

## DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME – PARAÍBA – PB ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA (IVDN)

ALYSSON PEREIRA DE LUCENA<sup>1</sup>

HAMILCAR JOSÉ ALMEIDA FILGUEIRA<sup>1</sup>

THYAGO DE ALMEIDA SILVEIRA<sup>23</sup>

FRANCISCO DE ASSIS SALVIANO DE SOUZA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Paraíba (UFPB)

<sup>2</sup>CRPNM - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB

<sup>3</sup>Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

alysson-lucena@hotmail.com, hfilgueira@gmail.com, thyago.silveira@gmail.com, fassis@dca.ufcg.edu.br

**RESUMO** - As transformações realizadas pelo homem, para atender suas necessidades, aconteceram sem considerar as características do meio ambiente, alterando as estruturas dos recursos naturais disponíveis, causando a degradação de reservas de água doce. A bacia hidrográfica do rio Gramame, localizada no litoral sul do estado da Paraíba, é considerada representativa dentre as bacias hidrográficas do Nordeste, pois é responsável por cerca de 70% do abastecimento de água da cidade de João Pessoa, capital da Paraíba. Tendo em vista que o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função das características da sua cobertura vegetal, neste trabalho aplicou-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), para diagnosticar a situação ambiental da bacia hidrográfica do rio Gramame, situada no litoral sul do estado da Paraíba. Para tanto, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 TM, dos anos de 1989 e 2006. Os procedimentos metodológicos abrangeram: (1) correções atmosféricas e radiométricas das imagens; (2) cálculo do IVDN; (3) confecção dos mapas temáticos com as classes de IVDN para destacaram a densidade da cobertura vegetal. Os resultados identificaram que a bacia do rio Gramame possui interferências ambientais moderadas, e que houveram modificações significativas entre os dois períodos estudados, especialmente em relação a presença de vegetação densa, que diminuiu para dar espaço a pastos, e das áreas urbanas que praticamente dobraram no interstício estudado. Por fim, conclui-se que a utilização de dados de sensoriamento remoto, e mais especificamente de IVDN, podem revelar as influências diretas do comportamento hidrológico refletido pela cobertura vegetal, sendo portanto, fundamentais na aplicação de políticas públicas de zoneamento, preservação e gestão ambiental de bacias hidrográficas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacias hidrográficas, IVDN, Degradação ambiental.

**ABSTRACT** - The transformations realized by humans, to meet their needs, occurred without considering the environment characteristics, altering the structures of natural resources, causing the degradation of freshwater reserves. The Gramame river's watershed, located on the southern coast of the Paraíba state, is representative among the Northeast watersheds, it is responsible for about 70% of the water supply of João Pessoa city, capital of Paraíba. Haven that the hydrological behavior of a watershed is the characteristics of the vegetation cover, in this work was applied the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), to diagnosticate the environmental situation of Gramame River's watershed, located on the south coast of Paraíba state. For this, was used Landsat 5 TM satellite images, of the 1989 and 2006 years. The methodological procedures included: (1) Atmospheric and radiometric images corrections; (2) NDVI computation; (3) preparation of NDVI thematic maps classes with to emphasize the vegetation cover density. The results identified that Gramame river's basin has moderate environmental interference, and that there were significant changes between the two periods studied, especially in relation to the presence of dense vegetation, which decreased to make room for pastures and urban areas almost doubled in interstitial studied. Finally, it concluded that the use of remote sensing data, and more specifically NDVI, might reveal the direct influence of the hydrological behavior reflected by vegetation cover, being therefore, and fundamental in the application of public policy of zoning, conservation and environmental management watershed.

**KEYWORDS:** Watersheds, NDVI, Environmental degradation.

## 1 INTRODUÇÃO

Muitas transformações realizadas pelo homem, para atender suas necessidades, acontecem sem considerar as características do meio ambiente, alterando as estruturas dos recursos naturais disponíveis, para adaptação às demandas da sociedade, e causando a degradação de reservas de água doce. São exemplos dessas transformações: o desmatamento desenfreado no campo para a prática da agricultura e da pecuária sem apoio técnico, a retirada das matas ciliares, o uso não controlado de agrotóxico, a expansão das zonas urbanas sem planejamento, o uso inadequado do solo, o lançamento de efluentes e a disposição de resíduos sólidos em ambientes impróprios.

As degradações dos recursos naturais das bacias hidrográficas vêm causando além de impactos ambientais que acarretam a perda de diversidade biológica, consequências socioeconômicas. Dentre as quais o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) menciona o comprometimento da produção de alimentos, o alto custo de recuperação da capacidade produtiva das áreas agrícolas, a extinção de espécies nativas e, de forma inseparável, a falta de perspectivas que leva a população a migrar para as cidades, tendendo a agravar os problemas de infraestrutura, pobreza, injustiça social, desemprego e violência já existentes (MELLO e LIMA, 2011).

