COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ

Rio Apodi-Mossoró

meio ambiente e planejamento



Rodrigo Guimarães de Carvalho
Organizador

Edições UERN

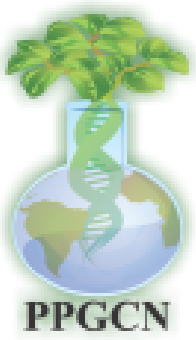
Rodrigo Guimarães de Carvalho
Organizador

Rio Apodi-Mossoró

meio ambiente e planejamento













Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Reitor
Pedro Fernandes Ribeiro Neto
Vice-Reitor
Fátima Raquel Rosado Morais
Diretora de Sistema Integrado de Bibliotecas
Jocelânia Marinho Maia de Oliveira
Chefe da Editora Universitária – EDUERN
Anairam de Medeiros e Silva

Conselho Editorial das Edições UERN
Emanoel Márcio Nunes
Isabela Pinheiro Cavalcante Lima
Diego Nathan do Nascimento Souza
Jean Henrique Costa
José Cezinaldo Rocha Bessa
José Elesbão de Almeida
Ellany Gurgel Cosme do Nascimento
Wellignton Vieira Mendes

Catalogação da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

Rio Apodi-Mossoró [recurso eletrônico] : Meio ambiente e planejamento / Rodrigo Guimarães de Carvalho (Organizador). – Mossoró – RN: EDUERN, 2021.
330p. : il., PDF

ISBN: 978-65-88660-84-3

1. Meio Ambiente. 2. Planejamento. 3. Rio Apodi-Mossoró. I. Carvalho, Rodrigo Guimarães de. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

Bibliotecário: Petronio Pereira Diniz Junior CRB 15 / 782

APRESENTAÇÃO

O livro “Rio Apodi-Mossoró: meio ambiente e planejamento” é o resultado de um esforço coletivo coordenado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (CBHAM), com a participação de pesquisadores da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal Rural do Semiárido, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidad de La Habana e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Foram reunidas, nos 16 capítulos, temáticas multidisciplinares versando sobre aspectos naturais, sociais, econômicos, histórico e culturais relacionados a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (BHRAM), como, por exemplo: os aspectos gerais do relevo, disposição dos solos, clima, recursos hídricos, vegetação, geoecologia, exploração socioeconômica, arqueologia, aspectos limnológicos de reservatórios, histórico do CBH Apodi-Mossoró, entre outros.

A BHRAM com 14.276 km^2, ganha notoriedade com a possibilidade da chegada das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) por meio do Ramal Apodi, possibilitando a segurança hídrica, assim como, a geração de novas oportunidades de uso econômico das terras, o que deve ser planejado e monitorado pelo Sistema de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte, e nesse aspecto, se torna fundamental o fortalecimento do CBH Apodi-Mossoró para que a participação social seja ampliada e qualificada.

Considera-se este livro, a mais importante publicação sobre a BHRAM desde a publicação do livro ‘Os rios da carnaúba I: o rio Mossoró (Apodi)”, ainda na década de 1960, organizado por Rachel Caldas Lins. Assim, fica explícito o compromisso da ciência com o desenvolvimento sustentável, considerando a geração de conhecimentos interdisciplinares para balizar a implementação de políticas públicas. Os trabalhos que compõe os 16 capítulos foram cedidos pelos autores e, cada um deles, representa o esforço de décadas de pesquisas sobre as diferentes temáticas abordadas.

Mossoró, 26 de março de 2021

Rodrigo Guimarães de Carvalho

Presidente do CBH Apodi-Mossoró (2018 – 2021)

Professor do Departamento de Gestão Ambiental da UERN

PREFÁCIO

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida no planeta terra, pois une todos os aspectos do desenvolvimento humano, no entanto, este é limitado em quantidade e qualidade, sendo necessária e urgente a adoção de políticas de gerenciamento dos recursos hídricos capaz de garantir o acesso universal e o uso sustentável. A segurança hídrica depende da disponibilidade de recursos financeiros para garantir a gestão integrada, sendo impossível desenvolver sustentavelmente os nossos recursos hídricos sem o comprometimento dos atores de vários setores da sociedade.

Em 1993, a Organização das Nações Unidas (ONU), em Assembleia Geral, declarou 22 de março de cada ano, o Dia Mundial da Água com intuito de sensibilizar governos e sociedade de que não se pode consumir mais água do que a natureza pode ofertar e, ainda, estabelecer políticas de melhor governança, ações individuais e/ou coletivas de segurança hídrica.

Em 2015 a ONU institui a Agenda 2030, uma agenda ambiental global que estabeleceu 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), entre esses encontra-se o Objetivo 6 que se propõe a garantir a disponibilidade de água e sua gestão de forma sustentável e saneamento para todos. Cabe ressaltar que o acesso à água com segurança e qualidade ainda constitui um desafio para a região do semiárido brasileiro. A universalização do serviço de abastecimento de água e saneamento para todos não é uma realidade no semiárido.

Assim, medidas identificadas nos ODS, como promover o alcance universal e equitativo à água potável, segura e acessível; ao saneamento e higiene adequados e equitativos para todos; reduzir a poluição; reduzir à metade a proporção de águas residuais não tratadas; aumentar a reciclagem e reutilização segura da água; aumentar a eficiência e a sustentabilidade do uso da água em todos os setores; e assegurar o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez, são importantes e indispensáveis para melhorar a qualidade de vida e bem-estar humano das populações que vivem no semiárido do Brasil.

Nessa direção, o livro “Rio Apodi-Mossoró: meio ambiente e planejamento” foi idealizado para ajudar nessa mudança de estratégia de gestão sustentável dos recursos hídricos, considerando a importância das bacias hidrográficas como unidade de planejamento. É importante ressaltar que, a iniciativa da publicação surgiu do esforço do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró – formado em 2013 por representantes da sociedade civil e do poder público e privado - em parceria com pesquisadores, professores universitários e colaboradores.

Neste livro, a percepção ambiental ganha visibilidade no contexto das discussões dos aspectos ambientais e socioeconômicos da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró como mecanismo essencial de compreensão e conservação, sendo a relação homem-meio o principal responsável pelas ações diretas para o uso e o manejo adequados desse recurso, bem como, o planejamento e gestão ambiental dessas áreas.

Para pensar em gestão dos recursos hídricos é preciso pensar em governança e participação das comunidades locais, instituições e poder público nas diferentes instâncias para contribuir com as discussões para aperfeiçoar políticas, tecnologias e meios de gestão da água. O livro "Rio Apodi-Mossoró: meio ambiente e planejamento" apresenta a importante contribuição, no sentido da gestão participativa das águas da bacia do rio Apodi-Mossoró.

Finalmente, os autores do livro, em seus 16 capítulos, reafirmam que o compartilhamento e a gestão participativa dos recursos em uma bacia hidrográfica, apesar de conflitante, não são inexequíveis, mas um incentivo ao diálogo entre as partes - sociedade e governo - e uma oportunidade de melhorar a governança, especialmente, em localidade onde a escassez é grave e a vida das pessoas depende da capacidade de dispor de água suficiente apesar de limitações físicas.

Mossoró, 10 de março de 2021

Nildo da Silva Dias

Marcia Regina Farias da Silva

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 8

GEOMORFOLOGIA DO VALE DO RIO APODI-MOSSORÓ 11

CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO APODI-MOSSORÓ-RN. 37

SOLOS E APTIDÃO AGRÍCOLA NA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ 63

COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ 79

ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DE RESERVATÓRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ, SEMIÁRIDO BRASILEIRO 93

ASPECTOS NATURAIS DA ZONA ESTUARINA DO RIO APODI-MOSSORÓ (RN) 107

ASPECTOS GEOECOLÓGICOS E SOCIOECONÔMICOS PARA O PLANEJAMENTO INTEGRADO DA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ 123

CONSERVAÇÃO DAS NASCENTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ 143

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MAPEAMENTO DOS ESPELHOS D'ÁGUA DE RESERVATÓRIOS DO RIO GRANDE DO NORTE 157

PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO: A ARTE RUPESTRE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ 168

ANÁLISE ESPACIAL DA COBERTURA VEGETAL NA REGIÃO SERRANA DE MARTINS E PORTALEGRE – ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE 182

INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO: PERSPECTIVAS PARA A REGIÃO SEDIMENTAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ, RN – BRASIL 203

CARTOGRAFIA SOCIAL DO MÉDIO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ: PLANEJAMENTO E GESTÃO DO TERRITÓRIO DE DOMÍNIO DAS COMUNIDADES CAMPONESAS 227

O MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/RN E A QUESTÃO AMBIENTAL: AS ALTERAÇÕES NA QUALIDADE AMBIENTAL E NA PAISAGEM 244

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ: UM ESTUDO DA CIDADE DE MOSSORÓ (RN) 269

O COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ: CRIAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E FORTALECIMENTO 291

CONSIDERAÇÕES FINAIS 317

SOBRE OS AUTORES 318

INTRODUÇÃO

Rodrigo Guimarães de Carvalho

O rio Apodi-Mossoró apresenta um leito de 210 km de extensão desde as suas nascentes na região serrana de Luís Gomes, até sua desembocadura entre os municípios de Grossos e Areia Branca. Situado na Região Oeste Potiguar, é o maior rio totalmente estadual e sua bacia hidrográfica abrange 52 municípios. De natureza intermitente sazonal, o rio Apodi-Mossoró foi fundamental para as primeiras ocupações da região possibilitando a sobrevivência de pequenos núcleos populacionais, especialmente na parte do embasamento cristalino onde a acumulação de água superficial por meio de barramentos se tornou a técnica mais utilizada para o atendimento às necessidades básicas de abastecimento humano e produção.

No século XXI, a bacia apresenta uma diversidade de usos econômicos com a exploração de petróleo, a produção de cimento, a produção de sal marinho, a agricultura e fruticultura irrigadas e a agricultura familiar. Os grandes, médios e pequenos barramentos na porção do embasamento cristalino e os poços na porção sedimentar permitiram a ampliação da produção. Contudo, mesmo com os avanços implementados com estruturas de barragens e adutoras, a gestão da água ainda apresenta limitações importantes, especialmente em períodos de secas prolongadas como ocorreu entre os anos de 2010 e 2019, onde houve o desabastecimento de, pelo menos, 25 municípios no Alto Oeste.

As obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) representam uma possibilidade de melhorar a segurança hídrica para a bacia do Rio Apodi-Mossoró. No momento, discute-se sobre a licitação para a contratação da empresa que realizará a obra do Ramal Apodi, por onde será transportada a água do eixo Norte, até o rio Apodi-Mossoró. Com isso, se torna cada vez mais necessário o avanço do conhecimento interdisciplinar sobre a bacia hidrográfica, considerando que a água é um componente que interage com aspectos sociais, econômicos, culturais e ambientais no território e, dessa forma, essa publicação busca cumprir o papel de contribuir para a os estudos socioambientais e a tomada de decisão.

O livro apresenta uma coleção de capítulos que discutem temas referentes aos aspectos socioambientais da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Assuntos como geomorfologia, solos, vegetação, unidades de planejamento ambiental, arqueologia, clima, recursos hídricos, gerenciamento de resíduos e a atuação do comitê de bacia são discutidos nos 16 capítulos da obra. Esse livro surgiu de um

esforço do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró em articulação com pesquisadores da UFC, UFERSA, UERN, UEA, Universidad de La Habana e INPE, sendo percebida a falta de uma obra de referência e, ao mesmo tempo, a existência de diversas pesquisas sobre a bacia que se encontravam dispersas.

No Capítulo 1 - GEOMORFOLOGIA DO VALE DO RIO APODI-MOSSORÓ, é apresentado com detalhes o relevo que compõe a bacia e sua influência na dinâmica geoambiental e formação das paisagens; no Capítulo 2 - CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO APODI-MOSSORÓ-RN, os autores expõe com grande riqueza de ilustrações e dados, as condições climatológicas e os recursos hídricos associados; no Capítulo 3 - SOLOS E APTIDÃO AGRÍCOLA NA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ, as autoras apresentam a disposição e características dos solos da bacia, sendo esse, um componente fundamental para a produção agrícola; a cobertura vegetal da bacia é apresentada no Capítulo 4 - COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ, em que, por meio do sensoriamento remoto, é possível caracterizar os setores fitofisionômicos desde o alto até o baixo curso; o Capítulo 5 - ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DE RESERVATÓRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ, SEMIÁRIDO BRASILEIRO, discute as condições limnológicas e a produção de peixes em reservatórios da bacia do rio Apodi-Mossoró; no Capítulo 6 - ASPECTOS NATURAIS DA ZONA ESTUARINA DO RIO APODI-MOSSORÓ (RN), a discussão se dá sobre o estuário do rio Apodi-Mossoró, a produção salineira e os manguezais; no Capítulo 7 - ASPECTOS GEOECOLÓGICOS E SOCIOECONÔMICOS PARA O PLANEJAMENTO INTEGRADO DA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ, os autores apresentam um panorama sobre as unidades de paisagem da bacia e indicam diretrizes gerais de planejamento diante das possibilidades de uso e desenvolvimento econômico; no Capítulo 8 - CONSERVAÇÃO DAS NASCENTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ, os autores apresentam informações precisas sobre as nascentes da bacia do rio Apodi-Mossoró com fotos, localização e caracterização; o Capítulo 9 - SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MAPEAMENTO DOS ESPELHOS D'ÁGUA DE RESERVATÓRIOS DO RIO GRANDE DO NORTE é fruto de uma parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e trata do monitoramento de reservatórios por meio de imagens de satélite; no Capítulo 10 - PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO: A ARTE RUPESTRE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ os autores apresentam à sociedade décadas de pesquisas sobre os sítios arqueológicos existentes na bacia do rio Apodi-Mossoró e demonstram a importância do conhecimento e preservação desse patrimônio; o Capítulo 11 - ANÁLISE ESPACIAL DA COBERTURA VEGETAL NA REGIÃO SERRANA DE MARTINS E PORTALEGRE – ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, trata da avaliação da cobertura vegetal na região das serras de Portalegre e Martins, um relevo imponente localizado no médio curso da bacia do rio Apodi-Mossoró e que é responsável por alterações climáticas e fitogeográficas locais; o Capítulo 12 - INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO:

PERSPECTIVAS PARA A REGIÃO SEDIMENTAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ, RN – BRASIL, apresenta os resultados de uma pesquisa sobre os impactos do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) para a região sedimentar da bacia do rio Apodi-Mossoró; no Capítulo 13 - CARTOGRAFIA SOCIAL DO MÉDIO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ: PLANEJAMENTO E GESTÃO DO TERRITÓRIO DE DOMÍNIO DAS COMUNIDADES CAMPONESAS, pesquisadores da Universidade Federal do Ceará analisam os territórios camponeses da Chapada do Apodi utilizando técnicas de cartografia social, contribuindo para o conhecimento e visibilidade dos agricultores familiares da bacia; O Capítulo 13 - O MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/RN E A QUESTÃO AMBIENTAL: AS ALTERAÇÕES NA QUALIDADE AMBIENTAL E NA PAISAGEM, aborda a cidade de Mossoró e os problemas ambientais que repercutem na qualidade do rio Apodi-Mossoró; o Capítulo 15 - GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ: UM ESTUDO DA CIDADE DE MOSSORÓ (RN) trata da questão do gerenciamento dos resíduos sólidos e sua importância para a qualidade do meio ambiente, em especial a água; por fim, o Capítulo 16 - O COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ: CRIAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E FORTALECIMENTO apresenta um pequeno histórico da atuação do Comitê de Bacia do rio Apodi-Mossoró, desde a sua efetiva criação em 2013, até o ano de 2020.

CAPÍTULO 1

GEOMORFOLOGIA DO VALE DO RIO APODI-MOSSORÓ

Rubson Pinheiro Maia

Introdução

O Estado do Rio Grande do Norte é caracterizado por sua elevada diversidade geológica e geomorfológica, onde rochas e formas de relevo de diferentes tipos, idades e formações resguardam importantes informações acerca da sua história natural. Essa história inicia-se há milhões de anos e envolve processos de escala global como a tectônica de placas e continental como o vulcanismo e a formação de bacias sedimentares. No interior, o sertão desenvolve-se sobre o embasamento cristalino (rochas ígneas e metamórficas) e na região costeira na forma de rochas sedimentares ou sedimentos inconsolidados, como no caso dos vales fluviais.

