume de água na área. Dessa forma, os dados do NDVI apontaram melhorias no padrão de cobertura vegetal, principalmente da classe moderada, entretanto houve redução do volume de água disponível na área em estudo. Logo, tais resultados possibilitam apontar estratégias a serem mantidas com base no planejamento das atividades, com monitoramento e assistência técnica, para manter a qualidade ambiental no Açude Caldeirão, em Piripiri (PI).

Palavras-chave: Microbacia Hidrográfica. Vegetação. Sensoriamento Remoto.

EVALUATION THE VEGETATION COVER THE AÇUDE CALDEIRÃO, IN PIRIPIRI (PI), FROM THE DIFFERENCE VEGETATION INDEX FOR STANDARD (NDVI)

ABSTRACT: The vegetation directly influences the dynamics of soil. Thus, it was of paramount importance to develop study to diagnose the state of conservation / environmental degradation of the vegetation cover of the Açude Caldeirão in Piripiri (PI), through the use of the Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI satellite images and remote sensing techniques to apply the Vegetation Index Normalized Difference (NDVI), allowing to measure the density of photo synthetically active foliar biomass per unit area. The result of NDVI for the years 1984 and 2013 shows an increase in moderate classes, Moderately Low and Low, respectively, 3.7%, 2.4% and 1.5%; however, the amount of available water fell by 6.6% in the study area. The improvement in vegetation cover pattern due to environmental awareness campaigns and increase the area for pasture planting; increasing water demand for consumption piripiriense population coupled with climate change and siltation of the Dam contributed to the reduction of water volume in the area. Thus, the NDVI data showed improvements in the standard of vegetation, especially the moderate class, however a reduction in the volume of water available in the study area. Thus, these results allow pointing strategies to be retained based on planning activities with monitoring and technical assistance, to maintain environmental quality in Açude Caldeirão in Piripiri (PI).

Keywords: Micro Basin. Vegetation. Remote Sensing.

EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN LA CUBIERTA ACUDE CALDEIRAO, EN PIRIPIRI (PI), A PARTIR DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA PARA STANDARD (NDVI)

RESUMEN: La vegetación influye directamente en la dinámica del suelo. Por lo tanto, era de suma importancia para el desarrollo de estudios para diagnosticar el estado de conservación / degradación ambiental de la cubierta vegetal de lo Açude Caldeirão en Piripiri (PI), mediante el uso de los Landsat 5 TM y Landsat 8 OLI imágenes satelitales y técnicas de teledetección para aplicar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), lo que permite medir la densidad de la biomasa foliar fotosintéticamente activa por unidad de área. El resultado de NDVI para los años 1984 y 2013 muestra un aumento en clases moderados, moderadamente

baja y baja, respectivamente, 3,7%, 2,4% y 1,5%; sin embargo, la cantidad de agua disponible se redujo en un 6,6% en el área de estudio. La mejora en el patrón de la cubierta vegetal debido a las campañas de sensibilización ambiental y aumentar el área para la siembra de pastos; aumento de la demanda de agua para la población piripiriense consumo junto con el cambio climático y la sedimentación de la represa contribuyó a la reducción del volumen de agua en la zona. Por lo tanto, los datos de NDVI mostraron mejoras en el estándar de la vegetación, especialmente la clase moderada, sin embargo, una reducción en el volumen de agua disponible en el área de estudio. Por lo tanto, estos resultados permiten señalar las estrategias que deben conservarse en base a las actividades de planificación con el seguimiento y la asistencia técnica, para mantener la calidad del medio ambiente en Açude Caldeirão en Piripiri (PI).

Palabras clave: Micro Cuenca. Vegetación. Teledetección.

INTRODUÇÃO

Para conservação dos recursos naturais, atualmente, os estudos da dinâmica ambiental alicerçam-se sobre abordagem integrada, que busca utilizar de forma equilibrada os recursos naturais. Nessa ótica, a avaliação da conservação da cobertura vegetal e monitoramento através das geotecnologias no Açude Caldeirão tornaram-se necessários para subsidiar o planejamento e conservação ambiental na área.