Nesta perspectiva, para que o problema da degradação ambiental seja entendido de forma holística e integrada, é necessário considerar as relações existentes entre a degradação e a sociedade que a causou, e que ao mesmo tempo sofre seus efeitos e tenta mitigá-los (GUERRA e CUNHA, 1996)

Nas últimas décadas a humanidade começou a perceber que os recursos naturais são finitos, principalmente devido aos danos causados pela escassez da água, por exemplo, ao meio ambiente e a sociedade. Para Delevati *et. al.*, (2005) o crescimento socioeconômico como um processo linear e infinito encontra como obstáculo, a capacidade do planeta em regenerar-se frente ao uso indiscriminado dos recursos naturais. Segundo Filgueira *et. al.*, (2010) a conservação das espécies e dos ecossistemas depende de como a sociedade está preparada para absorver os impactos de agressões ao meio ambiente e de como mitigar os seus efeitos.

Várias conferências como Estocolmo 72, ECO 92 e Rio + 10 vêm alertando sobre o perigo que a humanidade corre se não houver uma mudança no modelo de desenvolvimento (DELEVATI *et. al.*, 2005). Essas conferências apontaram para um modelo de gestão sustentável dos recursos naturais, que para Mutekanga *et. al.*, (2010) é necessário para garantir o sustento e a existência da população.

Nesta perspectiva os governantes enfrentam o desafio de integrar o desenvolvimento socioeconômico e a preservação ambiental. Esforços em países pós-industriais para preservar o ambiente e planejar a administração em face do crescimento urbano sem planejamento têm importantes efeitos para os sistemas ecológicos e a qualidade da vida humana (SCHIMDT; MORRISON, 2012). Esses esforços são expostos principalmente a partir da criação de sistemas de gestão ambiental e dentre estes sistemas destacam-se os de recursos hídricos.

Segundo Delevati *et. al.*, (2005) no Brasil, a gestão de recursos hídricos tendo a bacia hidrográfica como base de planejamento, começou a ser difundida na década de 70. E como resultado de um processo de discussão e evolução, foi sancionada a Lei n.º 9.433/97 que estabeleceu os objetivos e instrumentos regulatórios e econômicos que norteiam a gestão hídrica brasileira, tendo como premissa a sustentabilidade dos recursos hídricos.

De acordo com as legislações ambientais em vigor no Brasil, uma bacia hidrográfica consiste em uma unidade ambiental de gerenciamento territorial e de estudos e conservação de seus recursos naturais visando o desenvolvimento sustentável de uma região. Embora seja previsto por lei a conservação da bacia hidrográfica, muitas delas apresentam indícios de problemas ambientais quanto ao uso inadequado dos seus recursos naturais, a exemplo das bacias hidrográficas do rio Gramame e dos rios Abiaí-Papocas, a qual os ecossistemas sofrem diversas pressões antrópicas (PARAÍBA, 2000a; PARAÍBA, 2000b).

A bacia hidrográfica do rio Gramame, localizada no litoral sul do estado da Paraíba, é considerada representativa dentre as bacias hidrográficas litorâneas do Nordeste oriental (CAVALCANTE, 2008). É responsável por cerca de 70% do abastecimento de água da grande João Pessoa, além do abastecer as cidades de Pedras de Fogo e Conde, o que se traduz em uma necessidade de um alto nível de exigência com relação à proteção e controle, visando garantir a saúde da população por meio do fornecimento de água com qualidade adequada para consumo. É uma região composta por vários assentamentos rurais, promovidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), de pequenos agricultores com características de exploração agrícola familiar.

De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame (PARAÍBA, 2000a), essa bacia, que é utilizada em parte do abastecimento de água da grande João Pessoa, vem sendo foco de sérios problemas ambientais, devido ao uso inadequado do solo, com a devastação da vegetação nativa que foi efetuada para atender a exploração: agrícola, principalmente com a cultura da cana-de-açúcar em larga escala para atender parte da demanda das indústrias sucroalcooleiras instaladas na região; com pequenas lavouras como batata doce, mandioca, inhame e abacaxi, entre outras; industrial, com a instalação de panificadoras, mineradoras e olarias; além da expansão urbana inadequada no seu entorno com a implantação de loteamentos e estruturas viárias.

Ainda segundo Paraíba (2000a), na sub-bacia do rio Gramame foram estimados 1.429,2 ha que precisam ser restaurados, num total de 238,2 km de comprimento de cursos d'água antropizados, além de 3.476,4 ha das demais sub-bacias.