Os vales da porção centro norte do estado, iniciam nas cabeceiras dos maciços e seguem em direção a norte até adentrarem a Bacia Sedimentar Potiguar. Nesse contexto tem-se os vales dos rios Apodi-Mossoró e Piranhas-Açu. Especificamente, o rio Apodi-Mossoró destaca-se por sua singularidade, expressa no seu trajeto, que atravessa terrenos de diferentes origens e idades. Suas nascentes, são situadas nas serras de Luis Gomes, dentro do complexo do Maciço do Pereiro, que divide o Ceará do Rio Grande do Norte. O imponente maciço cristalino fornece energia potencial através de seus múltiplos declives e cria assim as condições necessárias para que o escoamento superficial das águas pluviais escave vales incisos. Na Depressão Sertaneja, entre as áreas elevadas e as depressivas, os rios formam vales encaixados com direção preferencial NE-SW, apresentando em geral padrões dendríticos e paralelos. Essas características dos rios denotam uma adaptação às estruturas geológicas pré-existentes, como falhas e zonas de cisalhamento (Setores onde a crosta superior tem passado por deformação cisalhante, ou seja, blocos de rocha que se deslocam tangencialmente), e geomorfológicas como alinhamentos de cristas residuais em áreas de lineamentos estruturais. As estruturas pré-existentes são principalmente falhas e zonas de cisalhamento dúcteis de direção NE-SW e E-W, responsáveis pela formação de grandes domínios morfoestruturais no Nordeste brasileiro.

Dessa forma, o texto a seguir apresenta os aspectos do relevo e da drenagem da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró a partir de seus condicionantes morfoestruturais.

Caracterização da área

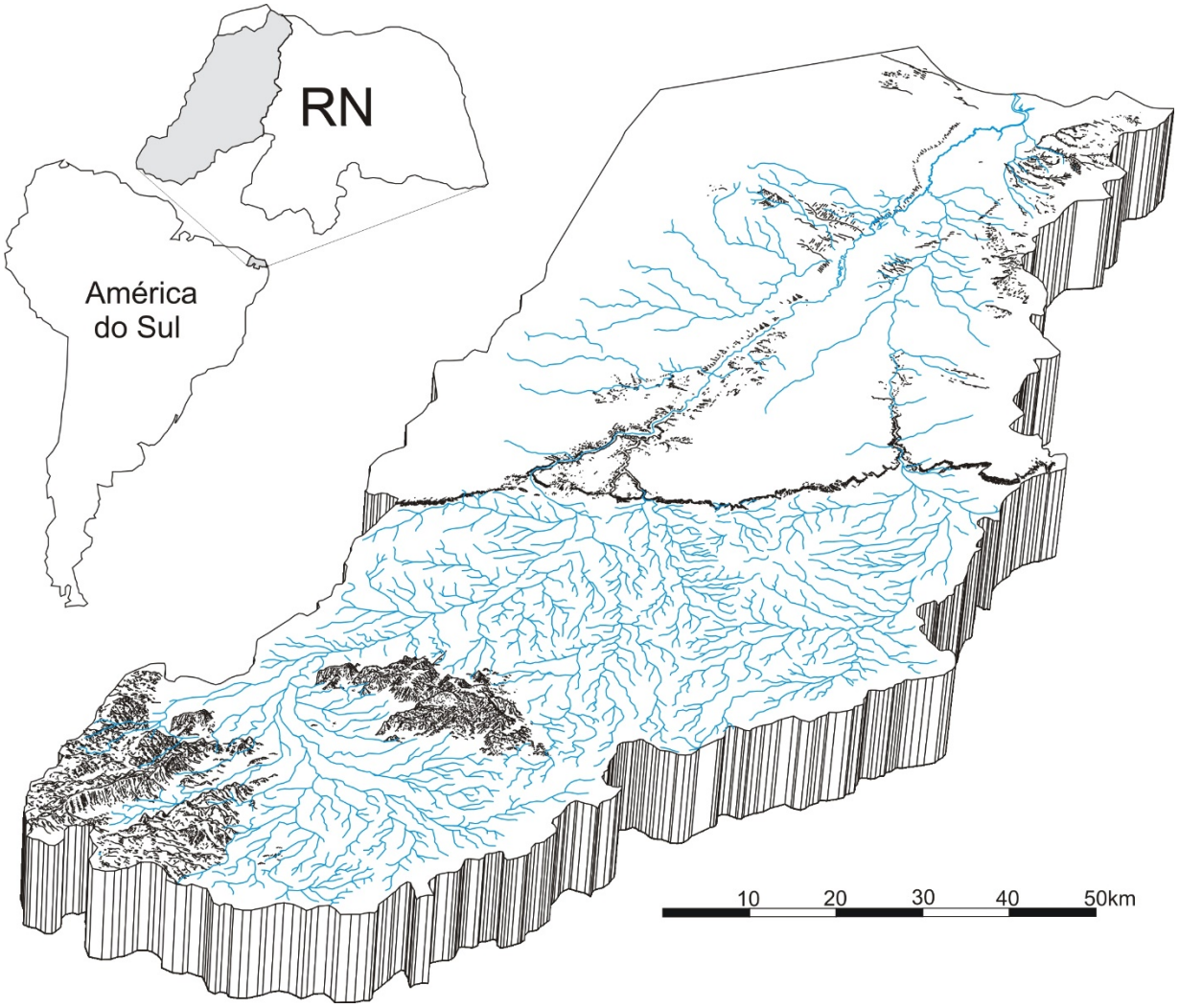
Situada no setor oeste do Rio Grande do Norte a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró drena uma área de 14.270 km^2 numa bacia com extensão máxima de 200 km por 100 km de largura aproximadamente (Figura 1). O canal é erosivo nos primeiros 100 km, trecho em que disseca a Depressão Sertaneja. As nascentes situam-se na porção SW deste estado, mais exatamente na porção NE da Serra de Pereiro entre 350 e 500 m (Figura 2, item 4.2).

No curso superior a densidade de drenagem resulta de sua relação com o embasamento pré-cambriano. Nesse caso, os padrões dendrítico e sub-dendrítico resultam da impermeabilidade das rochas cristalinas e o padrão paralelo resulta da conformação da drenagem às estruturas tectônicas, principalmente relevos orientados segundo as direções das principais zonas de cisalhamento. O trend NE-SW controla feições erosionais dos maciços formando vales incisos ao longo desta direção.

No curso inferior o canal disseca os sedimentos mesozóicos da sequência pós-rifte da Bacia Sedimentar Potiguar. Nesse trecho, forma um vale alinhado de direção NE-SW. Sua largura inicia-se com cerca de 250 m e termina na foz com aproximadamente 8 km em um eixo longitudinal de 70 km, apresentando desnível da ordem de 0,06°.

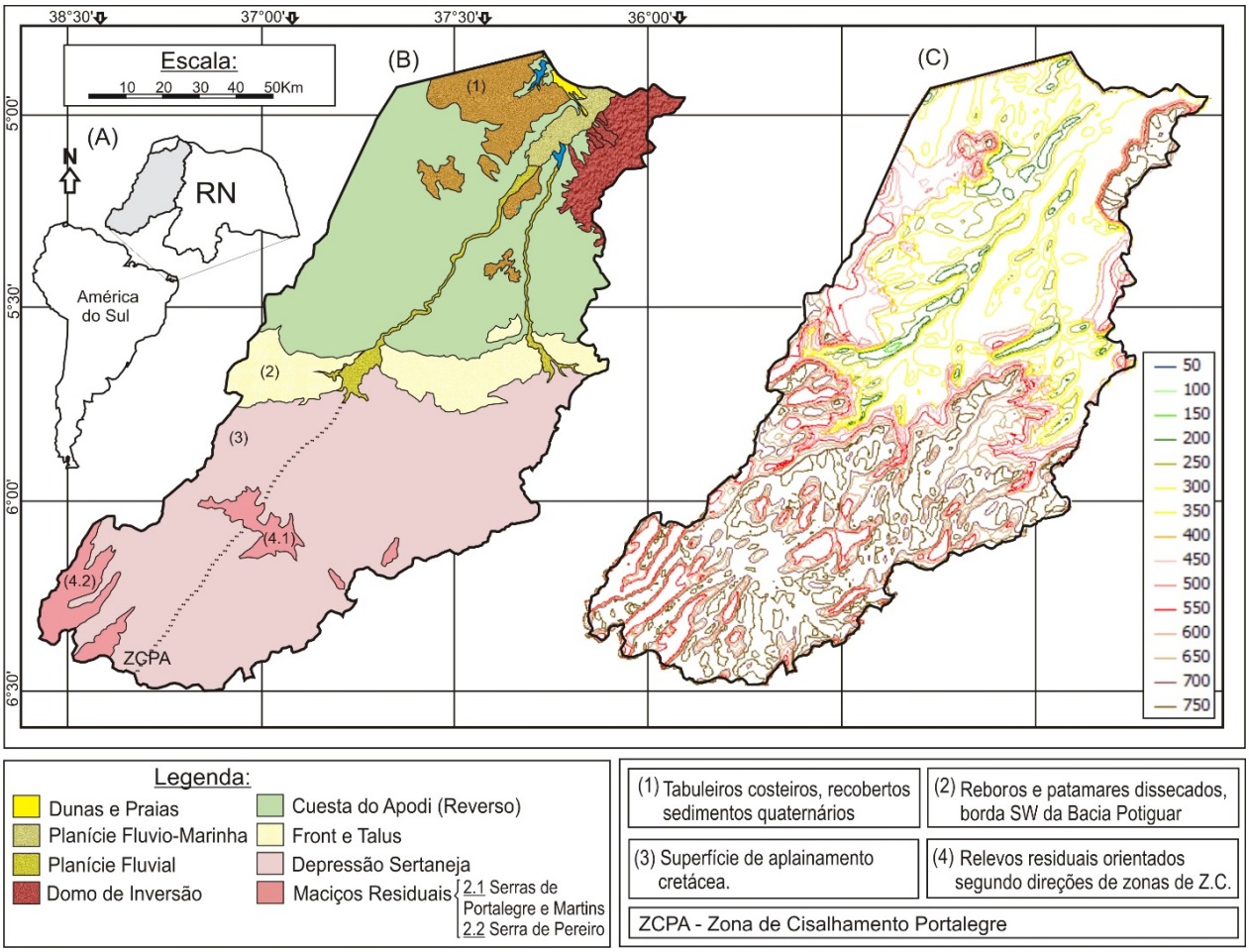
Nesse setor a diminuição da densidade dos canais se dá em função da maior permeabilidade do substrato constituído por arenitos da Formação Açu e calcários da Formação Jandaíra (Sequência pós-rifte da Bacia Sedimentar Potiguar).

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró (Bloco Diagrama do Relevo e Hidrografia)



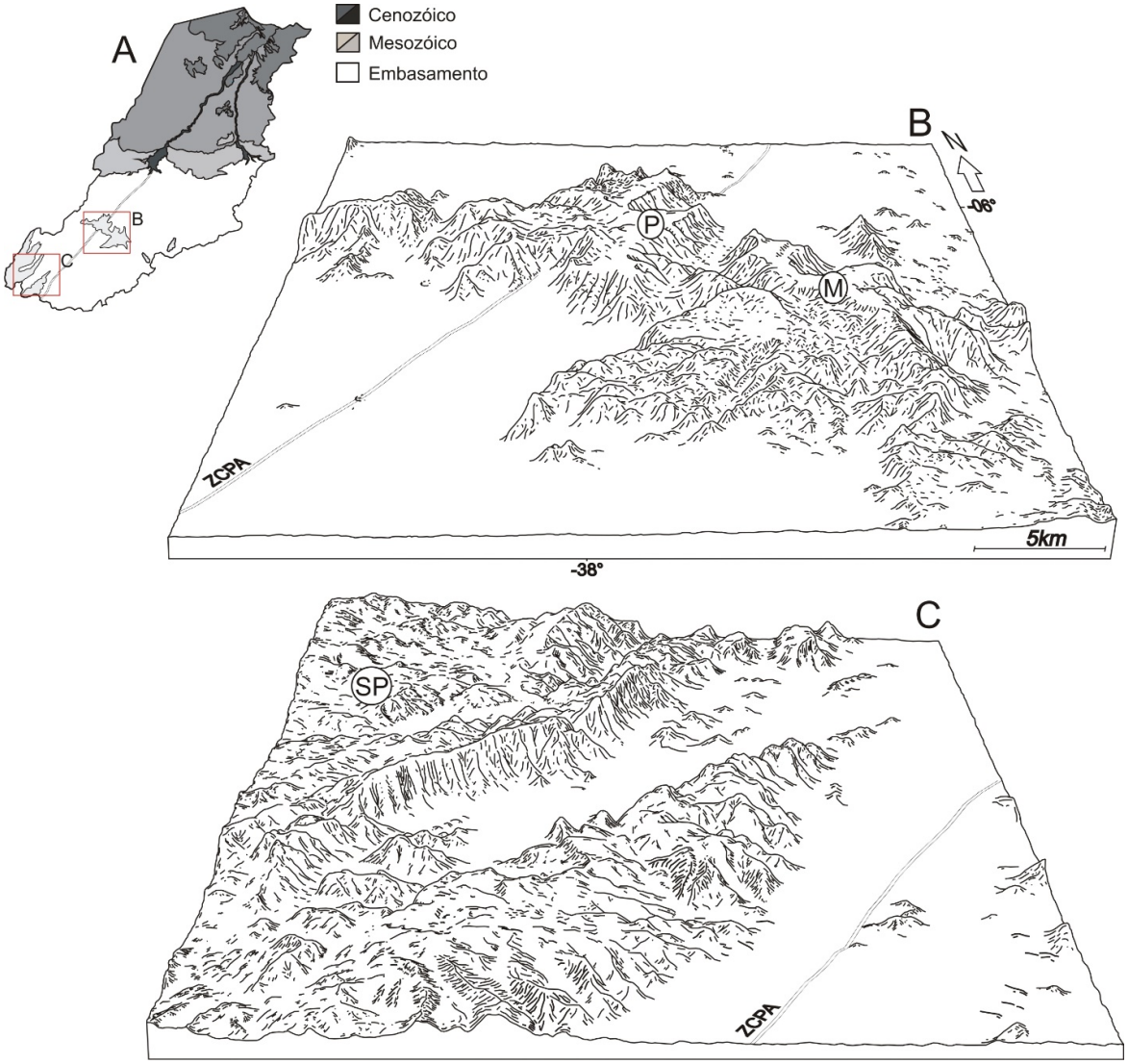
Do ponto de vista geomorfológico, a bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró foi dividida nos seguintes domínios morfoestruturais: Depressão Sertaneja, Maciços Residuais, Planícies em Depósitos Mesozóicos e Cenozóicos e um Domo Anticlinal (Figura 2). Em seu alto curso ocorre a Depressão Sertaneja ocupando cerca de 63% do total da bacia hidrográfica. Esta depressão se estende até a base dos limites escarpados dos Depósitos Mesozóicos e situa-se entre os blocos soerguidos, sendo modelada no interior dos quais a rede de drenagem dos principais rios se instala. Sua morfologia atesta os pronunciados efeitos da erosão a que foi submetida, onde as repetidas remoções do manto de intemperismo, sobretudo no cenozóico, originaram a extensa superfície aplainada, partindo da base dos maciços residuais e individualizando-os.

Figura 2 – Mapa de Geomorfologia e de Curvas de Nível da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró.



Na Depressão Sertaneja emergem elevações como as Serras de Portalegre e Martins (Figura 3). Trata-se de platôs da ordem de 700 m de altitude levemente inclinados em relação ao sul. Esses platôs são constituídos pelo embasamento elevado e são capeados por sedimentos conglomeráticos da Formação Serra dos Martins (MENEZES, 1999), de idade Oligocênica superior (Morais Neto et al., 2002). Nesse setor a drenagem é controlada por vales incisos e cristas de direção NE-SW. Esta morfologia disposta em maciços residuais alinhados na direção NE-SW resulta da exumação e erosão de zonas de cisalhamento dúcteis, no caso, a zona de cisalhamento Portalegre (Figuras 2 e 3).