A cobertura vegetal tem influência direta sobre o processo de escoamento superficial, regime das águas e as características do solo. Logo, tem merecido estudos que, atualmente, utilizam imagens orbitais e sensoriamento remoto permitindo a detecção de mudanças nas características espectrais da cobertura da superfície de uma mesma área em diferentes períodos, almejando identificação de desmatamento, mudança no uso das terras, monitoramento da seca, etc., de acordo com Aquino (2010).

Nesse contexto, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) tem sido utilizado para estudos referentes à dinâmica da cobertura vegetal. Pois tendo em vista que a degradação ambiental é um dos problemas mais preocupantes atualmente, o estudo da dinâmica da cobertura vegetal é de extrema importância, para a conscientização e responsabilidade perante as consequências ambientais e sociais que poderá causar. Portanto, os objetivos do presente estudo foram: i) identificar as principais características geoambientais; ii) caracterizar as atividades desenvolvidas no Açude Caldeirão; iii)

diagnosticar o estado de conservação/degradação ambiental da cobertura vegetal do Açude Caldeirão, em Piripiri, a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

MATERIAIS E MÉTODOS

Metodologia

A abordagem sistêmica constitui base fundamental para os estudos do meio ambiente, visto que é compatível com escala humana. A paisagem, segundo Bertrand (2004), é produto da combinação dinâmica dos elementos físicos, biológicos e antrópicos que atuam uns sobre os outros e fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em contínua transformação.

Para o presente estudo empregou-se a metodologia quantitativo-qualitativa ao buscar-se quantificar, analisar e interpretar os dados do NDVI. A pesquisa foi de natureza explicativa, visto que se propôs a realizar a avaliação da conservação/degradação ambiental do Açude Caldeirão por meio da aplicação do NDVI, baseado na Equação 01.

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \quad (1)$$

Em que:

NDVI é o índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Infra-Vermelho Próximo (0,76 a 0,90 μm);

R é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Vermelho (0,63 a 0,69 μm).

O índice supracitado permite avaliar as transformações ocorridas no decorrer do tempo, a partir do comportamento da cobertura vegetal em relação ao solo, possibilitando avaliar a cobertura vegetal para os anos em uma análise de evolução temporal. Para elaboração dos mapas de NDVI, para os anos de 1984 e 2013, e de localização foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10, produzido pela empresa *Environmental Systems Research Institute (ERSI)*, cuja licença foi adquirida pelo Laboratório de Geomática da Universidade Federal do Piauí.

Para o estudo foram adquiridas imagens referentes aos anos de 1984 e 2013, distribuídos gratuitamente na internet através do site <<http://earthexplorer.usgs.gov/>> do *United States Geological Service* (USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos). Foram selecionadas imagens do satélite Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI tomando como base a menor presença de nuvens. As citadas imagens possuem as seguintes características: ponto/órbita 219/063 e data de passagem do dia 17 de setembro para os anos de 1984 e 2013.

Através da função *Reclassify* do ArcGIS, os dados do NDVI foram reclassificados em quatro classes (Tabela 1). Dessa forma, as imagens ficaram representadas por níveis que variam de 1 a 4 que corresponde, respectivamente, às melhores condições de cobertura vegetal e piores condições encontradas na área em estudo.

Tabela 1 - Classes de NDVI delimitadas para o Açude Caldeirão.