Diante dessa problemática, fica evidente que as degradações ambientais provocam consequências socioambientais negativas, que devem ser entendidas e estudadas de forma holística e integrada. Se faz necessário adotar medidas que visem dar suporte às ações de restauração ambiental, considerando as diversas formas de uso dos solos e as necessidades das comunidades, requerendo-se, para tanto, conhecimento científico que subsidie a gestão ambiental, apoiada em informações condizentes com a realidade da área de estudo (MELLO e LIMA, 2011).

Para um uso sustentável da terra é essencial um monitoramento e planejamento adequado do desenvolvimento regional/urbano, com a identificação dos tipos de áreas ecologicamente importantes e sua orientação para o crescimento futuro. Esse tipo de planejamento é útil para promover zonas ambientalmente protegidas e outras formas de uso da terra frágil (DEB; TALUKDAR, 2011).

Informações oportunas e precisas sobre uma série de parâmetros, relacionados ao uso do solo e a cobertura vegetal, e suas alterações e distribuição espacial, é um pré-requisito para o planejamento, utilização e formulação de políticas e programas para fazer qualquer plano a nível micro e macro de desenvolvimento (DEB; TALUKDAR, 2011).

Nesse contexto, estudos geoambientais possibilitam análises articuladas das dimensões que compõem o espaço. Apoiados em geotecnologias esses estudos podem integrar informações, além de permitir análises e simulações, sobre uma série de temas que compõem a dinâmica ambiental, gerando respostas com alto grau de confiabilidade. Tais respostas possibilitam avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, em ações de planejamento, em processos de gestão, manejo e em tantos outros aspectos relacionados à estrutura do espaço geográfico (FITZ, 2008).

Uma técnica de coleta de dados bastante apropriada para o gerenciamento e monitoramento ambiental é o sensoriamento remoto, pois pode cobrir uma grande extensão territorial, permitindo a identificação da cobertura vegetal e dos diversos usos do solo, além do seu aspecto multitemporal, que permite o estudo das alterações ocorridas na área de interesse ao longo do tempo. Essa tecnologia aliada a um Sistema de Informações Geográficas (SIG) possibilita ainda, análises relacionados ao estudo ambiental que apoiarão a tomada de decisão melhorando o disciplinamento do uso do solo.

Tendo em vista que o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas e da cobertura vegetal, este trabalho teve como objetivo pretende aplicar o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) no estudo da degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Gramame.

## 2 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Gramame está situada no litoral sul do estado da Paraíba, entre as latitudes 7°11' e 7°23' Sul e as longitudes 34°48' e 35°10' Oeste, e possui uma área de 589,1 km<sup>2</sup>. Está inserida nos municípios de Alhandra, Conde, Cruz do Espírito Santo, João Pessoa, Santa Rita, São Miguel de Taipu e Pedras de Fogo. Nela encontram-se áreas de plantações, principalmente com as culturas da cana-de-açúcar e abacaxi, além de áreas urbanas e industriais. Nessa bacia encontra-se a barragem Gramame-Mamuaba, que contém capacidade de armazenamento de 56 milhões de m<sup>3</sup> e é responsável por parte do abastecimento público da Grande João Pessoa, (IBESA, 2004).

Segundo Cavalcante (2008) na região paraibana, na qual está inserida essa bacia hidrográfica em estudo, encontra-se a planície litorânea, que é formada pelas praias e terras arenosas, a região da mata, e os tabuleiros, que são formados por acúmulos de terras. A vegetação litorânea apresenta matas, manguezais e cerrados, formado por gramíneas e arbustos tortuosos. Oriundas da floresta Atlântica tropical, as matas presentes nessas são árvores altas e sempre verdes. Quanto ao clima, segundo Paraíba 2000a, pela classificação climática de Koeppen, a maior parte das bacias em estudo tem clima tropical chuvoso (

Figura 1).

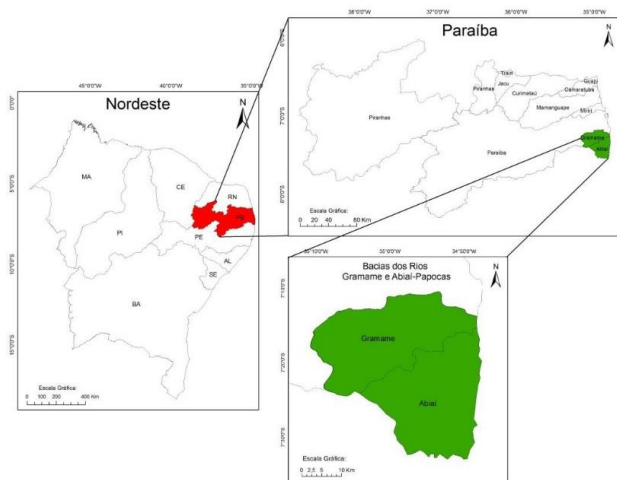


Figura 1 - Mapa de localização das bacias hidrográficas dos rios Gramame.