Figura 3 – Blocos Diagramas Geomorfológicos das cabeceiras de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró (M-Serra de Martins, P-Serra de Portalegre, SP-Serra de Pereiro e ZCPA-Zona de cisalhamento Portalegre).



No curso inferior, a Bacia Sedimentar Potiguar dispõe-se na forma de uma cuesta com front voltado para S-SW. Trata-se do Domínio das Planícies elaboradas nos Depósitos Mesozóicos (Sequência pós-rifte da Bacia Sedimentar Potiguar: Formação Jandaíra e Açu) e Cenozóicos (Formação Barreiras e depósitos eólicos e aluvionares).

O front da cuesta, escarpado no setor SW ocorre na Formação Jandaíra (Sequência pós-rifte). Este escarpamento resulta do soerguimento e posterior erosão das bordas W e S desta bacia. Contudo é possível destacar que o soerguimento pós-cretáceo desta bacia, não tenha sido muito significativo uma vez que a cota altimétrica de seu front (160 m) ajusta-se com os níveis elevados do mar no cretáceo. Nesse setor, a interrupção do fluxo fluvial representado pelo escarpamento do front da cuesta, resultou no alargamento do sistema fluvial nos

limites entre o embasamento cristalino (Médio curso do rio Apodi-Mossoró) e a Bacia Sedimentar Potiguar (Baixo curso do rio Apodi-Mossoró).

Nesse setor, o Rio sai do embasamento cristalino e adentra a bacia potiguar, onde um pequeno canyon é formado (Figura 4). Nesse segmento do canal, forma-se um brejo, logo nos primeiros quilômetros no interior da bacia, que constitui uma área sujeita as cheias em virtude da largura do vale.

Figura 4 – Brejo do Rio Apodi-Mossoró em Felipe Guerra – RN



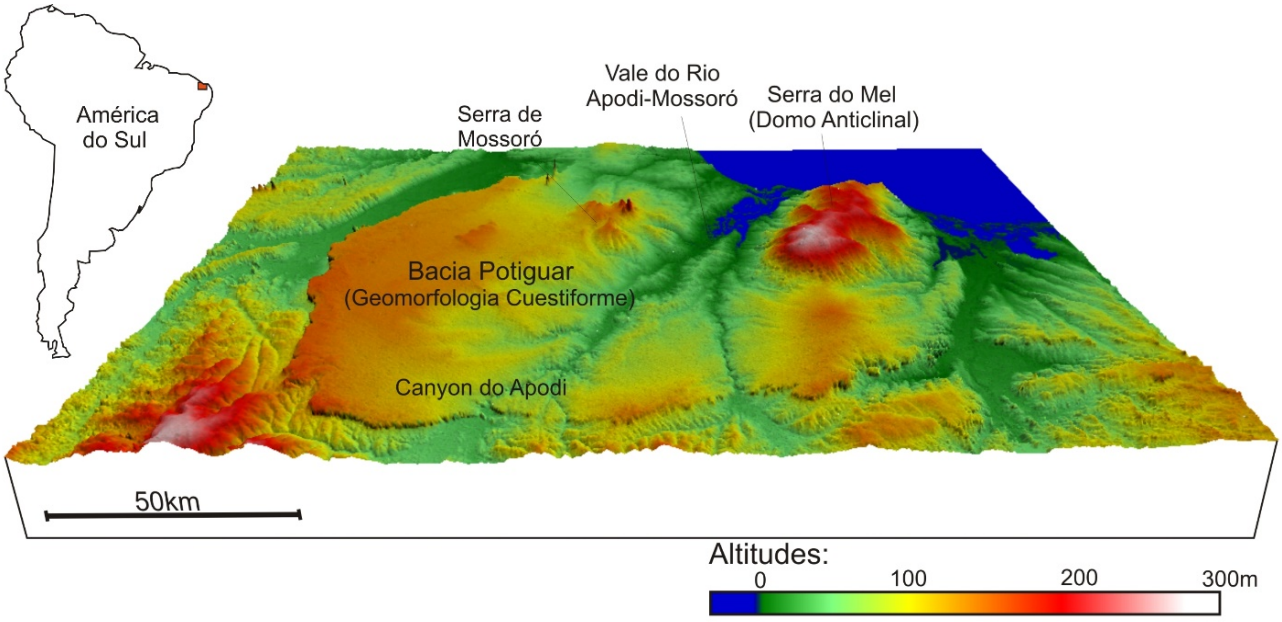
Mais estreito nesse setor, o vale do rio Apodi-Mossoró adentra a bacia sedimentar Potiguar possibilitado pelo colapso do sistema cárstico pré-existente, conforme demostrado por Orildo et al., (2017). Nesse trecho, as escarpas nos carbonatos da Formação Jandaíra são íngremes e chegam a possuir 40 metros de altitude (Figura 5).

Figura 5 – Escarpa do Vale do Rio Apodi-Mossoró nos carbonatos da Formação Jandaíra (Felipe Guerra – RN).



No baixo curso do rio Apodi-Mossoró, dois altos topográficos (Serra de Mossoró e Serra do Mel, Figura 6) confinam um baixo topográfico onde se situa sua planície fluvial. Tanto os altos topográficos quanto a depressão confinada entre esses, apresentam a direção NE-SW adequando-se a direção das falhas da fase rifte da Bacia Potiguar.

Figura 6 – Bloco Diagrama Geomorfológico do Baixo Curso do Rio Apodi-Mossoró.



Esses altos topográficos constituem típicas feições de inversão de bacia resultantes do último campo de tensões de ocorrência pós-miocênica. Nesse aspecto a reativação dos sistemas de falhas de direção NE-SW sobre direção de tensão máxima horizontal σ1 NW-SE, resultou na deformação da sequência pós-rifte da Bacia Potiguar. Esta deformação é expressa no relevo na forma de altos estruturais (Serra de Mossoró e a Serra do Mel) na parte central desta bacia. Entre esses altos estruturais, a formação de uma depressão orientada no sentido NE-SW, possibilitou a expansão do sistema flúvio-marinho em direção ao interior do continente formando uma planície flúvio-marinha de 25 km de extensão por 8km de largura constituindo assim a maior dentre os vales que dissecam a Bacia Sedimentar Potiguar. Dessa forma, a dissecação promovida a partir do rebaixamento do nível de base geral no último ápice glacial atingiu o embasamento cretáceo representado pela seção pós-rifte da Bacia Potiguar (Figura 7). A depressão formada a partir dessa dissecação permitiu o avanço do sistema fluvio-marinho para a área do baixo curso do Rio Apodi-Mossoró. Nesse setor a cota 0 m adentra aproximadamente 30 km no interior do continente conforme Figura 04. Tal característica possibilitou a esta área constituir-se com a mais importante zona de produção de Sal Marinho do Brasil, sendo responsável por 50% da produção nacional (COSTA, 2008).

Essas características resultam do controle de vazão exercido pela barragem de Apodi, situado a 110 km a montante da foz e o escarpamento do topo da seção pós-rifte na borda da Bacia Sedimentar Potiguar que diminuem a competência fluvial do canal no baixo curso e impede a progradação do sistema fluvial em direção a linha de costa.

Dessa maneira os depósitos fluviais do Vale do Rio Apodi-Mossoró, quando não são ausentes, apresentam pequena espessura, uma vez que são comuns os afloramentos do embasamento cretáceo na área da planície de inundação (Figura 8).

Esses delgados aluviões fazem do Rio Apodi-Mossoró um sensível indicador das características do substrato.

Figura 7 - Relações entre dissecação e agradação pós último ápice glacial.

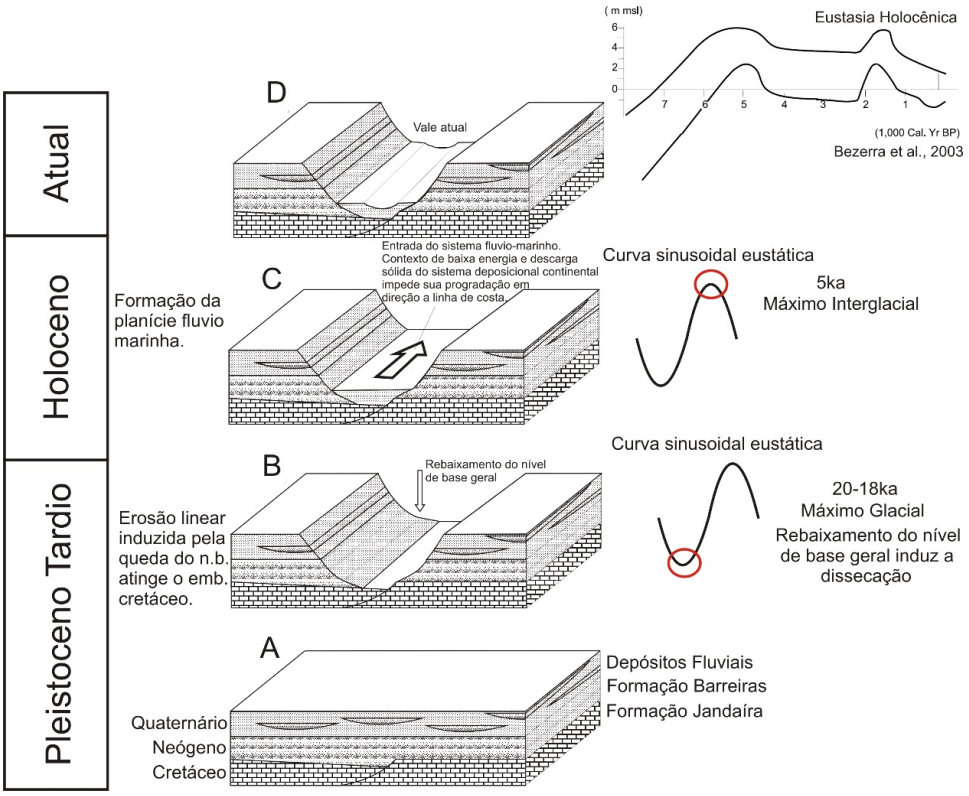


Figura 8 - Afloramentos do embasamento cretáceo (Formação Jandaíra) na área do canal do Rio Apodi-Mossoró.





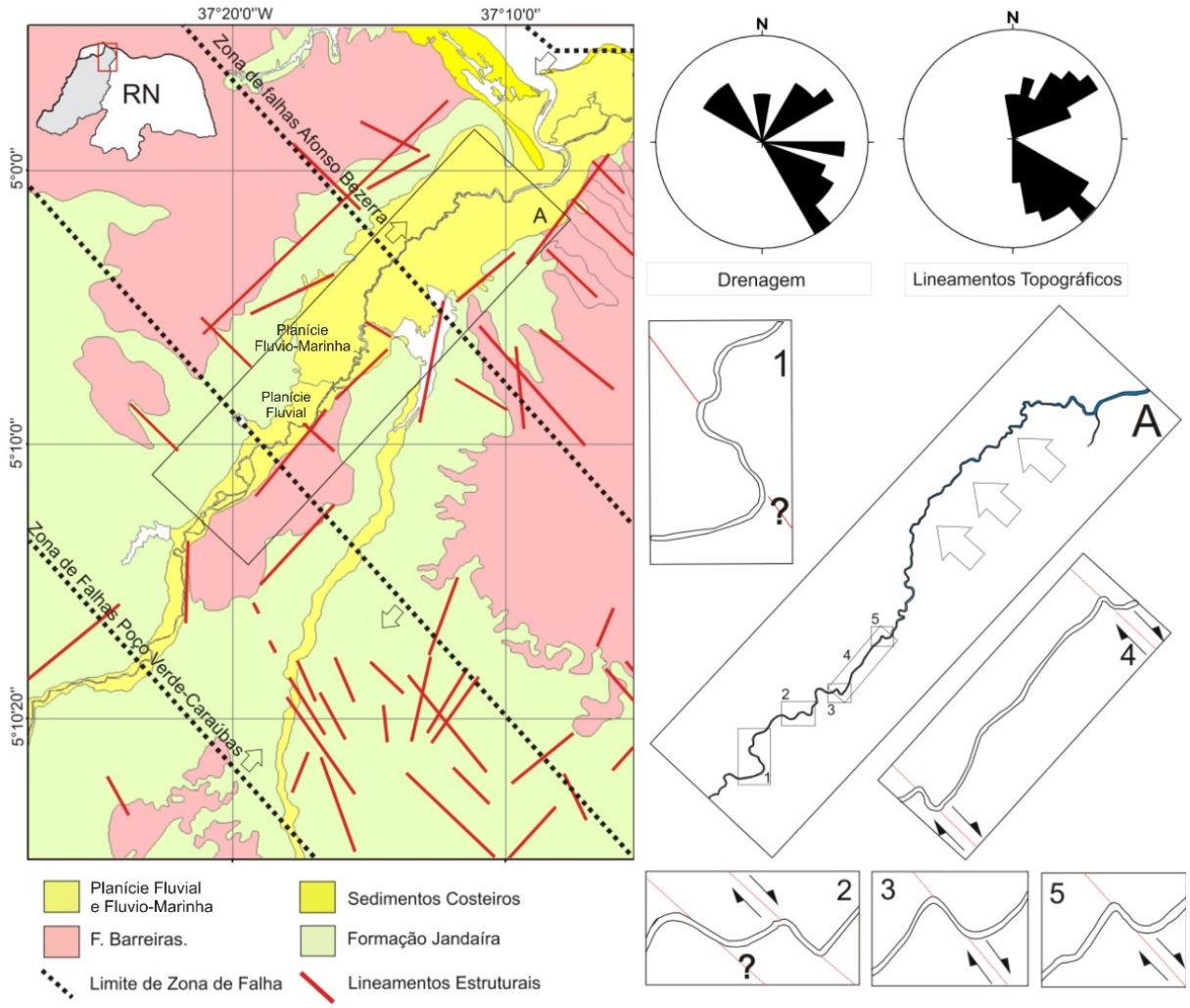
Geomorfologia e Drenagem

Durante o Cenozóico ocorreram eventos como a reativação de importantes sistemas de falhas (Carnaubais e Afonso Bezerra), dobramentos com grande comprimento de onda e eixos orientados preferencialmente na direção NE - SW, resultantes de esforços compressivos NW -SE que afetaram a Bacia Sedimentar Potiguar no Paleógeno (CREMONINI; KARNER, 1995).

Na parte central da Bacia Sedimentar Potiguar, área correspondente ao baixo curso do Rio Apodi-Mossoró, dois sistemas de falhas foram identificados por

Bezerra e Souza, (2005). Esses sistemas de falhas (Afonso Bezerra e Poço Verde-Caraúbas, Figura 9) de direção NW-SW resultam do último campo de tensões de ocorrência pós-miocênica. Esses sistemas de falhas afetam, por vezes unidades neógenas incluindo a Formação Barreiras e condicionam uma drenagem tipo paralela orientada no sentido NE-SW, para canais principais (3° e 4°ordem) e NW-SE para tributários (1° e 2° ordem). Diversos cotovelos de drenagem interrompem o paralelismo NE-SW do canal principal, formando pequenos segmentos NW-SE e constituem importantes evidências de reativação quaternária. Estas falhas documentam um campo de esforços relacionados a uma compressão E-W e extensão N-S compatível com um regime transcorrente dextral.

Figura 9 - Relações entre Drenagem e Lineamento Estruturais.