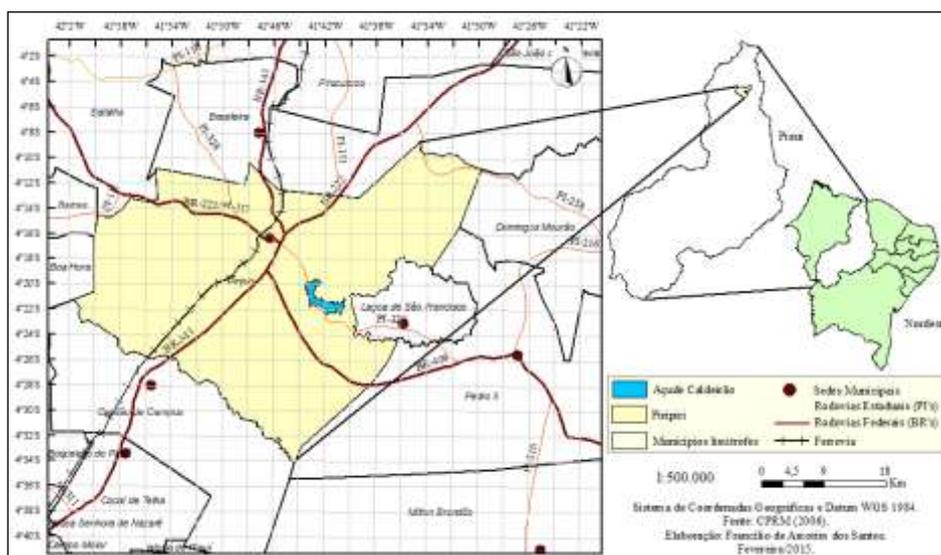
Reclassificação	Intervalo	Classes de NDVI atribuída
1	0,4 a < 0,6	Moderada
2	0,2 a < 0,4	Moderadamente Baixa
3	> 0 a < 0,2	Baixa
4	< 0	Água

Fonte: Pesquisa direta. Oliveira (Org.), 2015.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DO AÇUDE CALDEIRÃO

O Açude Caldeirão foi criado com o objetivo de regularizar o curso do rio de mesmo nome e criar a possibilidade de irrigação às suas margens, que se tornava inabitável durante os períodos de seca, a exemplo dos anos de 1900, 1908, 1919, 1927 e 1932. O Açude localiza-se há 10 km da sede do município de Piri-piri que, por sua vez, está distante 177 km de Teresina, capital do Piauí (Figura 1). A elaboração dos desenhos do Projeto Executivo foi realizada por Comissão do piauiense no período de agosto de 1933 a julho de 1936 e concluídos por volta de julho de 1937 pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), que também é responsável pelo cuidado com a conservação do Açude e sua utilização. A área total do Açude é 220 km², têm níveis pluviométricos com média anual de 1.500 mm, capacidade máxima de 54.600.000 m³ e volume morto de 10.200.000 m³ (DNOCS, 2015).

Figura 1 - Localização do Açude Caldeirão, em Piripiri (PI), Brasil.



Fonte: CPRM (2006).

O Açude Caldeirão está assentado sobre a Formação de Cabeças, cujo relevo apresenta-se plano a ondulado, com declividade na direção dos rios e riachos. No que diz respeito aos aspectos pedológicos, os solos predominantes são os aluviões, Latossolo, Podzólico e Areia Quartzosa. O clima, por sua vez, apresenta-se quente, úmido e chuvoso, com temperatura mínima anual de 17° a 20°C e máxima de 35° a 38°C, a umidade relativa do ar possui média anual de 65% (DNOCS, 2015). A vegetação da área em torno do Açude Caldeirão é constituída por uma mescla de espécies arbóreas (Figura 2), arbustivas (Figura 3), herbáceas (Figura 4), com predominância de tucunzeiros.

Figura 2 - Vegetação do tipo caatinga arbórea às margens da estrada de acesso ao Açude Caldeirão.



Fonte: Pesquisa direta. Oliveira (Org.), 2015.

Figura 3 - Vegetação do tipo caatinga arbustiva no Açude Caldeirão.



Fonte: Pesquisa direta. Oliveira (Org.), 2015.

Figura 4 - Vegetação do tipo herbácea conhecido como papiro brasileiro, papiro, piripiri (*Cyperus giganteus* Valh.) às margens do Açude Caldeirão.



Fonte: Pesquisa direta. Oliveira (Org.), 2015.