Segundo Coelho (2011) a bacia do rio Gramame está inserida em área pertencente à microrregião homogênea, denominada Litorânea Sul Paraibana, a mesma vem passando por um processo de desmatamento e ocupação desordenada, no qual 85% da sua área são ocupadas principalmente pela monocultura da cana-de-açúcar, do abacaxi e áreas urbanas, existindo apenas 15% de vegetação nativa, mata ciliar e mangue.

Sua rede hidrográfica é formada, principalmente pelos rios Gramame, Mamuaba, Mumbaba e Água Boa (Figura 2). O seu principal curso d'água é o rio Gramame, que tem uma extensão de 54,3 km desde sua nascente em Pedras de Fogo até a foz na praia de Barra de Gramame a qual é a divisa natural dos municípios de João Pessoa e do Conde.

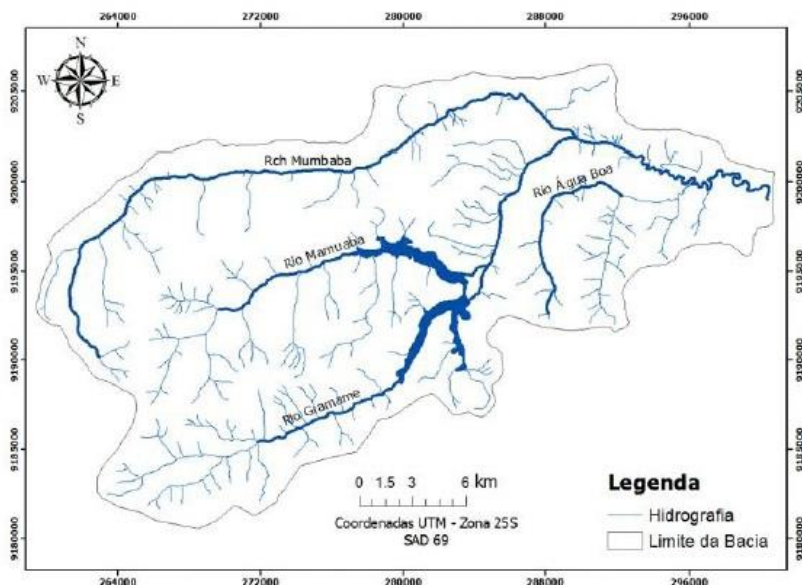


Figura 2- Principais cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Gramame.

De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos dessa bacia, a cobertura vegetal apresenta um índice elevado de devastação, como consequência da exploração desordenada voltada para as atividades de irrigação, de mineração, industrial e turística, além da urbanização crescente no território da bacia hidrográfica (PARAÍBA, 2000a). Segundo Coelho (2011) a área ocupada pela cultura da cana-de-açúcar, corresponde a 42,31% da área total e a do abacaxi a 11,19%. As classes de vegetação rasteira, que correspondem às áreas de pasto e de solos parcialmente descobertos, ocupam 11,33% e são maiores do que as áreas urbanas (10,61%). Os conglomerados urbanos de destaque da bacia são partes da cidade de João Pessoa, Pedras de Fogo, Cruz do Espírito Santo, São Miguel de Taipu e Conde. Os domínios correspondentes à mata nativa, ciliar e vegetação de mangue, ocupam juntas, 14,98% da área, o que caracteriza que a bacia é pouco preservada. Os outros usos e coberturas do solo representam juntos 10,17% (Figura 3).

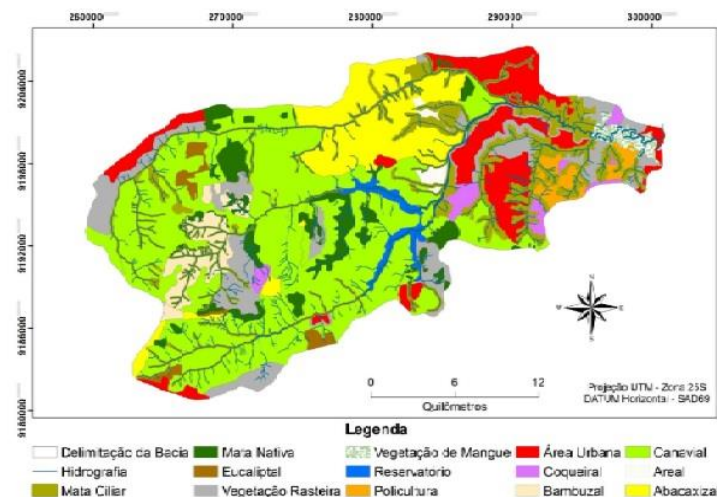


Figura 3 - Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Gramame.  
Fonte: Coelho, 2011.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Correções atmosférica e radiométricas das imagens

Este trabalho foi realizado com o uso de imagens do satélite Landsat 5 TM, dos anos de 1989 e 2006. Inicialmente foram realizadas as correções atmosférica e radiométrica, inerentes aos erros constituintes das imagens, causadas pelos efeitos de espalhamento e absorção (SONG, 2001) que foram importantes para ajustar o contraste, as formas e a nitidez das imagens.