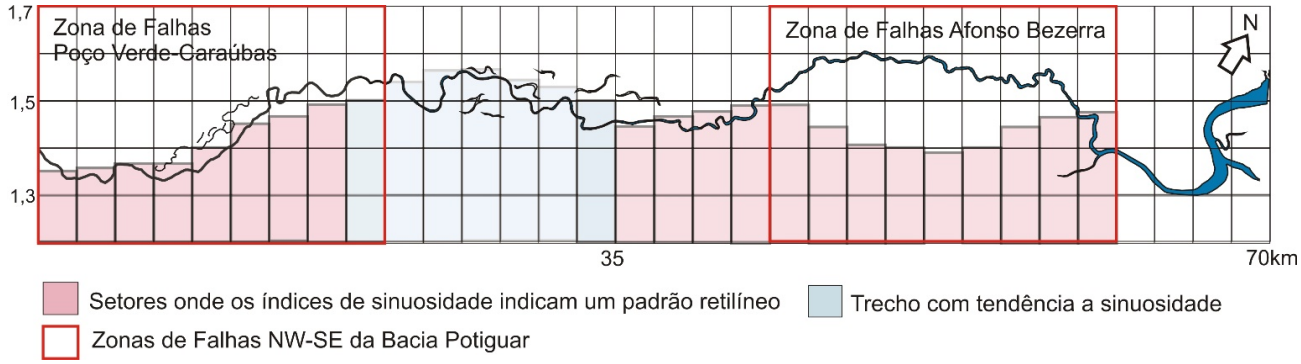


Na região estudada, diversos pontos com ocorrência de falhas afetando as coberturas cenozóicas apresentam importante correlação com os padrões de lineamentos e anomalias de drenagem. As anomalias detectadas caracterizam-se

por apresentarem mudanças abruptas na direção do curso fluvial principal, onde as mais freqüentes são: NE-SW para SE-NW.

Os cotovelos de drenagem indicados na Figura 10 alteram a direção preferencial do canal principal (NE-SW) e estão relacionados com lineamentos reconhecidos a partir de pequenos vales incisos alinhados segundo a direção NW-SE. Contudo, nem todos os cotovelos apresentaram relação com lineamentos reconhecidos em fotografias aéreas ou em imagens Landsat TM 7, tratadas com filtros direcionais. Estes lineamentos, impressos na topografia, estão relacionados ao sistema de falhas regionais. Os lineamentos NW são mais expressivos (Sistema de falhas Afonso Bezerra e Poço Verde-Caraúbas) e estão marcados no relevo na forma de vales incisos quando ocorrem sobre os arenitos e conglomerados da Formação Barreiras e cristas quando ocorrem sobre os carbonatos da Formação Jandaíra. Esses lineamentos exercem influência sobre a morfologia do canal do Rio Apodi-Mossoró que reduz deus valores de sinuosidade ao atravessar zonas de falhas ativas da Bacia Potiguar .

Figura 10 - Relações entre sinuosidade do canal e zonas de falhas no baixo curso do Rio Apodi-Mossoró.



Em escala regional, o Rio Apodi-Mossoró segue a direção NE-SW condicionado do ponto de vista estrutural as zonas de cisalhamento dúcteis pré-cambrianas do embasamento e rúpteis nas áreas sedimentares. Os padrões paralelo e subparalelo da rede de drenagem são produzidos pelos lineamentos da tectônica compressiva de direção E-W e sua evolução está por estes lineamentos influenciada.

Geomorfologia da Bacia Potiguar e repercussão na drenagem do rio Apodi-Mossoró

Na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil, durante o Cenozoico, ocorreu a reativação de importantes sistemas de falhas resultando em dobramentos com grande comprimento de onda e eixos orientados preferencialmente na direção N - S, resultantes de esforços compressivos E -W (CREMONINI; KRANER, 1995).

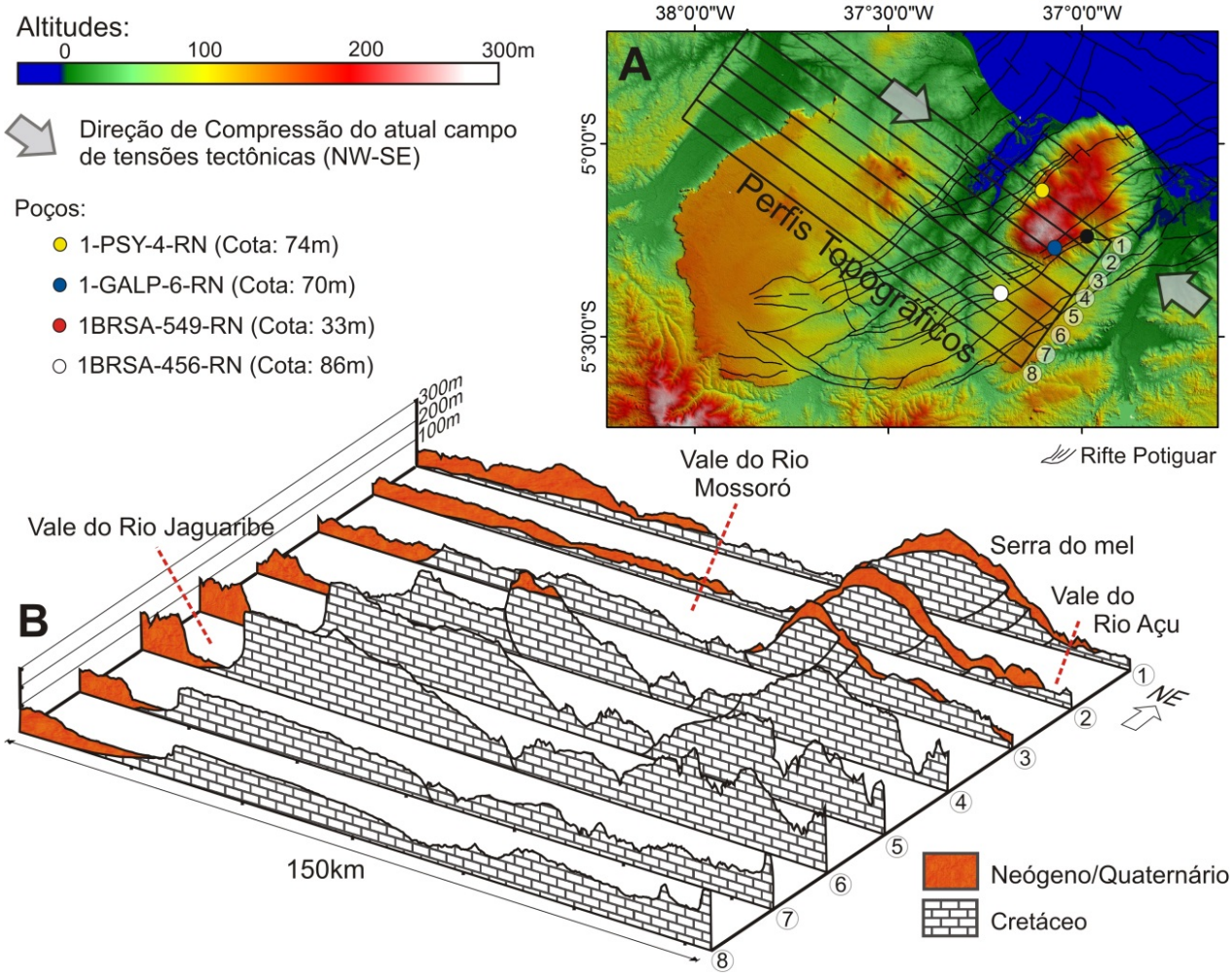
Os efeitos desses esforços na morfologia, drenagem e ambientes de sedimentação foram analisados por Bezerra e Vita-Finzi (2000), Bezerra et al. (2001, 2008), Nogueira et al. (2010), Moura Lima et al. (2010), Rossetti et al. (2011) e Maia (2012). Esses trabalhos demonstraram que a relação entre a tectônica cenozoica e os depósitos neogênicos e quaternários na Bacia Potiguar, é responsável pelas conformidades entre a disposição dos vales, falésias e as falhas neotectônicas. Conforme esses trabalhos, essa conformação indica a relação genética existente entre alinhamentos mais antigos e a morfologia atual dos vales e das escarpas litorâneas. Vários alinhamentos de vales e áreas deprimidas direcionam-se segundo as orientações de falhas do embasamento pré-cambriano e cretáceo o que pode representar uma reativação recente dessas linhas de fraqueza (MOURA LIMA, et al., 2010).

A compreensão dos efeitos na geomorfologia decorrentes da reativação de falhas neotectônicas em bacias sedimentares ainda é assunto pouco abordado, sobretudo nas bacias sedimentares da margem atlântica brasileira.

No Nordeste Brasileiro os campos de tensões Cenozoicos reativaram sistemas de falhas mais antigos em regime compressional. A reativação desses sistemas de falhas tem gerado deformações nas seções rifte e pós-rifte das bacias situadas na margem atlântica nordestina. Especificamente, na Bacia Potiguar, suas amplitudes altimétricas constituem uma importante expressão geomorfológica da deformação da seção pós-rifte. Essa deformação pode ser constatada a partir dos dados de afloramentos e de poços que revelam que os limites entre as unidades litológicas se apresentam deformados. Na parte central da Bacia Potiguar, a ocorrência de uma topografia disposta na forma de um antiforme dômico sugere a existência de uma feição de inversão na seção pós-rifte, representada principalmente pela Serra do Mel. Sobre a Serra do Mel, de acordo com dados de poços, o limite cretáceo-neógeno situa-se em cotas altimétricas variáveis entre 70 m e -70 m e na Serra de Mossoró os dados de campo mostram que essas cotas ultrapassam os 200 m. Esse contato é definido pelo topo da Formação Jandaíra que se situa abaixo do nível do mar na zona litorânea (Figura 11).

As altitudes máximas do topo da Serra do Mel coincidem com as altitudes do topo da Serra de Mossoró cujo cume atinge 270 m. Essa conformação indica que o topo da seção pós-rifte sobre Serra do Mel pode atingir cotas mais altas do que as evidenciadas em poços nos locais de maior altitude onde seu topo ultrapassa os 270 m. Essas variações da altitude do topo da seção pós-rifte (topo da Formação Jandaíra) podem ter sua origem associada aos processos tectônicos, que possivelmente têm influenciado a evolução geomorfológica da Bacia Potiguar.

Figura 11 - Perfis geológicos e geomorfológicos NW-SE da Bacia Potiguar. Os pontos coloridos em A representam a localização dos poços e estão identificados na legenda com suas respectivas cotas altimétricas referentes ao topo da seção pós-rifte (Formação Jandaíra). Direções de compressão representadas por setas, segundo Bezerra e Vita Finzi (2000).

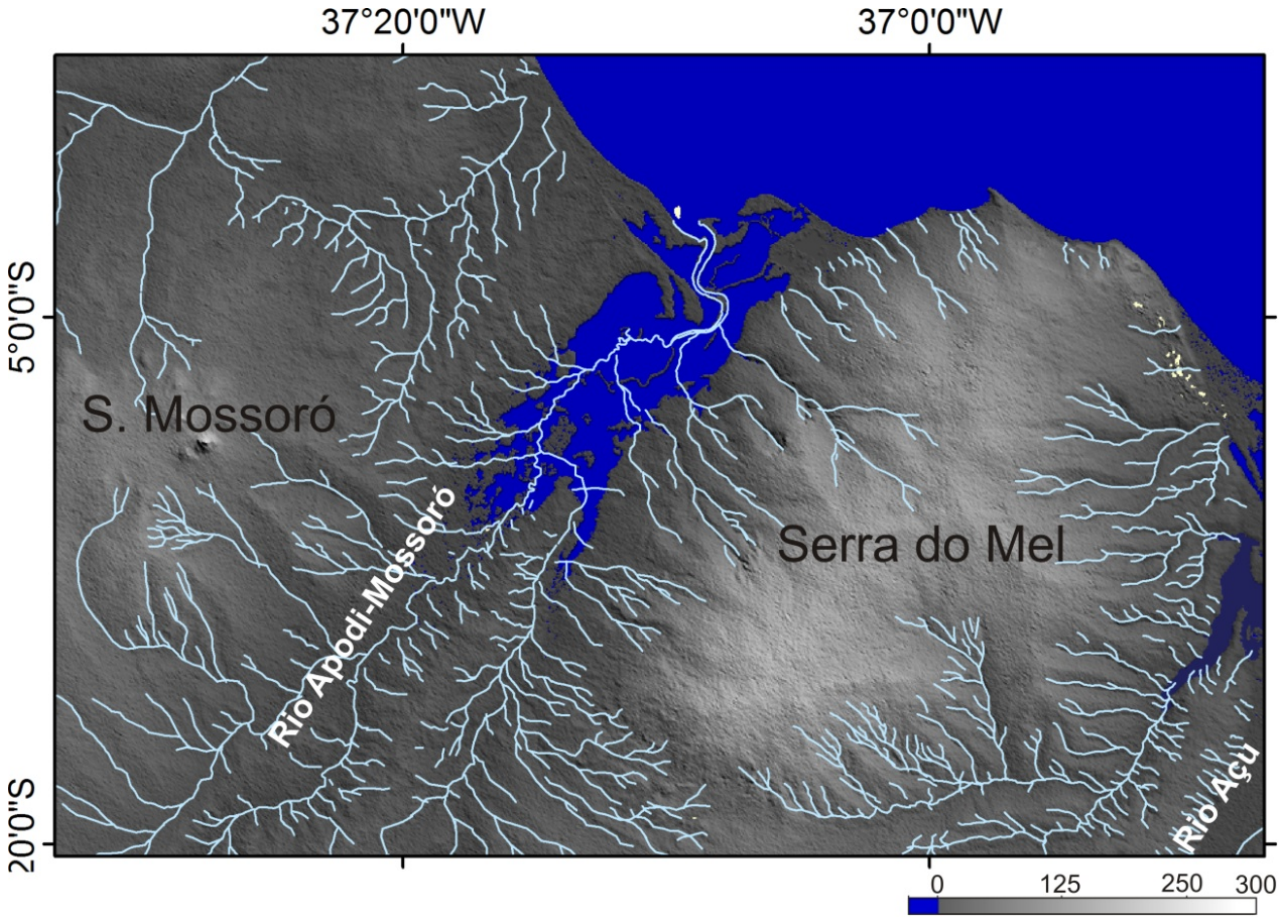


De modo distinto a Serra do Mel, que se encontra capeada por depósitos neogênicos e quaternários, na Serra de Mossoró é possível encontrar seções aflorantes da Formação Jandaíra acima dos 200 m de altitude. Trata-se de um relevo residual sustentado por um topo arenítico da Formação Barreiras que representa um fator de resistência à erosão circunjacente favorecendo a manutenção da topografia. Este topo arenítico encontra-se silicificado, fato que corrobora a hipótese de que Serra de Mossoró resulta de reativação de falhas de idade neogênica, uma vez que o processo de silicificação requer a existência de falhas que possam conduzir fluidos silicosos, sendo sua gênese associada às reativações tectônicas pós-campanianas.

As serras de Mossoró e do Mel confinam os canais dos rios Mossoró e Açu cuja geometria é balizada pela organização morfoestrutural da área, definida por trends de lineamentos de direção NE-SW e NW-SE. Esta configuração é evidenciada na morfologia da drenagem regional que é controlada por essas duas elevações de direção NE-SW, com padrão radial. Na área, a drenagem radial

centrífuga dispersa os canais para ambos os flancos da Serra do Mel, no sentido dos fundos dos vales dos rios Mossoró e Açu (Figura 12). Também está impressa no relevo, uma rede de ravinamentos paralelos, orientados em direção perpendicular aos vales fluviais, ocasionando incisão linear e coluvionamento.

Figura 12 - Drenagem e topografia na parte central da Bacia Potiguar.



A distribuição espacial dos terraços abandonados do rio Açu, mais expressiva a oeste do rio, confere o predomínio de aluviões quaternários nesta porção. A disposição desses sedimentos associados à forma dos canais sugere que a migração dos canais dos rios Mossoró e Açu é diretamente influenciada pelo soerguimento e formação de um antiforme estrutural com eixo de direção NE-SW na parte central da bacia, uma vez que os depósitos antigos desses canais situam-se preferencialmente em sentidos contrários à direção de migração atual. Esses depósitos partem de cotas rebaixadas, a partir das planícies de inundação sazonal dos rios Mossoró e Açu para cotas cada vez mais elevadas em direção ao cume de Serra do Mel. A presença de depósitos aluviais quaternários em cotas que variam do nível de base atual até mais de 200 m na Serra do Mel, constitui um importante marcador cronoestratigráfico para a neotectônica na área de estudo. Nesse aspecto, a formação de um antiforme dômico no centro da bacia originou um proeminente interflúvio que dispersou os canais dos rios Mossoró e

Açu que migraram em sentidos opostos. O soerguimento da área elevou os aluviões antigos para cotas sucessivamente mais altas a medida que se afasta da área das planícies de inundação sazonal de seus respectivos rios.