As atividades desenvolvidas às margens do Açude estão ligadas à agricultura, destacando-se o cultivo por irrigação que se encontra mais distante do Açude. Dentre as

principais práticas agrícolas destacam-se os cultivos permanentes do coco e os cultivos temporários da melancia e do feijão. Em menor quantidade citam-se os cultivos de vazantes que são plantações à margem do Açude, com produção destinada aos mercados consumidores dos municípios de Piripiri, Teresina, Parnaíba, Piracuruca e Pedro II. Outra atividade desenvolvida na área é a piscicultura, além do desenvolvimento da atividade da pecuária, ambas diretamente fiscalizadas e orientadas pelo DNOCS (2015).

A área do referido Açude possui uma infraestrutura com 22 residências para servidores, 1 escritório, armazéns de produtos e insumos, grupo escolar, cooperativas, casa para hospedes, Igreja, clube recreativo, posto de saúde, auditório, quadra de esporte e 200 residências para irrigantes e uma oficina mecânica em todo o perímetro do Açude.

O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI): INSTRUMENTO PARA ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL

De acordo com Troppmair e Galina (2006), não se deve buscar estudar os meios físicos de forma isolada, pois o meio ambiente possui elementos integrados e dinâmicos, no qual o homem está sempre atuando e modificando os sistemas com suas ações. Os processos de degradação ambiental têm gerado prejuízos à biodiversidade, comprometendo a qualidade ambiental dos ecossistemas. Assim, a conscientização ambiental e a responsabilidade humana deve-se sobrepujar o elemento econômico.

É importante entender que as atividades humanas quando praticadas de modo inadequado resulta em graves problemas ambientais, demandando uma responsabilidade maior com os elementos ambientais. As questões relacionadas à degradação ambiental constituem um assunto de discussão em conferências internacionais acerca da utilização inadequada homem e exploração excessiva dos meios naturais, para atender ao aumento do consumo humano, acarretam sérios problemas para as gerações atuais e futuras. Portanto, faz-se necessário falar da conservação a partir do uso sustentável, responsabilidade socioambiental e conscientização para conservação ambiental (MELO et al., 2011).

Deve-se destacar que várias Leis foram criadas buscando regulamentar o uso e conservação das terras próximas aos cursos hídricos. Nesse contexto, insere-se o Código Florestal, Lei nº 12.651/12 que em seu Art. 3º, conceitua as Áreas de Preservação Permanente (APP) como uma:

área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Diante do exposto, é de extrema importância que aja responsabilidade na fiscalização por parte dos órgãos governamentais na utilização dos recursos de áreas próximas a cursos hídricos, que no caso do Açude Caldeirão é o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS, 2015). Pois toda a vegetação natural (arbórea ou não) presente ao longo das margens dos rios, e ao redor de nascentes e de reservatórios, deve ser preservada.

De acordo com o Código Florestal, Lei nº 12.651/12 (BRASIL, 2012), o Açude Caldeirão se enquadra no Art. 4º que se considera Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas: III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento.

As Áreas de Preservação Permanentes (APP's) destinam-se a proteger os solos e, principalmente, as matas ciliares. Este tipo de vegetação cumpre a função de proteger reservatórios de assoreamentos, os rios e assim evitar transformações negativas nos leitos, garantir o abastecimento dos lençóis freáticos e a preservação da vida aquática, por esse motivo ver-se a importância na aplicação do NDVI no Açude Caldeirão, justamente para analisar a cobertura vegetal (BRASIL, 2012).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é uma aplicação dos processos de realce por operação entre as bandas de sensores de satélites no qual são importantes para ressaltar a avaliação do comportamento da cobertura vegetal. A partir do sensoriamento remoto é possível obter realizar observações e conclusões mais precisas através dos parâmetros estatísticos das imagens que são registradas, assim apontando as mudanças ocorridas para os anos de 1984 e 2013 por meio de subtração das imagens, permitindo avaliar e analisar de forma mais precisa as transformações ocorridas entre os referidos anos na cobertura vegetal do açude Caldeirão (MELO et al., 2011).