Para a correção atmosférica foi utilizada a técnica Dark Object Subtraction (DOS), proposta por Chavez (1996), amplamente utilizada pela baixa exigência de informações das imagens e por se basear em correções atmosféricas absolutas do histograma, amenizando os efeitos atmosféricos. Já a correção radiométrica foi realizada por meio da ferramenta de restauração do software SPRING, cujo objetivo é corrigir as distorções inseridas pelo sensor óptico no processo de geração das imagens.

#### 3.2 Cálculo do IVDN

Foram confeccionadas as imagens de IVDN, a partir da ferramenta específica para este fim já existente no software SPRING, proposta por Rouse Júnior *et. al.* (1973). Esse índice destaca a densidade da cobertura vegetal e apresenta valores que variam de -1 a +1, estando à vegetação associada aos valores positivos que quanto maiores, maior a biomassa da vegetação. Nuvens e água apresentam valores negativos, solos descobertos e rochas apresentam valores próximos de zero (RIZZI, 2004).

#### 3.3 Confeção dos mapas temáticos com as classes de IVDN

A imagem de IVDN foi fatiada em seis classes temáticas para possibilitar uma melhor visualização da variação do IVDN. Os intervalos estabelecidos foram de -1 a -0,26 para água; -0,26 a 0,15 para área urbana/solo exposto; 0,15 a 0,30 vegetação; 0,30 a 0,45 vegetação; 0,45 a 0,60 vegetação; e 0,60 a 1 para vegetação densa.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 4.1 Correções atmosférica e radiométricas das imagens

Para a obtenção dos mapas de uso do solo e de IVDN, realizou-se o pré-processamento nas imagens de satélite brutas de 1989 e 2006, por meio de correções atmosféricas e radiométrica. Este trabalho serviu para melhorar o sinal e o realce das cenas analisadas, o que acarretou em uma melhora do efeito desfocado da imagem original, além da suavização dos contornos dos alvos.

Já após a correção radiométrica obtiveram-se imagens com uma melhor resposta espectral dos pixels o que proporcionou um melhor processamento do IVDN com um maior detalhamento da vegetação. Isso proporcionou a confecção dos mapas com uma maior fidelidade a realidade existente nas bacias.

#### 4.2 Cálculo do IVDN

O processamento do IVDN foi realizado utilizando-se as imagens corrigidas, cujos valores variaram de -1 a +1, sendo os corpos hídricos assumindo valores negativos, áreas urbanas e solos expostos têm valores próximos de zero e a vegetação valores positivos.

### 4.3 Confeção dos mapas temáticos com as classes de IVDN

As imagens índice foram reclassificadas e confeccionados mapas temáticos que possibilitaram uma melhor visualização da resposta dos elementos mais detalhados. Também foram confeccionados gráficos que apresentam de forma mais clara a representatividade de cada categoria na extração do IVDN, facilitando com isso as análises e a identificação das categorias predominantes (Gráficos 1 a 2).

A Figura 4 e o Gráfico 1 apresentam os dados temáticos do IVDN para a bacia hidrográfica do rio Gramame no ano de 1989.