Além da formação de um antiforme dômico que individualiza as drenagens principais dos rios Mossoró e Açu, a formação de interflúvios também de direção NE-SW ocorre na base de ambos os lados de Serra do Mel. Esses interflúvios apresentam características semelhantes, uma vez que estão associados ao mesmo contexto tectônico. Sobre a formação desses interflúvios em ambientes tectonicamente ativos, Jackson et al. (1996) propuseram que a drenagem, nesses casos pode demonstrar os efeitos da deformação em superfície gerada pela reativação de falhas em regime compressional.

Esse regime compressional, atuante desde o Mioceno é caracterizado por tensões principais de direção (σ1) E-W e NW-SE. Essas tensões são compatíveis com o desenvolvimento de antiformes NE-SW que na área são expressos na forma de um domo central de direção NE-SW (Serra do Mel) e interfluvios em seus limites laterais com a mesma direção. Esses interfluvios controlam os canais de 3º e 4º ordem e podem resultar de deformações de menor expressão, adequando-se ao modelo sugerido por Jackson et al. (1996) para bacias compressionais. Nesse modelo a reativação de falhas normais em regimes compressivos é responsável pela formação de sobressaltos topográficos, sejam na forma de domos ou na forma de interflúvios. Assim, é importante destacar que a formação de relevos estruturais onde há sedimentação fluvial, será condicionada aos baixos topográficos. Já os altos formados a partir dos esforços compressivos, podem elevar para cotas mais altas, antigos depósitos fluviais que passam a ser importantes indicadores dos mecanismos forçadores da evolução e da migração dos canais como resposta ao soerguimento.

Na parte litorânea, ao norte de Serra do Mel, a expressão geomorfológica do seu soerguimento está expressa na fisiografia da linha de costa que avança em relação a área circunvizinha, cerca de 10 km no oceano na direção N – NE. Nesse setor as falésias na Formação Barreiras atingem 100 m de altitude a menos de 500 m da praia. Esta cota altimétrica, para as falésias da Formação Barreiras na linha de costa, não apresenta exemplo similar na margem atlântica equatorial nordestina.

Os lineamentos NW-SE assumem importante papel no controle da fisiografia da linha de costa disposta em dois segmentos também de direção NW-SE. Nesse setor as falésias da Formação Barreiras são sulcadas por pequenos vales incisos de igual direção. Dessa forma, a fisiografia da linha de costa associada a disposicão das falésias e à direção dos vales que à dissecam costituem a expressão geomorfológica dos lineamentos NW-SE da porção costeira de Serra do Mel.

Essa conformação entre tectonica, lineamentos estruturais e geomorfologia também foi descrita na Bacia do Paraíba por Rossetti et al. (2011), onde as quebras topográficas estão relacionadas com escarpas de falha, que normalmente apresentam-se dissecadas e limitam vales fluviais. Entre estes horsts soerguidos formam tabuleiros, que correspondem as falésias de até 50 m ao longo da costa (ROSSETTI et al., 2013).

Dessa forma, a parte central da Bacia Potiguar pode ser definida em termos de relevo como dois antiformes de direção NE-SW que individualizam vales da mesma direção. Entre os antiformes, representados pelas Serras de Mossoró e do Mel e os vales, as topografias apresentam amplitudes que atingem 270 m. Essas amplitudes são ainda maiores quando se considera o topo da seção pós-rifte, uma vez que dados de poços indicam ocorrência em cotas de até -70 m e dados de afloramento, a ocorrência até 250 m. Essas amplitudes topográficas na seção pós-rifte evidenciam uma feição de inversão de bacia, resultante da reativação de falhas a partir da mudança do campo de tensões.

Segundo Lugt et al. (2003) a inversão de uma bacia sedimentar ocorre quando falhas extensionais são invertidas para falhas reversas uma vez que se muda o sentido dos esforços. Nesse aspecto, a maioria das pesquisas sobre inversão tectônica concentra-se nos casos em que as direções de extensão e de compressão são semelhantes e perpendiculares a orientação das falhas extensionais (QUINTANA et al., 2006). Um dos possíveis efeitos de uma inversão tectônica se dá a partir do desenvolvimento de antiformes dômicos derivados da deformação da seção rifte e/ou pós-rifte de uma bacia (WILLIAMS et al.,1989 e DORE et al., 2008).

A partir da proposição de modelos deformacionais resultantes da reativação de falhas extensionais em regime compressional em escala de laboratório (caixa de areia), verificou que o desenvolvimento de estruturas compressionais do tipo inversão de bacia, são controladas por falhas pré-existentes e que essas falhas originárias de um regime extensional são reativadas invariavelmente durante a compressão (VENTISETTE et al., 2006). Estruturas como estas, foram descritas por meio de sismoestratigrafia na bacia Salar de Atacama, Nordeste do Chile por Muñoz et al. (2002) na forma de anticlinais assimétricos resultantes da compressão cretácea.

Na Bacia Potiguar a sequência de eventos compressivos teve início após a etapa distensional formadora da bacia no Cretáceo. Neste caso, a inversão tectônica estaria associada a componentes compressivos, de direção NNW-SSE, em consequência a um cisalhamento dextral de direção WNW, regional, relacionado ao início do rifteamento da Margem Equatorial (BORGES, 1993).

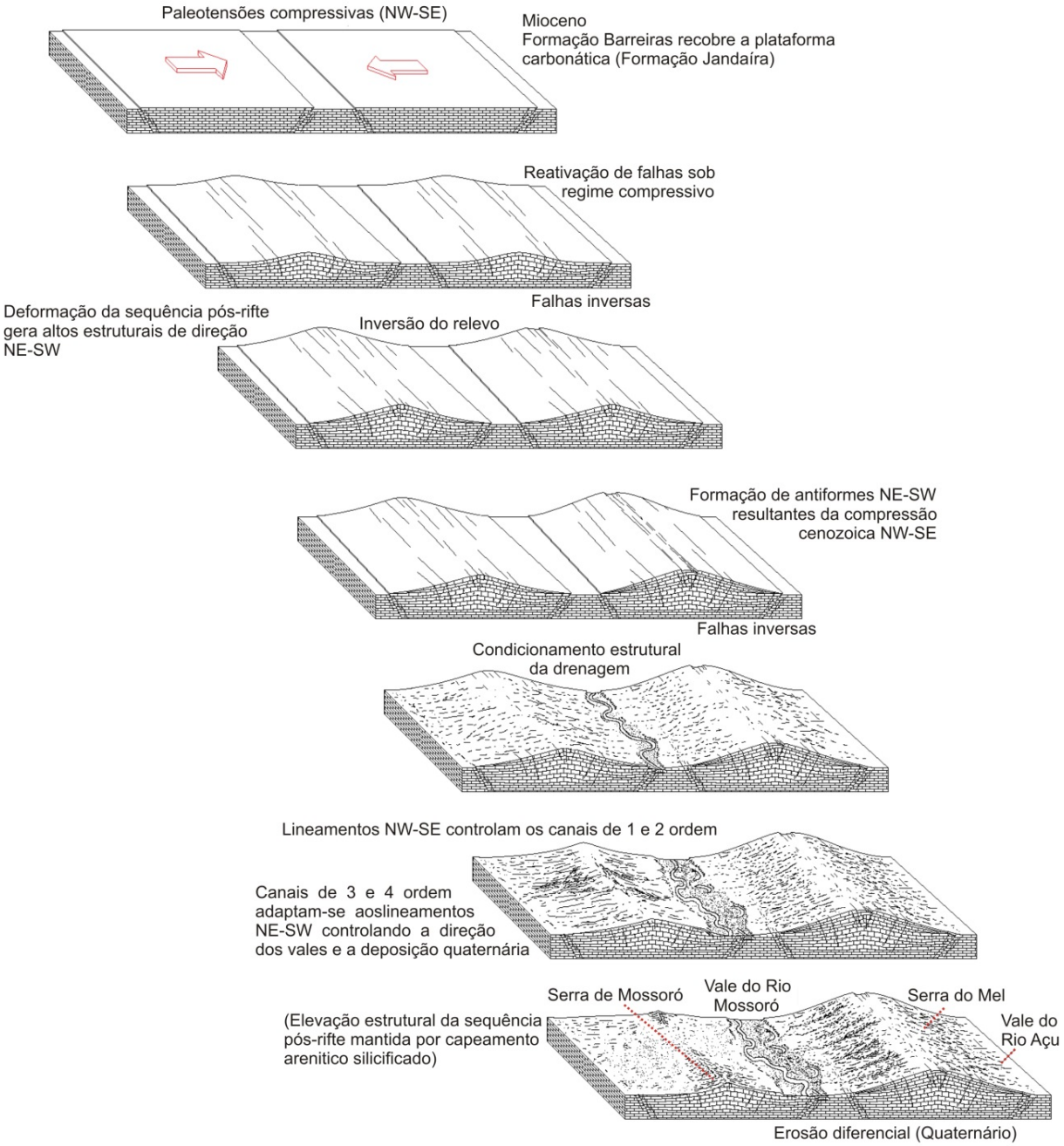
Na porção central da Bacia Potiguar estudos recentes têm revelado feições indicativas de reativações e inversões tectônicas das principais falhas normais do rifte, envolvendo desde o embasamento até a seção pós-rifte, afetando

inclusive as coberturas Neogênicas da Formação Barreiras (PESSOA NETO et al., 2008). Nesse setor, a evolução geomorfológica está relacionada a uma possível inversão de bacia resultante dos efeitos das tensões compressivas atuais (σ1) direção NW-SE na Bacia Potiguar desde o Mioceno (SOUZA; BEZERRA, 2005). Esta inversão é caracterizada por um domo (Serra do Mel), alongado na direção NE-SW e limitado a NE pela faixa costeira, a SW por zonas de falhas de direção NW-SE, a SE pelo vale do rio Açu e a NW, W e SW pelo vale do rio Mossoró.

Trabalhos envolvendo o mapeamento sísmico e análise estrutural de áreas situadas sobre o trend estrutural das principais falhas da fase rifte na Bacia Potiguar revelaram feições estruturais e estratigráficas que permitiram a identificação de três pulsos de inversão tectônica com campos de tensão distintos. O primeiro evento (1), cujo shmax é NW-SE, tem idade valanginiana e deforma a porção basal da seção lacustre (sedimentação da fase rifte - Formamção Pendência). Um segundo evento (2), de idade neoaptiana e coaxial com o primeiro evento, reativou obliquamente as falhas normais da fase rifte em regime inverso e dobrou a seção transicional (Formação Alagamar). E um terceiro pulso (3), de idade pós-campaniana e shmax aproximadamente N-S, dobrou regionalmente a seção pós-rifte (Formações Açu e Jandaíra), reativou falhas normais da fase rifte e formou falhas reversas NE-SW de ângulo mais baixo envolvendo o embasamento. Dados de afloramentos da Formação Barreiras e da Formação Açu revelaram a existência de um quarto evento (4) pós-miocênico de inversão tectônica (PESSOA NETO et al., 2008).

Os dois últimos desses eventos (terceiro e quarto pulso) são responsáveis pelas deformações na fase pós-rifte da Bacia Potiguar. Essas deformações são caracterizadas por deslocamentos verticais que resultaram em uma variação que pode ultrapassar os 300 m do limite Cretáceo-Neógeno. Esses deslocamentos resultaram na formação de antiformes e sinformes que encaixaram os vales e estão expressos em superfície na forma das elevações estruturais (Serra do Mel e Serra de Mossoró) e baixos estruturais (vale do rio Mossoró e vale do rio Açu) todos de direção NE-SW (Figura 13). Esta compressão originou na seção pós-rifte uma deformação do tipo antiforme com altitudes máximas situadas a mais de 50 m acima da cota eustática máxima pós-cenomaniana (HAQ et al., 1987). Contudo, a análise dessas cotas precisa considerar a flexura geral da Margem Atlântica no cenozoico pois assim como o topo da seção pós-rifte encontra-se acima dos 200 m na Serra de Mossoró, situa-se abaixo do nível do mar no litoral.

Figura 13 – Modelo de evolução geomorfológica baseado na deformação da seção pós-rifte resultante da compressão cenozoica (Fonte: Maia e Bezerra, 2013).



A influência dessas variações nas cotas altimétricas da seção pós-rifte no relevo se dá na formação de altos estruturais e baixos topográficos, ambos de direção NE-SW Nas depressões entre os antiformes, formam-se os vales de direção NE-SW. Esses vales correspondem a calhas topográficas que encaixam a rede de drenagem e formam as baixas planícies fluviais da margem equatorial atlântica. Esse condicionamento estrutural exerce influência sobre a sedimentação quaternária originando planícies confinadas de direção NE-SW. Em termos

altimétricos a representação desses baixos estruturais é expressa na forma de depressões situadas na cota 0 m. Para o vale do rio Mossoró a cota 0 m penetra até cerca de 30 km no interior do continente e no vale do rio Açu até 8km.

Os padrões de deformação estrutural têm direção principal NE-SW e essas direções condicionaram os principais vales formando canais alinhados conforme os sentidos das falhas. Essas falhas afetam coberturas neogênicas e quaternárias, na forma deformações em sedimentos incoesos e anomalias de drenagem. Exemplos dessas anomalias são encontradas nos canais principais dos rios, especificamente nos trechos onde os mesmos atravessam zonas de falhas ativas. O controle estrutural da drenagem se dá a partir do condicionamento dos canais principais as falhas NE-SW, enquanto as falhas NW-SE controlam os canais de 1ª e 2ª ordem.

Conclusões

A formação do vale do rio Apodi-Mossoró e a deposição dos depósitos quaternários que definem seu baixo curso, estão dispostos preferencialmente na direção NE-SW. Isso sugere a participação do fator tectônico como controlador dos processos de erosão linear e deposição sedimentar.

Os padrões de drenagem são diferenciados entre o interior da Bacia Sedimentar Potiguar e o seu entorno. Tais padrões são controlados pela permeabilidade das rochas as quais dissecam e pelas características morfoestruturais da área. No caso zonas de cisalhamento dúcteis e maciços cristalinos na área do alto e médio curso e carbonatos afetados por falhas neotectônicas no baixo curso.

A compartimentação em Domínios Morfoestruturais da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró possibilitou a compressão dos processos associados ao tectonismo cenozóico na área do embasamento pré-cambriano e na planície cenozóica. Na área do embasamento pré-cambriano, domínio da Depressão Sertaneja e dos Maciços Residuais, os padrões de lineamentos estão associados às estruturas tectônicas dúcteis e rúpteis de direção NE-SW, derivadas do ciclo brasiliano e da reativação cretácea respectivamente.

Dessa forma, estruturas tectônicas de direção NE, associadas à erosão diferencial do substrato produziram alinhamento de cristas residuais e entre estas, vales incisos de direção NE-SW do trend Cariri-Potiguar. Esta direção controla feições da morfologia assumindo também importante papel na deposição de sedimentos quaternários e na formação das planícies nos baixos cursos das bacias hidrográficas que formam vales fluviais com direção NE-SW.

O reconhecimento de parâmetros geomorfológicos como os resultados obtidos por meio do sensoriamento remoto, revelaram uma série de feições morfotectônicas a partir de identificação de canais retilíneos conectados com

ângulos retos onde as direções NE-SW e subordinadamente NW-SE são concordantes com as direções tectônicas regionais.

A formação do vale resulta da dissecação dos depósitos mesozóicos da bacia sedimentar Potiguar em sua porção central a partir do Paleógeno. Nesse período esta bacia sedimentar foi submetida a esforços compressivos que resultaram no seu soerguimento (CREMONINI;KARNER, 1995) e consequentemente na alteração de seu nível de base induzindo a erosão e dissecação.