A diversidade e a complexidade da região onde se encontra o Açude Caldeirão torna necessário o estudo da biodiversidade local, fazendo estudos sobre as respectivas modificações ocorridas. Em se tratando de um sistema dinâmico devem-se levar em consideração todas essas características da cobertura vegetal para a realização de uma análise

precisa. Para exemplificar a importância desse estudo, vale ressaltar três trabalhos que mostraram as transformações ocorridas levando aplicação do NDVI.

Costa et al. (2011) ao realizarem a subtração de imagens do NDVI na avaliação da cobertura vegetal na RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim (ES), apontam que as imagens do NDVI apresentaram diferenças de tonalidades, mas poucas diferenças visuais de comportamento dos alvos de acordo com os princípios de fotointerpretação, principais as áreas de florestamento. Portanto, no espaço amostral entre as imagens de NDVI pode-se observar um considerável índice de desmatamento, justificado pela degradação que a Mata Atlântica que vem sofrendo no decorrer dos anos.

Em estudo realizado através da aplicação do NDVI para análise da degradação ambiental da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE, Melo et al. (2011) apontam que a referida Microbacia apresentou sérios problemas ambientais decorrentes do uso intensivo dos recursos naturais através de técnicas rudimentares e manejo incorreto do solo. Ocorreram variações da cobertura vegetal e dos padrões de uso das terras para os anos 1979 e 2006, com redução das áreas conservadas em detrimento da expansão das atividades agropecuárias, evidentemente representadas pelo aumento substancial de áreas desmatadas.

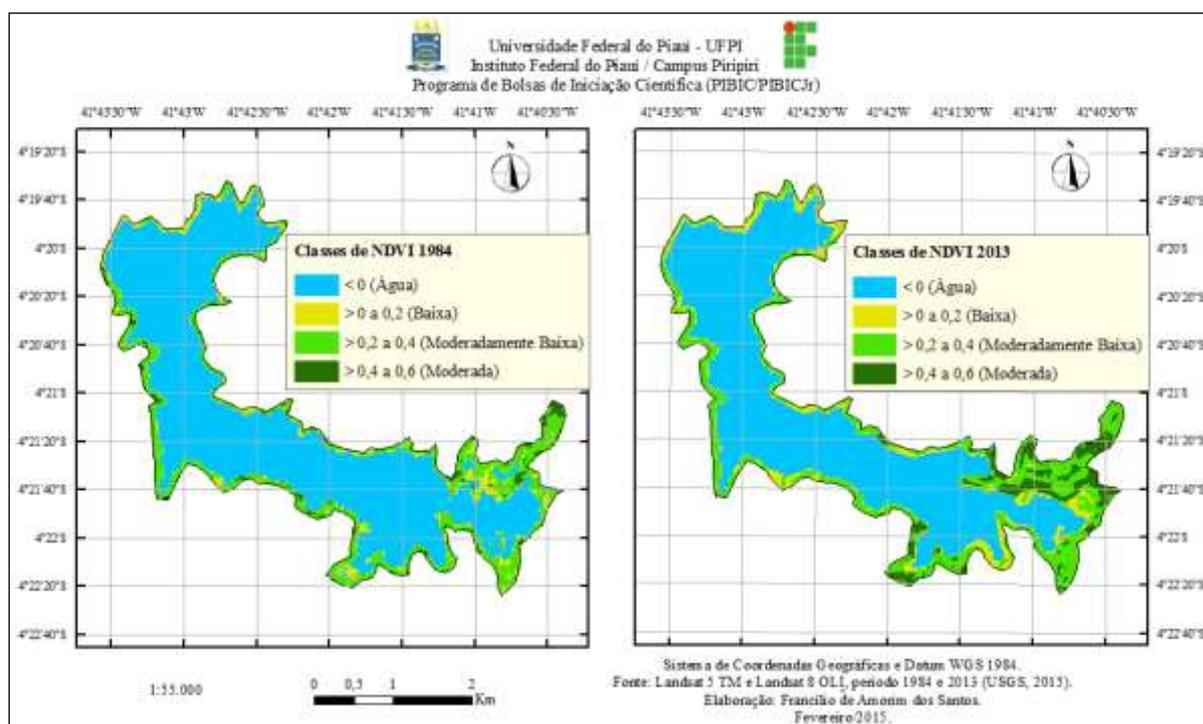
Compreende-se, portanto, que é de extrema importância a identificação das principais características geoambientais, análise do estado da cobertura vegetal e caracterização das atividades desenvolvidas no açude Caldeirão. Deve-se ressaltar que a área em estudo trata-se de uma região agrícola de cunho econômico e turístico.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Análise da dinâmica do NDVI