IVDN - Bacia do Rio Gramame - 1989

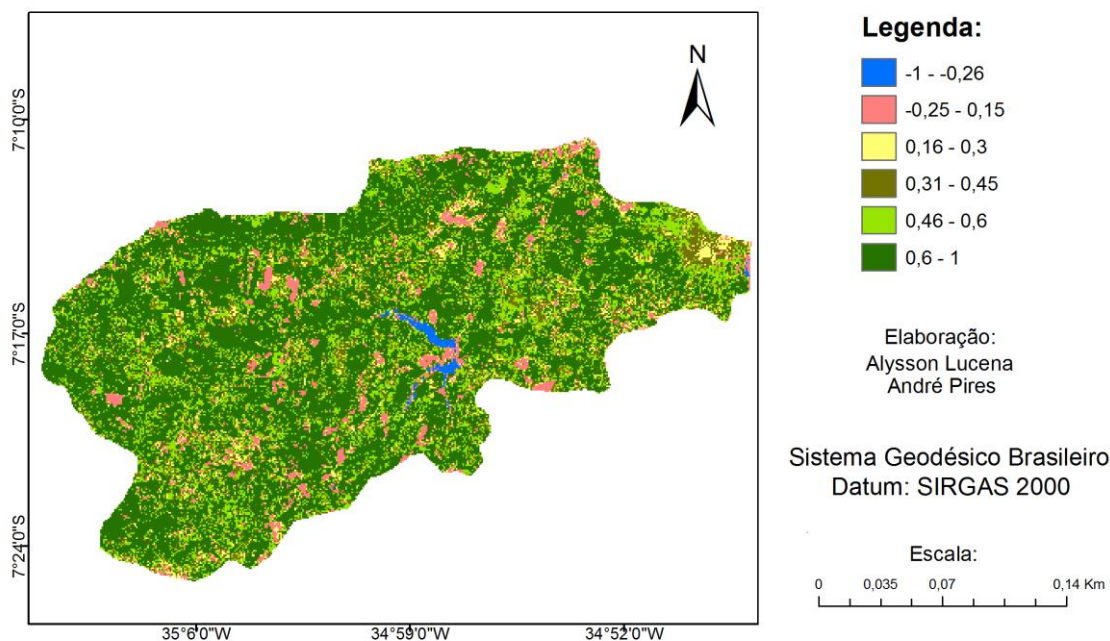
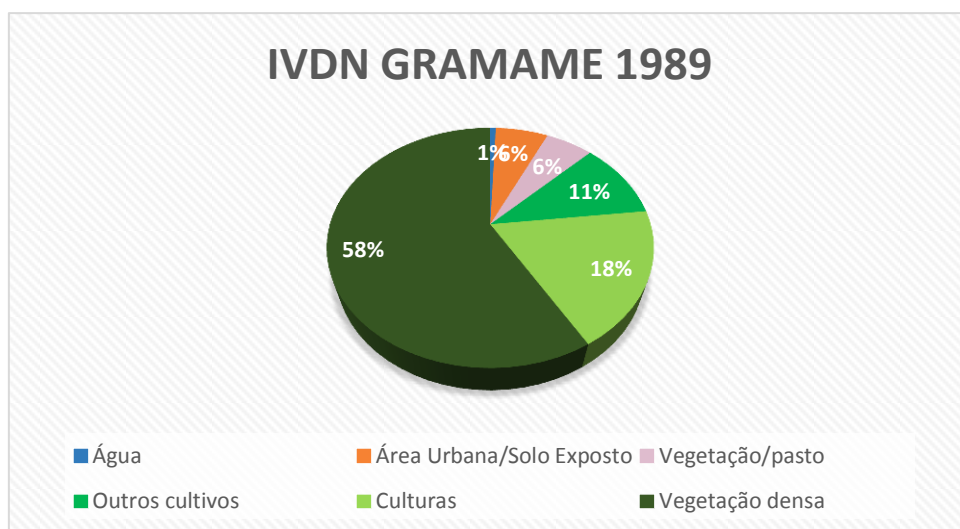


Figura 4: Mapa de IVDN da bacia hidrográfica do rio Gramame, do ano de 1989.

Gráfico 1: Categorias do IVDN em porcentagem para a bacia hidrográfica do rio Gramame, do ano de 1989.





Observa-se a partir do Gráfico 1 do IVDN da bacia hidrográfica do rio Gramame para o ano de 1989 que houve uma grande representatividade da categoria de vegetação densa, com 58% da área da bacia hidrográfica e que representa os alvos que estão na faixa do IVDN de 0,6 à 1. Já área urbana/solo exposto representam apenas 11% da área da bacia hidrográfica. Categoria esta que junto com a vegetação de pasto, que teve 6% de representação, apresentam os valores de IVDN mais próximos de zero (-0,25 à 0,3) e podem indicar áreas degradadas. Estas observações estão representadas no Gráfico 1 pelas tonalidades verde escuro, laranja e roxo, respectivamente, com uma perceptível predominância da tonalidade verde escuro.

A Figura 5 e o Gráfico 2 apresentam os dados temáticos do IVDN para a bacia hidrográfica do rio Gramame no ano de 2006.