Referências

ASCIONE, A.; ROMANO, P. Vertical movements on the eastern margin of the Tyrrhenian extensional basin. New data from Mt. Bulgheria (Southern Apennines, Italy). Tectonophysics, v. 315, n. 1, p. 337–356, 31, 1999.

BEZERRA, F. H .R.; AMARO, V. E.; VITAFINZI, C.; SAADI, A. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. Journal of South American Earth Sciences, v. 14, p. 61-75, 2001.

BEZERRA, F. H. R. ; BARRETO, A. M. F. ; SUGUIO, K. (2003). Holocene sea-level history on the Rio Grande do Norte State coast, Brazil. Marine Geology, Holanda, v. 196, n. 1-2, p. 73-89.

BEZERRA, F. H. R.; AMARAL, R. F.; SILVA, F. O.; SOUZA, M. O. L.; FONSECA V. P, VIEIRA M. M.; MOURA-LIMA E. M.; AQUINO M. R.; Mapeamento Geológico Regional: Folhas Macau: SB-24-X-D-II (1:100.000) CPRM, Natal, RN, 2009.

BEZERRA, F. H. R.; AMARAL, R. F.; SILVA, F. O.; SOUZA, M. O. L.; FONSECA V. P, VIEIRA M. M.; MOURA-LIMA E. M.; AQUINO M. R.; Mapeamento Geológico Regional: Folhas Macau: SB-24-X-D-II (1:100.000) CPRM, Natal, RN, 2009.

BEZERRA, F. H. R.; DO NASCIMENTO, A. F.; FERREIRA, J. M.; NOGUEIRA, F. C. , FUCK, R. A.; NEVES, B. B. B.; SOUSA, M. O.L. Review of active faults in the Borborema Province, Intraplate South America Integration of seismological and paleoseismological data. Tectonophysics (Amsterdam), 510, 269-290, 2011.

BEZERRA, F. H. R.; FONSECA, V. P.; VITAFINZI, C.; LIMA FILHO, F. P.; SAADI, A. (2005) Liquefaction-induced structures in Quaternary alluvial gravels and gravels sediments, NE Brazil. In: Obermeier, S.F. (ed.), Paleoliquefaction and Appraisal of Seismic Hazards. Engineering Geology. v 76: 191-208.

BEZERRA, F. H. R.; NEVES, B. B. B.; CORREA, A. C. B.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin - the Cariatá trough, northeastern Brazil. Geomorphology, v. 01, p. 555-582, 2008.

BEZERRA, F. H. R.; SRIVASTAVA, N.; SOUZA M. O. L.; Mapeamento Geológico Regional: Folha Mossoró: SB-24-X-D-I (1:100.000) CPRM, Natal, RN, 2010.

BEZERRA, F. H. R.; SRIVASTAVA, N.; SOUZA, M. O. L.; MOURA-LIMA, E.N.; MAIA, R. P.; DUARTE, R. S. (2011) Mapeamento Geológico Regional: Folha SB-24-X-D-I (1:100.000) CPRM, Natal, RN.

BEZERRA, F. H. R.; TAKEYA, M.K.; SOUSA, M. O.; NASCIMENTO, A. F. (2007) Coseismic reactivation of the Samambaia fault. Tectonophysics. v 430: 27-39.

BEZERRA, F. H. R.; VITA-FINZI, C. (2000) How active is a passive margin? Paleoseismicity in Northeastern Brasil. Geology. v. 28: 591-594.

BORGES, W. R. E. Caracterização estrutural da porção sudoeste do Rift Potiguar, Brasil. 1993. 146 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 1993.

BORGES, W. R. E. Caracterização estrutural da porção sudoeste do Rift Potiguar, Brasil. 1993. 146 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 1993.

CASSETI, V. (2005) Geomorfologia, Cartografia Geomorfológica, Disponível em: www.funape.org.br/geomorfologia. Acesso em 16-11-2010.

CIPOLLARI, A. P.; DOMENICO COSENTINO, A.; ELSA GLIOZZI. Extension- and compression-related basins in central Italy during the MessinianLago-Mare event. Tectonophysics, v. 315, p. 163–185, 31 dec. 1999.

CIPOLLARI, A. P.; DOMENICO COSENTINO, A.; ELSA GLIOZZI. Extension- and compression-related basins in central Italy during the MessinianLago-Mare event. Tectonophysics, v. 315, p. 163–185, 31 dec. 1999.

COSTA, J. L. (2008) Sal Marinho in: Sumário Mineral 2008, Departamento Nacional de Produção Mineral, DNPM, RN.

CREMONINI, O. A., KARNER, G. D. (1995) Soerguimento termal e erosão na Bacia Potiguar submersa e seu relacionamento com a evolução da margem equatorial brasileira. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 16, 1995, Recife. Boletim... Recife: SBG/NE, vol. 14, p. 181-184.

CREMONINI, O. A.; KRANER, G. D. Reativação mesozóica da Bacia Potiguar. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 6., 1995, Natal. Anais do VI Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal, p. 181-184, 1995.

DE CASTRO, D. L., BEZERRA, F. H. R. , SOUSA, M. O.L., FUCK, R. A., Influence of Neoproterozoic tectonic fabric on the origin of the Potiguar Basin, northeastern Brazil and its links with West Africa based on gravity and magnetic data. Journal of Geodynamics, 54, 2012.

DORE, A. G.; LUNDIN, E. R.; KUSZNIR, N. J.; PASCAL, C. Potential mechanisms for the genesis of Cenozoic domal structures on the NE Atlantic margin: pros, cons and some new ideas. In: The Nature and Origin of Compression in Passive Margins. Geological Society, London, Special Publications, 2008.

FORTES, E.; STEVAUX, J. C.; VOLKMER, S. (2005) Neotectonics and channel evolution of the Lower Ivinhema River: A right-bank tributary of the upper Paraná River, Brazil. Geomorphology (Amstrerdam), Amsterdam, v. 70, p. 325-338.

HAQ, B. U.; HARDEBBOL. J.; VAIL, P. R. Chronology of fluctuating sea levels since the triassic. Science, 235, p. 1115-1166, 1987.

JACKSON, J., NORRIS, R., YOUNGSON, J. The structural evolution of active fault and food system in central Otago, New Zealand: evidence revealed by drainage patterns: Journal: Structural Geology. 18, 217-34, 1996.

JACKSON, J., NORRIS, R., YOUNGSON, J. The structural evolution of active fault and food system in central Otago, New Zealand: evidence revealed by drainage patterns: Journal: Structural Geology. 18, 217-34, 1996.

LIMA, M, I, C. Análise da drenagem e seu significado Geológico-Geomorfológico, Cd Room, texto em formato digital, arquivo PDF, Belém, 2002.

LUCENA, L. R. F. Implicação da compartimentação estrutural no Aquífero Barreiras na área da Bacia do Rio Pirangi-RN. 2005. 151 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Centro de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LUGT, I. R.; WEES, J. D.; WONG, T. H. The tectonic evolution of the southern Dutch North Sea during the Palaeogene: basin inversion in distinct pulses. Tectonophysics, v. 373, p. 141– 159, 25 sept. 2003.

MAIA, R. P. (2005) Planície Fluvial do Rio Jaguaribe: Evolução Geomorfológica, Ocupação e Análise Ambiental. Dissertação de Mestrado Geografia Física UFC Fortaleza – CE.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R.; Geomorfologia e neotectônica da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró NE/Brasil. Mercator (Fortaleza. Online), v. 11, p. 209-228, 2012.

MAIA, R. P.; Geomorfologia e Neotectônica no Vale do Rio Apodi-Mossoró NE/Brasil. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. PPGG – UFRN. Natal, RN, 2012.

MAIA, R. P.; Geomorfologia e Neotectônica no Vale do Rio Apodi-Mossoró NE/Brasil. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. PPGG – UFRN. Natal, RN, 2012.

MAIA, R. P.; SOUZA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R; XAVIER NETO, P.; MOURA-LIMA E. M.; NASCIMENTO, C. C.; SANTOS, R. D. A importância do controle tectônico para a formação do relevo cárstico na Bacia Potiguar - Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2012.

MAIA, R.P.; BEZERRA, F.H.R. Neotectônica, geomorfologia e ambientes fluvias: uma análise preliminar do contexto nordestino. (2011). Volume especial da Revista Brasileira de Geomorfologia. V12.3.

MATOS, R. M. D. The Northeast Brazilian Rift System. Tectonics. 11 (4): 766-791, 1992.

MELLO, C. L.; METELO, C. M. S.; SUGUIO, K.; KOHLER, H. C. (1999) Quaternary sedimentation, neotectonics and the evolution of the doce river middle valley

lake system (southern brazil). Revista do Instituto Geológico, v. 20, n. 1/2, p. 29-36,

MENEZES, M.R.F. (1999) Estudos sedimentológicos e contexto estrutural da Formação Serra dos Martins. Dissertação de Mestrado PPGG-UFRN.

MONT'ALVERNE A. A. F. et al. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte, escala 1:500.000. 1998. DNPM/UFRN/PETROBRAS.

MORAIS NETO, J.M.; MENEZES, M.R.F.; STZAMARI, P.; York, D. (2002) Datação por Ar/Ar dp Plug Basáltico "Serrote Preto" e seu significado para a cronologia da Formação Serra dos Martins. Anais do XVL Simpósio Brasileiro de Geologia, João Pessoa, PB, 499-500.

Morfotectônica da bacia hidrográfica do rio Bonito, Petrópolis, RJ. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 8, p. 63-77.

MOURA-LIMA, E. N.; SOUSA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R.; AQUINO, M. R.; VIEIRA, M. M.; LIMA-FILHO, F. P.; FONSECA, V. P.; AMARAL, R. F. Sedimentação e deformação Tectônica cenozoicas na porção central da Bacia Potiguar. Geologia USP: Série Científica, v. 10, n. 1, p. 15-28, mar. 2010.

MUÑOZ, N.; CHARRIER, N.; JORDAN, T. Interactions between basement and cover during the evolution of the Salar de Atacama Basin, northern Chile. Revista Geológica do Chile, Santiago, v. 29, n. 1, p. 55-80, july 2002.

NÓBREGA, M. A., SA, J. M., BEZERRA, F. H. R. , HADLER NETO, J. C., IUNES, P. J. , OLIVEIRA, S. G. , SAENZ, C. A. T. , LIMA FILHO, F. P. , The use of apatite fission track thermochronology to constrain fault movements and sedimentary basin evolution in northeastern Brazil. Radiation Measurements, Amsterdam, 39, 2005.

NOGUEIRA, F. C.; BEZERRA, F. H. R.; FUCK, R. A. Quaternary fault kinematics and chronology in intraplate northeastern Brazil. Journal of Geodynamics, v. 49, p. 79-91, 2010.

NOGUEIRA, F. C.; BEZERRA, F. H. R.; FUCK, R. A. Quaternary fault kinematics and chronology in intraplate northeastern Brazil. Journal of Geodynamics, v. 49, p. 79-91, 2010.

OLIVEIRA, J. P. Caracterização da pluma de contaminação numa antiga lixeira com o método da resistividade elétrica. 2009. Dissertação de Mestrado – Universidade Nacional de Lisboa, Portugal, 2009.

PESSOA NETO, O. C.; LIMA, C.; BEZERRA, F. H. R. Papel das Inversões Tectônicas na Formação de Estruturas na Bacia Potiguar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 44., 2008, Curitiba. Anais do 44° Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba, 2008. CD-Rom.

PESSOA NETO, O. C.; SOARES, U. M.; SILVA, J. G. F.; ROESNER, E. H.; FLORENCIO, C. P.; SOUZA, C. A. V. Bacia Potiguar. Boletim Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, 2007.

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V. (2003) Stepped surfaces and Paleolandforms in the Northern Brasilian <<Nordeste>>: Constraints on models of morfotectonic evolution. Geomorphology. v. 3: 89-122

QUINTANA, Q.; ALONSO, J. L.; PULGAR, J.; FERNANDEZ, L. R. R. Transpressional inversion in an extensional transfer zone (the Saltacaballos fault, northern Spain). Journal of Structural Geology, v. 28, p. 2038-2048, 2006.

REIS, A. F. C.; BEZERRA, F. H. R.; FERREIRA, J. M.; DO NASCIMENTO, A. F.; LIMA, CLÁUDIO, C. Stress magnitude and orientation in the Potiguar Basin, Brazil: Implications on faulting style and reactivation. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, v. 1, p. n/a-n/a, 2013.

RFIELD, M. (1991) Global Geomorphology Endinburgh, England.

ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; DOMINGUEZ, J. M. L. Late Oligocene-Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil. Accepted for publication: Earth-Science Reviews, 2013.

ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H.; GÓES, A. M.; VALERIANO, M. M.; ANDRADES-FILHO, C. O.; MITTANI, J. C. R.; TATUMI, S. H.; BRITO-NEVES, B. B. Late Quaternary sedimentation in the Paraíba Basin, Northeastern Brazil: landform, sea level and tectonics in Eastern South America passive margin. Palaeogeography Palaeoclimatology., Palaeoecology. 300: 191–204, 2011.

SOUSA, M. O. L.; BEZERRA, F. H. R. As tensões Tectônicas Campanianas-Cenozóicas na Bacia Potiguar, Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 21., 2005, Recife. Anais do XXI Simpósio de Geologia do Nordeste, Recife: SBG, 2005, p. 329-330, 2005.

SUMME ASCIONE, A.; ROMANO, P. Vertical movements on the eastern margin of the Tyrrhenian extensional basin. New data from Mt. Bulgheria (Southern Apennines, Italy). Tectonophysics, v. 315, n. 1, p. 337–356, 31, 1999.

TURNER, J. P.; WILLIAMS, G. A. Sedimentary basin inversion and intra-plate shortening. Earth Sciences Reviews, v. 65, p. 277-304, 2004.

UNDERHILL, J. R.; PATERSON, S. Genesis of tectonic inversion structures: seismic evidence for the development of key structures along the Purbeck–Isle of Wight Disturbance. Journal of the Geological Society, London, v. 155, p. 975-992, 1998.

VENTISETTE, C. D.; MONTANARI, D.; SANI, F.; BONINI, M. Basin inversion and fault reactivation in laboratory experiments. Journal of Structural Geology, v. 28, p. 2067- 2083, 2006.

WILLIAMS, G. D.; POWELL, C. M.; COOPER, M. A. Geometry and kinematics of inversion tectonics. Geological Society, London, Special Publications 1989, v. 44, p. 3-15, 1989.

ZANCHI, A.; BERRA, F.; MATTEI, M.; GHASSEMI, M. R.; SABOURI, J. Inversion tectonics in central Alborz, Iran. Journal of Structural Geology, v. 28, p. 2023 - 2037, 2006.

CAPÍTULO 2

CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO APODI-MOSSORÓ-RN

Luís César de Aquino Lemos Filho

José Espínola Sobrinho

Hermínio Sabino de Oliveira Júnior

Introdução

O quantitativo de recursos hídricos disponível numa bacia hidrográfica está diretamente ligado às características edafoclimáticas da bacia, como solo, precipitação e evapotranspiração. Em condições de clima semiárido, em que os índices pluviométricos são baixos e muito variáveis no tempo e no espaço e as taxas de evapotranspiração são elevadas, a disponibilidade hídrica tende a ser menor. Além disso, em condições semiáridas, em função das altas temperaturas no ano inteiro e das grandes variações meteorológicas anuais e interanuais, ocorre um forte efeito da elasticidade hidrológica nas bacias hidrográficas situadas nessas regiões. Por exemplo, quanto maior o número de dias sem chuvas durante o ano, maior será a evapotranspiração e, consequentemente, menores serão as vazões nos rios. Por conta da forte elasticidade hidrológica, em muitas regiões do semiárido, dependendo do volume anual de chuva, há possibilidade de, praticamente, não ser gerado escoamento na bacia hidrográfica ao longo do ano.

Como já mencionado, outro fator muito importante na determinação da oferta hídrica nas bacias hidrográficas do semiárido é o solo. Nessas regiões, há um domínio de solos de origem cristalina (comparado aos de origem sedimentar), com presença de muitas rochas e com pouca profundidade, o que ocasiona pouca infiltração e armazenamento de água no solo e é um fator muito desfavorável para garantir uma regularização natural das vazões nos rios e, consequentemente, uma boa disponibilidade hídrica na bacia.