As imagens do Landsat 5 TM que possibilitaram a elaboração dos mapas do NDVI, para os anos de 1984 e 2013, apontaram modificações no padrão de proteção da cobertura vegetal no Açude Caldeirão, sendo perceptível a melhoria na cobertura vegetal, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do Açude Caldeirão, comparação entre anos de 1984 e 2013.



Fonte: (USGS, 2015).

A Tabela 2 apresenta os valores das variações do NDVI entre os anos de 1984 e 2013. Desse modo, pode-se afirmar que de 1984 para 2013 houve aumento nas classes Moderada, Moderadamente Baixa e Baixa, respectivamente, em 3,7%, 2,4% e 1,5%. Por outro lado, a quantidade de água disponível teve redução de 6,6% da área em estudo.

Tabela 2 - Distribuição absoluta e relativa dos valores de NDVI, comparação entre os anos de 1984 e 2013.

Classes de Proteção do NDVI	Área no Nível (m ²)		% da Área Total	
	1984	2013	1984	2013
Moderada	5.550.000	13.764.00	2,5	6,2
Moderadamente Baixa	35.964.000	41.070.000	16,2	18,6
Baixa	19.980.000	23.310.000	9	10,5
Água	160.506.000	143.634.000	72,3	65,7
Total	222.000.000	222.000.000	100%	100%

Fonte: Pesquisa direta. Oliveira (Org.), 2015.

Diante dos resultados apontados pelo NDVI e atividades desenvolvidas pela comunidade com orientação e fiscalização do DNOCS, como coleta de lixo que se encontra no Açude Caldeirão, cujo projeto está em sua 6ª edição, sensibilização ambiental através de palestras promovidas pelos servidores e fiscalizadores voltadas para os problemas locais, plantações comunitárias e prática de pecuária que demanda plantação de pastagem, resultou no aumento considerável nas classes de maior proteção, principalmente da moderada.

Devido às mudanças climáticas, volumes de chuvas e o assoreamento do Açude, principalmente devido ao abastecimento de água nas casas do município Piripiri, e uso excessivo pela população gerou a redução do volume total de água disponível no Açude.

Quanto à prática agrícola, segundo dados de fevereiro de 2015 do DNOCS, cerca de 8 ha são destinados ao plantio de milho verde, com produção de 25.000 kg/ano, e o feijão é cultivado em 11 ha, com produção de 1.200 kg/ano; a pecuária, por sua vez, resultou na comercialização de 5.600 kg de carne bovina. Essas atividades são todas monitoradas e fiscalizadas, além de assistência de engenheiros agrônomos no manuseio da terra, para minimizar os riscos de uso inadequado das terras do Açude.

CONCLUSÕES

O diagnóstico realizado com o auxílio de ferramentas como o SIG ArcGIS 10 gerou informações fundamentais sobre o padrão de proteção da cobertura vegetal. Por sua vez, o trabalho de campo possibilitou a identificação de características físicas do Açude Caldeirão, bem como das atividades antrópicas desenvolvidas na área. A área em estudo possui cobertura vegetal com variados tipos de espécies e cultivos agrícolas, permanentes e temporários.