### IVDN - Bacia do Rio Gramame - 2006

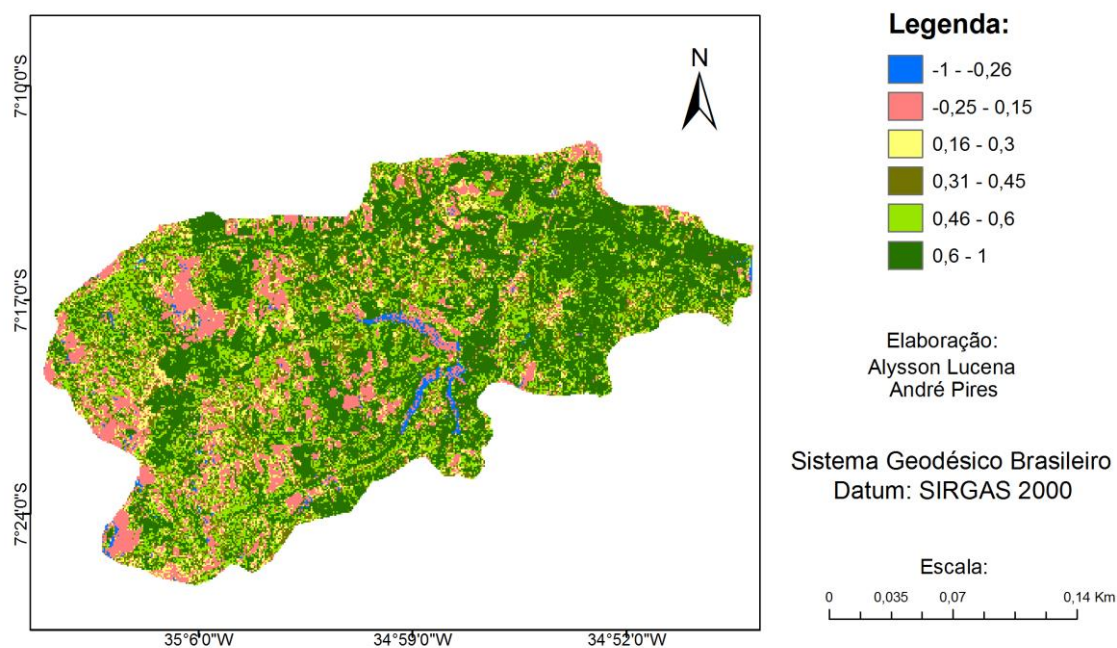
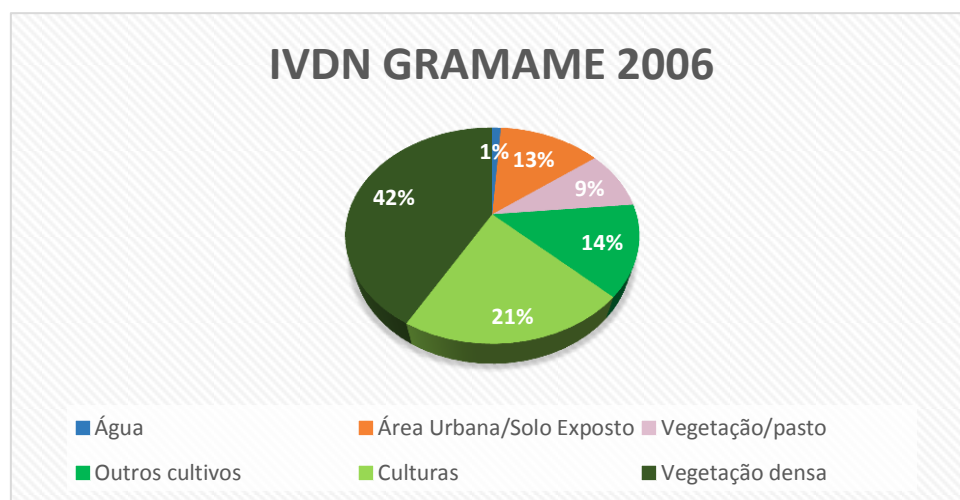


Figura 5: Mapa de IVDN da bacia hidrográfica do rio Gramame, do ano de 2006.

Gráfico 2: Categorias do IVDN em porcentagem para a bacia hidrográfica do rio Gramame, do ano de 2006



O IVDN da bacia hidrográfica do Gramame extraído da imagem do ano de 2006 (Figura 17 e Gráfico 5), apontou uma diminuição de 16% das áreas que representam a vegetação densa em relação aos dados de 1989. Observa-se também um aumento da representação das regiões de área urbana/solo exposto e pastos, apresentando 13% a primeira, com uma diminuição de e 9% na segunda, o que representa uma queda de 3%.

Já as áreas de culturas aumentaram 1%, enquanto as áreas de outros cultivos diminuíram 3%. Isso pode ser justificado pela diminuição das pequenas propriedades, onde são cultivadas em grande maioria “culturas brancas” (batata doce, batata inglesa, mandioca e inhame), e o aumento das lavouras de cana-de-açúcar.

Comparando-se as respostas do IVDN para a vegetação densa na bacia hidrográfica do rio Gramame no ano de 1989 e 2006 observa-se que houve diminuição. Já para as categorias de área urbana/solo exposto e pastos observou-se um aumento de 1989 para 2006.