Outra questão muito importante que afeta a disponibilidade hídrica nas regiões semiáridas é a qualidade das águas, que são severamente influenciadas por ações naturais (condições edafoclimáticas) e antrópicas na área de drenagem da bacia hidrográfica.

A Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró (BHRAM) está situada dentro desse contexto semiárido. Dessa forma, texto a seguir traz uma abordagem sobre o clima e os recursos hídricos nessa bacia.

Localização e caracterização física

O rio Apodi-Mossoró percorre um trajeto aproximado de 296 km de extensão, da sua nascente (06°23'27" Sul e 38°28'48" Oeste), nas serras do município potiguar de Luis Gomes (Figura 1a), na divisa do estado do Rio Grande do Norte (RN) com o estado da Paraíba (PB), até a sua foz no oceano atlântico (04°56'21" Sul e 37°09'07" Oeste), entre os municípios potiguares de Areia Branca e Grossos (Figura 1b). Na Figura 2, observa-se que 100% da área de drenagem (bacia hidrográfica) do rio Apodi-Mossoró encontra-se inserida na região oeste do território do estado do Rio Grande do Norte, sendo, assim, uma bacia hidrográfica de dominialidade estadual.

Figura 1 - Nascente (A) e Foz (B) do rio Apodi-Mossoró.

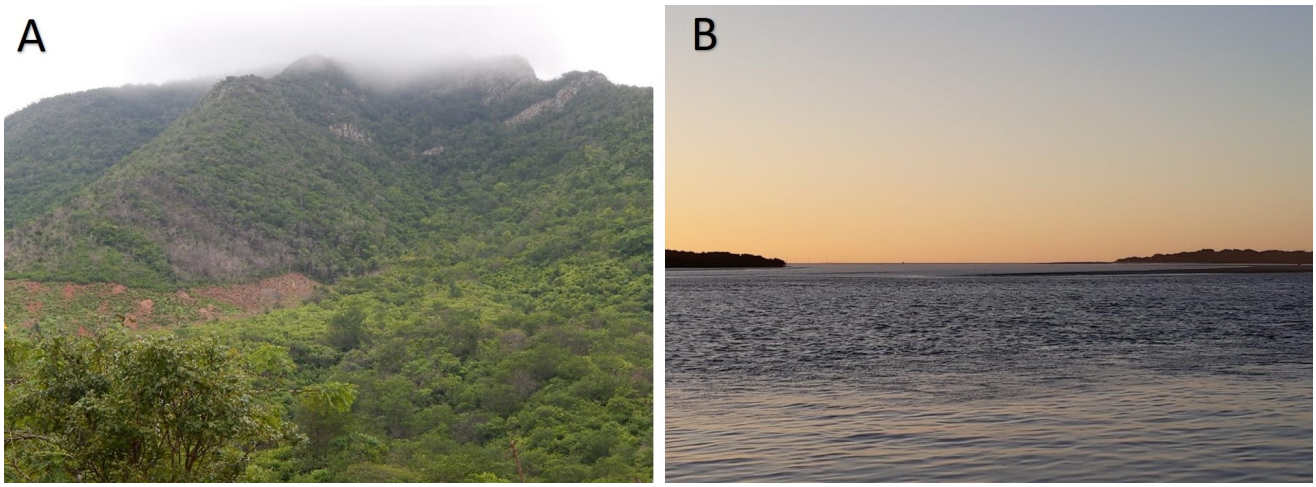
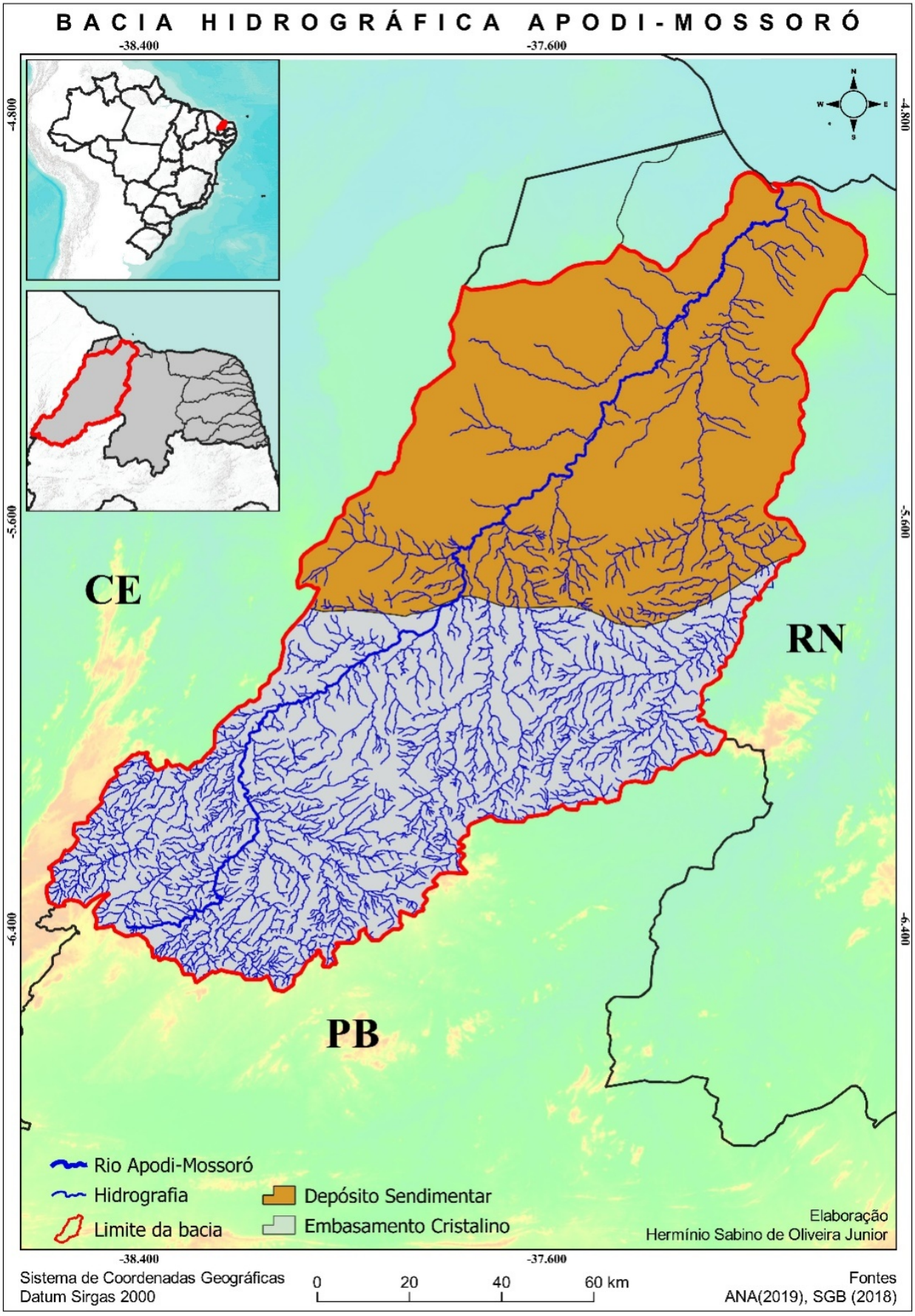


Figura 2 - Localização da BHRAP.



A bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (BHRAP) possui uma área total de drenagem de 14.265,59 km^2, correspondendo a 26,69% da área estimada do Estado (53.438,64 km^2) e abrangendo áreas territoriais de 53 municípios potiguares, sendo que 48 deles possuem suas sedes dentro da área de drenagem. Conforme estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2019, a população estimada residente na área de abrangência da BHRAM é de aproximadamente 728.838,00 pessoas, sendo em torno de 77% de população urbana e 23% de população rural (IBGE, 2020).

Ainda na Figura 2, observa-se que a BHRAM é classificada como exorréica e tem predominância do sistema de drenagem do tipo dendrítica, conforme classificação de Christofoletti (1979), com canal principal de 6ª ordem, de acordo com a classificação de Strahler (1957). Do terço médio para a parte alta da bacia, predomina o cristalino, o que ocasiona uma alta concentração de canais e ravinas de drenagem de escoamento superficial. Porém, do terço médio para a parte baixa da bacia, a predominância é de formação sedimentar e cárstica (rochas ricas em calcário), o que favorece a predominância de uma drenagem subterrânea criptorréica e, consequentemente, uma pequena concentração de canais de drenagem superficial.

Na Tabela 1 é apresentada a caracterização morfométrica da BHRAM.

Tabela 1 - Caracterização física (morfometria) da BHRAM.

Características Físicas	Resultados
Área	14.265,59km^2
Perímetro	700,01km
Comprimento total dos canais	6.546,31km
Comprimento do rio principal	296km
Comprimento do eixo da bacia	213,34 km
Elevação mínima na bacia (exutório)	0 m
Elevação na nascente do rio principal	714 m
Elevação máxima na bacia	829,91 m
Ordem da bacia	6° Ordem
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,64
Fator de forma (Kf)	0,31
Índice de circularidade (Ic)	0,37
Razão de elongação (Ke)	0,63
Densidade de drenagem (Dd)	0,46km/km^2
Índice de Sinuosidade (Is)	27,92 %

Em função da sua morfometria, a BHRAM possui uma baixa tendência de ocorrências de grandes cheias, pois seu valor de coeficiente de compacidade (Kc = 1,64) é maior que 1,50, conforme descrito em Mello e Silva (2013). Ou seja, a BHRAM apresenta um formato mais alongado do que radial. Além do Kc, os valores de fator de forma (Kf = 0,31), índice de circularidade (Ic = 0,37) e razão de elongação (Ke = 0,63) corroboram com a afirmação de que a BHRAM possui baixa propensão a grandes cheias e apresenta uma forma mais alongada.

Embora, do terço médio para a parte alta da BHRAM, a densidade de drenagem seja elevada, a densidade de drenagem média da bacia é pobre (Dd = 0,46 km/km^2), conforme classificação proposta por Beltrame (1994), pois ocorre uma predominância de drenagem criptorréica do terço médio da bacia para a parte baixa ou inferior. Em relação à drenagem do curso d'água principal da BHRAM, o valor de 27,92 % do índice de sinuosidade do curso d'agua indica um canal reto (20% < Is < 30%), conforme Coutinho et al. (2011).

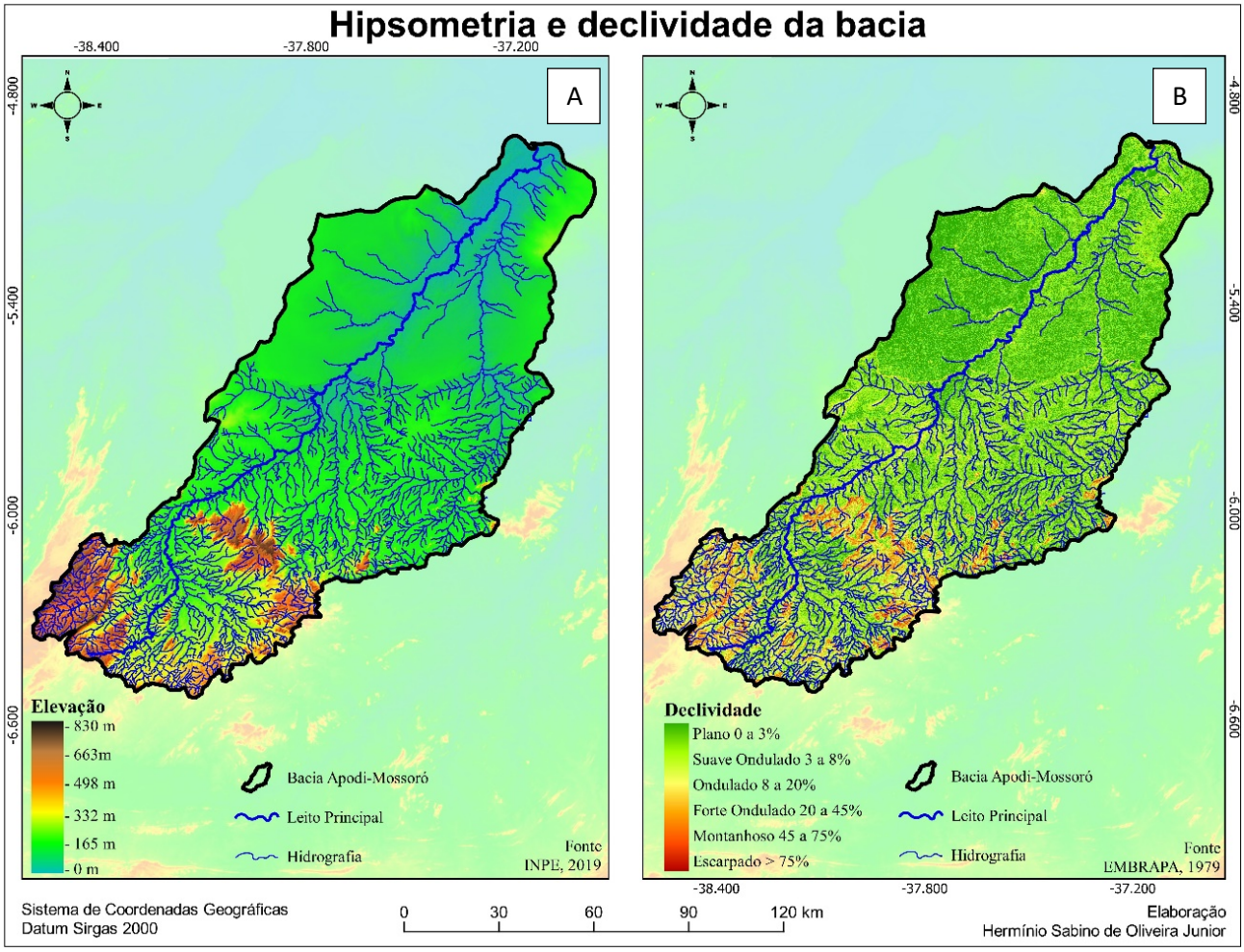
O relevo de uma bacia tem forte influência sobre os fatores hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial e, consequentemente, o tempo de concentração são determinados pela inclinação do terreno, representada por sua declividade. Verifica-se na Figura 3 que a BHRAM apresentou predominância de declividade plana e suavemente ondulada, conforme a classificação do IBGE (2007). Ainda na Figura 3, pode-se visualizar o mapa altimétrico da BHRAM, que mostra a variação da elevação de vários terrenos na área da bacia. Nele, observa-se que a área de drenagem está compreendida entre as altitudes de 0 a 829,91 m.

Clima

O clima de qualquer região é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera. Essa circulação resulta do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes e também das características topográficas sobre os continentes. Padrões de circulação gerados na atmosfera redistribuem calor, umidade e momentum (quantidade de movimento) por todo o globo. No entanto, essa redistribuição não é homogênea, agindo, algumas vezes, no sentido de diminuir as variações regionais dos elementos climáticos, tais como, temperatura e precipitação, as quais têm enorme influência nas atividades humanas (FERREIRA; MELLO, 2005).

A classificação climática de Rudolf Geiger e Wladimir Köppen, mais conhecida como classificação de Köppen, continua sendo o método de classificação global dos tipos climáticos mais utilizada em geografia, climatologia e ecologia, por seus critérios geográficos e climatológicos. Esta classificação vem sendo usada em todo o mundo e utiliza regras simples bem conhecidas, além de letras e símbolos climáticos. No Brasil, a climatologia vem sendo estudada há mais de 140 anos, e, entre os muitos métodos propostos para classificar o clima, o de Köppen permanece como o mais utilizado. (ALVARES, et al., 2013).

Figura 3 - Mapas Hipsométrico (a) e de Declividades (b) para a BHRAM.



O rio Apodi-Mossoró nasce na serra de Luís Gomes, passa pelos municípios de Pau dos Ferros, Itaú, Apodi, Felipe Guerra, Mossoró e Areia Branca, entre outros, e deságua no oceano Atlântico, entre os municípios de Grossos e Areia Branca.