Os dados gerados pelo estudo constituem material científico importante, pois permitem conhecer e atualizar dados acerca do Açude Caldeirão e subsidiam a governança para elaboração de planejamento ambiental. Portanto, a preocupação com a modificação da paisagem, a poluição e a exploração de forma inadequada dos recursos naturais é extremamente importante para a conservação das bacias hidrográficas e da vegetação às suas margens. Do mesmo modo, é sumamente importante que o trabalho realizado pelos órgãos governamentais que fiscalizam as atividades desenvolvidas próximas a cursos hídricos.

Os dados do NDVI apontaram melhorias no padrão de cobertura vegetal, principalmente da classe moderada, que resulta de campanhas de sensibilização ambiental para conservação da área do Açude, aumento da área destinada ao plantio de pastagem. Por sua vez, o aumento por demanda de água para consumo da população piripiriense aliado às

mudanças climáticas e assoreamento do Açude contribuíram para a redução do volume de água disponível na área em estudo.

As referidas atividades são monitoradas e fiscalizadas pelo DNOCS, que fornece assistência de engenheiros agrônomos no manuseio da terra, para minimizar os riscos de uso inadequado das terras do Açude. Desse modo, busca-se um melhor desenvolvimento da comunidade por meio de assistência, fiscalização e monitoramento de atividades desempenhadas e a sensibilização ambiental da comunidade em que vive ao redor do Açude Caldeirão, em relação à queimadas, exploração indevida dos recursos.

NOTAS

¹Pesquisa financiada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI, por meio do Edital nº 032 de 14 de abril de 2014, que selecionou bolsistas para o Programa de Iniciação Científica do IFPI - PIBIC/PIBICjr.

REFERÊNCIAS

AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de. **Estudo da degradação/desertificação no núcleo de São Raimundo Nonato - Piauí**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe - UFSE. São Cristovão, 2010.

AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de; VALLADARES, Gustavo Souza. Geografia, Geotecnologias e Planejamento Ambiental. **Geografia (Londrina)**, v. 22, n.1, p. 117-138, jan/abr, 2013.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. RA'EGA, Curitiba, n. 8, p. 141-152. Editora UFPR, 2004.

BRASIL. Novo Código Florestal. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166- 67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

COSTA, Marcos Fávero et al. Utilização de subtração de imagem e NDVI na avaliação da cobertura vegetal na RPPN Cafundó, Cachoeiro de Itapemirim, ES. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1918- 1925.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Ministério de Minas e Energia. **Mapas estaduais de geodiversidade: Piauí**. Rio de Janeiro: CPRM. 2006. Documento cartográfico em arquivo vetorial. Disponível em <http://geobank.sa.cprm.gov.br>. Acesso em janeiro de 2015.

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra a Seca. **Açude Caldeirão**. Disponível em <http://www.dnocs.gov.br/barragens/caldeirao/caldeirao.htm>. Acesso em 15 de janeiro de 2015.

MELO, Ewerton Torres; SALES, Marta Celina Linhares; OLIVEIRA, José Gerardo Bezerra de. Aplicação do índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos cavalos, Crateús-CE. **Revista RA'E GA**, n. 23, p.520-533, Curitiba, Departamento de Geografia - UFPR. 2011.

TROPMAIR, Helmut; GALINA, Marcia Helena. Geossistemas. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, ano 05, n. 10. 2006.

USGS - United States Geological Service (Serviço Geológico dos Estados Unidos). **Earth Explorer** - Collection - Landsat Archive. Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 15 de janeiro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Ressalte-se a importância das bolsas de apoio financeiro e incentivo à pesquisa, projetos de pesquisa científica e/ou de inovação tecnológica, destinadas aos discentes do IFPI. Logo, agradece-se ao IFPI pelo financiamento da pesquisa, que se tornou importante para o conhecimento de parte do meio ambiente, almejando o planejamento territorial.

Agradecemos, também, a chefe do Perímetro Irrigado Caldeirão (PIC) Sra. Teresinha Viana, que gentilmente recebeu-nos e forneceu informações sumamente importantes para a finalização dessa pesquisa.