Essas alterações podem indicar uma degradação, fato que aumenta os indícios de que a queda nas áreas de vegetação densa e aumento das categorias de área urbana/solo exposto e pastos, que foi ocasionado pela forte seca ocorrida na região ou pela proibição do uso da água da bacia hidrográfica para a irrigação a partir do ano 2000, devido ao racionamento de água, que também foi consequência da seca.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho utilizou O IVDN, no estudo da degradação ambiental de bacias hidrográficas do litoral sul do estado da Paraíba, e dados de uso do solo e da diferença de nível em relação a rede de drenagem mais próxima para avaliar a relação existente entre esses parâmetros, analisando a influência dos usos do solo e da topografia em relação à rede de drenagem nas respostas obtidas a partir do IVDN e com isso validar estas respostas e tentar justificá-las a partir destes parâmetros.

Tendo em vista que o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, rede de drenagem, uso do solo, dentre outros) e do tipo de cobertura vegetal, as informações obtidas neste trabalho serão um importante suporte para tomadores de decisão e para pesquisadores, na aplicação de políticas públicas de zoneamento, preservação e gestão ambiental nas bacias hidrográficas em estudo.

Na pesquisa foram gerados, a partir do sensoriamento remoto, dados que influenciam diretamente no comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. A densidade da cobertura vegetal foi exposta a partir do IVDN. Constatou-se com os resultados do trabalho, que com o processamento adequado de imagens captadas por sensores remotos, pode-se obter uma gama de informações, com um bom nível de precisão e adequadas para muitos estudos, necessários na aplicação de políticas públicas de zoneamento, preservação e gestão ambiental de bacias hidrográficas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTE, A. L. (2008) **Modelo estocástico de desagregação da Precipitação diária em escala de tempo sub-diária**. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-graduação em engenharia urbana e ambiental, Universidade Federal da Paraíba – João Pessoa/PB.

CHAVEZ, P. S. (1996) **Image-Based Atmospheric Corrections – Revisited and Improved**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 62, Nº 9, pág. 1025-1036.

COELHO, V. H. R. (2011). **Monitoramento e análise da variação do nível d'água para estimativa da recarga do aquífero livre da bacia ao Rio Gramame – PB**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em engenharia urbana e ambiental, Universidade Federal da Paraíba – João Pessoa/PB.

DEB, D.; TALUKDAR, B. (2011) **Application of Remote Sensing and GIS Tools in Delineating Environmentally-delicate-Areas for Optimum Land Use Planning: A Case Study**. World Environmental and Water Resources Congress Bearing Knowledge for Sustainability, ASCE, pág. 3862 – 3875.

DELEVATI, D. M.; VAZ, V. B.; FLESCHE, L. A.; PREUSSLER, M. F. (2005) **O processo de planejamento da bacia hidrográfica do rio pardo**. Comitê de gerenciamento da bacia hidrográfica do rio do Pardo. Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC/RS.

FILGUEIRA, H. J. A.; SILVA, T. C. da; LIMEIRA, M. C. M.; SILVA, M. R. M.; SILVA, A. L. da. (2010) **Usos e usuários de água de nascentes do alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba**. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 10. Fortaleza, CE, 16 a 19 de novembro de 2010. Anais... Fortaleza, CE: ABRH, 2010. 10 p. (CD-ROM).

FITZ, P. R. (2008) **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 160 p.



GUERRA, A. J., & CUNHA, S. B. (1996). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro – RJ, Bertrand Brasil, p. 337- 348.

IBESA (2004). **Bacia Experimental do Rio Guaraíra**. Projeto financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP.

MELLO, B. A. J.; LIMA, V. R. E. (2011). Diagnóstico geoambiental em microbacia hidrográfica do Semiárido Brasileiro, a partir do uso de Geotecnologias. **Revista de Geografia**, (UFPE) vol. 28, n.1, p. 135.

MUTEKANGA, F.; VISSER, S.; STROOSNIJDER, L. (2010) A tool for rapid assessment of erosion risk to support decision-making and policy development at the Ngenge watershed in Uganda. **Geoderma**, v. 160, pág. 165–174.

PARAÍBA. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais. (2000a). **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame**. Relatório Final. Vol. 1. João Pessoa, PB, 247 p.

PARAÍBA. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais. (2000b). **Sistema Adutor Abiai-Papocas Relatório Técnico Preliminar**. João Pessoa, PB, 125 p.

RIZZI, R. (2004) **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos, SP: INPE/Ministério da Ciência e da Tecnologia, p. 212.

ROUSE JÚNIOR, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. (1973) **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. Texas A&M University Remote Sensing Center College Station, Texas. Goddard Space Flight Center Greenbelt, Maryland, p. 120.

SCHIMDT, P. MORRISON, T. H. (2012). Watershed management in an urban setting: process, scale and administration. **Land Use Policy**, Elsevier, v.29, pág. 45– 52.

SONG, C.; WOODCOCK, C. E.; SETO, K. C.; LENNEY, M. P.; MACOMBER, S. A. (2001). Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects? **Remote Sens. Environ.** Elsevier Science, 75, p. 230–244.