O tipo de clima predominante ao longo de sua bacia hidrográfica, segundo a Classificação climática de W. Köppen, é BSwh', ou seja, clima seco, muito quente, com o quadrimestre chuvoso (fevereiro-maio) ocorrendo no final da estação de verão, atrasando-se para o outono, e com a temperatura do mês mais frio maior que 18 ^{o}C. No extremo sudoeste da bacia, numa pequena área onde encontram-se suas nascentes, ocorre, segundo a classificação de W. Köppen, um tipo Aw´, caracterizado por um clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa, também, no verão, atrasando-se para o outono.

Segundo Carvalho, et al. (2012) autores do Atlas – Rio Grande do Norte – Espaço Geo-Histórico e Cultural, nos anos em que as chuvas caem com regularidade, e levando-se em consideração, entre os diversos fatores climáticos, apenas as médias anuais de precipitações e as isoietas por estas determinadas, o estado do Rio Grande do Norte pode ser dividido em cinco tipos climáticos (úmido, sub-úmido, sub-úmido seco, semiárido e semiárido intenso). A BHRAM estaria inserida em três desses:

TIPO II - **Clima sub-úmido:** esse tipo de clima abrange trechos da região serrana de Luís Gomes, Martins, Portalegre e as partes mais elevadas da Serra João do Vale. As médias pluviométricas anuais situam-se entre 800 e 1.200 milímetros. Equivale, na classificação de W. Köppen, ao clima Aw´, tropical chuvoso, com inverno seco e com a estação chuvosa prolongando-se até o mês de julho.

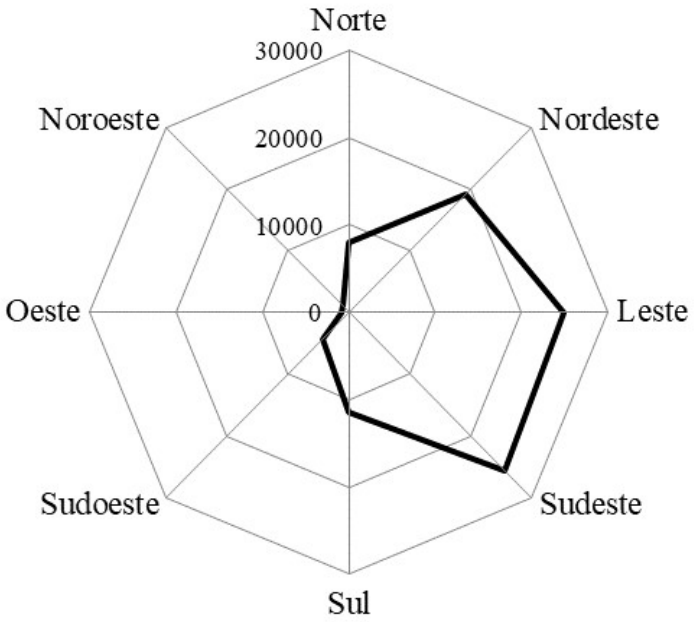
TIPO III - **Clima sub-úmido seco:** esse tipo de clima abrange áreas da Chapada do Apodi. As médias de precipitação situam-se entre 600 e 800 milímetros por ano. Na classificação de W. Köppen, esse clima equivale à transição entre o Tropical Típico (Aw) e o Semi-árido (Bs).

TIPO IV - **Clima semiárido:** abrange boa parte do território da BHRAM. Neste clima, as médias de precipitação variam de 400 a 600 milímetros anuais. Na Classificação de W. Köppen, equivale ao clima semiárido (Bs).

A região da bacia do rio Apodi-Mossoró, por se encontrar muito próxima ao equador terrestre, entre os paralelos de 5 e 6 graus de latitude Sul, torna-se privilegiada pela grande quantidade de luz solar ao longo do ano. Segundo Carmo Filho et al. (1991) a insolação anual na região varia em torno de 2400 a 2800 horas. Em estudo desenvolvido em Mossoró-RN, Ribeiro (2004) cita que a irradiância solar diária média mensal em Mossoró varia anualmente entre 4900 e 6398 $Wh.m^{-2}$ nos meses de junho e outubro, respectivamente.

Os ventos predominantes na região ocorrem no período da tarde e suas intensidades dependem da época do ano, com a velocidade média diária, medida a 2 metros de altura, podendo chegar a valores acima de 5,0 $m.s^{-1}$ nos meses de setembro, outubro e novembro, período mais seco e mais quente do ano em toda a bacia. Morais et al. (2014) analisou uma série de dados de 2000 a 2012 em Mossoró-RN e citam valores médios da velocidade do vento, a 2 metros de altura, de 1,83 $m.s^{-1}$, no primeiro semestre, e de 2,78 $m.s^{-1}$, no período de julho a dezembro, com uma média anual de 2,3 $m.s^{-1}$, embora tenham encontrado, na série estudada, valores instantâneos extremos de 9,40 e 13,04 $m.s^{-1}$, medidos a 2 e 10 metros de altura, respectivamente. A direção predominante do vento determinada por Morais et al., 2014, para Mossoró-RN, varia ao longo do ano entre Sudeste (SE), Leste e Nordeste (NE), conforme pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 - Frequência média anual da direção do vento, no período de 2000 à 2012, em Mossoró/RN.



A umidade relativa média na região gira em torno de 68%, porém as regiões mais próximas à foz registram sempre valores mais elevados que a região central e alto oeste, isto em função das proximidades com o Oceano Atlântico Norte que, por sua vez, transfere umidade para a parte Norte da bacia através de movimentos advectivos. Mesmo assim, algumas localidades na região central e Sudoeste da bacia sofrem com valores muito baixos de umidade relativa do ar, principalmente nos meses de setembro a novembro, quando os registros chegam a números abaixo de 20% nas horas mais quentes do dia. Oliveira Silva (2014) cita valores instantâneos mínimos, encontrados para Mossoró-RN, de 17,7% em setembro de 2010. Vale salientar que estes registros são de uma estação meteorológica instalada há aproximadamente 40 km do Oceano Atlântico, de onde as convecções de massas de ar úmido ocorrem com frequência durante quase todo o ano.

Faremos, a seguir, uma análise suscinta das condições climáticas da bacia do rio Apodi-Mossoró, no que se refere às variáveis temperatura do ar e precipitação pluviométrica. Para isto, enfocaremos três pontos distintos da mesma: São Miguel, representando a nascente, na região do alto oeste; Apodi, situado no médio oeste, que representaria a parte central da bacia; e Mossoró, localizado um pouco antes da foz do referido rio representando a parte norte. Neste relato, será analisada uma série de dados de temperatura máxima, média e mínima do ar, amplitude térmica, precipitação pluviométrica e número de dias de chuva, coletados ao longo de 54 anos (1964 a 2017) pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), pelo Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET) e pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA).

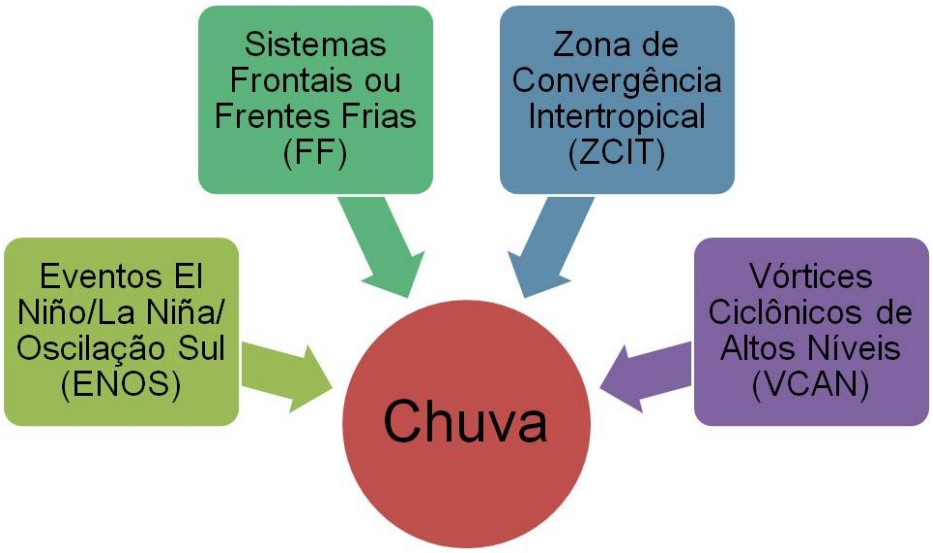
Analisando-se os dados da Tabela 2, percebe-se que o regime térmico da região é caracterizado, basicamente, por temperaturas elevadas na parte norte e central da bacia (Mossoró e Apodi), com temperatura média anual de 27,6 e 27,9 ºC, respectivamente, e amplitude térmica média diária em torno de 10,6 ºC, com temperaturas mínimas próximas a 22 ºC, no mês agosto, e máximas de até 35 ºC, em setembro e outubro, por ocasião do equinócio de primavera na região. Na parte sudoeste, principalmente nas nascentes do rio (São Miguel), a temperatura é um pouco mais amena, com a média anual de 23,2 ºC e a amplitude térmica diária caindo para 10,2 ºC, com registros de temperatura mínima média de 16 a 17 ºC nos meses de junho, julho e agosto, caracterizando a estação de inverno no Hemisfério Sul. As temperaturas máximas nesta parte da bacia raramente ultrapassam 30 ºC. Esta queda na temperatura está associada ao relevo mais acentuado em suas nascentes. Em São Miguel, por exemplo, a altitude é de 679m. As variações anuais de temperatura podem ser explicadas pela variação anual do fluxo de radiação solar global que chega à superfície e em função da grande nebulosidade em alguns períodos do ano.

Devido à localização da bacia, a mesma está submetida à ação de fenômenos meteorológicos que influenciam as chuvas da região. Na Figura 5, podemos observar, segundo Uvo&Berndtsson (1996) quatro mecanismos que governam o regime de chuva da região nordeste do Brasil: os eventos El Niño/La Niña/Oscilação Sul (ENOS), que são resultantes de alterações nos valores da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no oceano Atlântico (Dipolos), e que, quando atuam com intensidade moderada ou forte, conseguem definir o comportamento das chuvas no nordeste brasileiro; a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atua sobre o oceano Atlântico, sendo responsável pela maior parte das precipitações que ocorrem na região oeste do Rio Grande do Norte, no quadrimestre chuvoso de fevereiro a maio; os Sistemas Frontais ou Frentes Frias (FF), que provocam as primeiras chuvas em alguns anos e atuam nos meses de novembro, dezembro e janeiro; e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), que ocorrem na primavera, no verão e no outono (de setembro a abril), e, normalmente, são mais frequentes, no Rio Grande do Norte, no mês de janeiro. Além desses mecanismos, podemos destacar as ondas de leste, que são responsáveis pelas chuvas no leste do NEB entre maio e agosto, mas que, quando atuam com intensidade forte, conseguem chegar à região oeste do Rio Grande do Norte e, mais especificamente, em partes da bacia do rio Apodi-Mossoró. As Linhas de Instabilidade (LI), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), também podem provocar o efeito das brisas marítima e terrestre na precipitação da região em estudo (FERREIRA; MELLO, 2005).

Tabela 2 - Valores de Temperatura média, mínima e máxima, amplitude térmica, chuva e número de dias de chuva, 1961 – 2017, em Mossoró, Apodi e São Miguel, na BHAP.

Localização	Variáveis	Meses do Ano												Média Anual
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
MOSSORÓ (Latitude: 5,08° S; Longitude: 37,37° W Gnw.; Altitude: 26 m)	T. méd. (°C)	28,3	27,9	27,4	27,2	27,0	26,6	26,5	27,3	27,8	28,1	28,3	28,5	27,6
	T. mín. (°C)	24,1	24,3	23,7	23,6	23,1	22,2	21,8	21,7	22,5	23,1	23,5	23,9	23,1
	T. máx. (°C)	34,1	33,6	32,9	32,7	32,6	32,4	32,8	34,1	34,9	34,8	34,7	34,6	33,7
	A. Térm. (°C)	10,0	9,3	9,2	9,1	9,5	10,2	11,0	12,4	12,4	11,7	11,2	10,7	10,6
	Chuva (mm)	62,2	104,2	189,5	185,1	105,8	52,8	37,0	9,2	3,8	2,0	1,9	14,7	768,1
	NDC	5	7	12	12	9	6	4	1	1	0	0	2	59
APODI (Latitude: 5,63° S; Longitude: 37,83° W Gnw.; Altitude: 53 m)	T. méd. (°C)	28,7	28,1	27,8	27,4	27,0	26,6	27,4	27,9	28,3	28,7	28,7	28,4	27,9
	T. mín. (°C)	23,3	23,3	23,4	23,0	22,4	21,8	22,2	21,9	22,0	22,4	23,0	23,0	22,6
	T. máx. (°C)	34,1	33,0	32,2	31,9	31,7	31,4	32,6	34,0	34,7	35,1	34,4	33,9	33,3
	A. Térm. (°C)	10,8	9,7	8,8	8,9	9,3	9,6	10,4	12,1	12,7	12,7	11,4	10,9	10,6
	Chuva (mm)	65,9	108,2	163,7	165,3	94,5	52,3	32,9	8,7	3	3,4	3,8	18	719,7
	NDC	7	9	14	15	11	7	5	2	1	1	1	2	75
SÃO MIGUEL (Latitude: 5,96° S; Longitude: 36,66° W Gnw.; Altitude: 679 m)	T. méd. (°C)	24,1	23,4	23,0	22,6	22,3	21,9	22,0	22,6	23,6	24,2	24,5	24,4	23,2
	T. mín. (°C)	19,1	18,8	18,7	18,5	18,0	17,1	16,8	17,0	17,8	18,3	18,8	19,1	18,2
	T. máx. (°C)	29,2	28,1	27,3	26,7	26,6	26,7	27,3	28,3	29,5	30,1	30,2	29,8	28,3
	A. Térm. (°C)	10,1	9,3	8,6	8,2	8,6	9,6	10,5	11,3	11,7	11,8	11,4	10,7	10,2
	Chuva (mm)	79,5	110,3	188,1	171,9	116,2	52	31,3	10,3	5,5	5,9	4,7	19,9	795,6
	NDC	6	8	13	12	9	6	4	2	1	1	1	2	65

Figura 5 - Principais sistemas causadores de chuva no Nordeste brasileiro.



Na maior parte da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, os totais pluviométricos anuais médios situam-se entre 700 e 800 mm, havendo uma pequena área, nas proximidades da foz, onde esses valores caem um pouco e chegam a 600 mm. Na parte mais alta da bacia, há um aumento na precipitação anual, que pode chegar a totais anuais de 900 mm, ou a até 1100 mm na região mais alta de Martins. As chuvas ocorrem de janeiro a julho, sendo os meses mais chuvosos, fevereiro, março, abril e maio, nos quais a precipitação pluviométrica média mensal varia entre 100 e 200 mm. Destacam-se março e abril com picos de precipitação pluviométrica média mensal próxima aos 200 mm e com

aproximadamente 12 a 15 dias de chuva no mês. Observa-se, também, que cerca de 90% dos dias de chuva ocorrem entre janeiro e julho. Em alguns anos, verificam-se algumas precipitações variáveis no tempo e no espaço em pontos isolados da bacia nos meses de agosto e setembro, que são originadas das ondas de Leste que atuam na região litorânea leste do nosso estado e que, devido à sua forte intensidade, conseguem adentrar até o oeste do Rio Grande do Norte. Essas chuvas são conhecidas na região como as "chuvas do caju". Nos meses de setembro, outubro e novembro praticamente não chove na região. É a época mais quente e mais seca do ano na BHRAM.

Oferta e Demanda Hídrica Natural

A BHRAM, com predominância do seu território em condições de clima semiárido, além dos baixos índices pluviométricos, é caracterizada por apresentar temperaturas elevadas ao longo do ano, forte insolação e altas taxas de evapotranspiração. Com base nos dados das Normais Climatológicas do INMET, a Figura 6 mostra mapas das distribuições espaciais das variáveis chuva, evapotranspiração potencial e balanço hídrico simplificado (Chuva – Evapotranspiração). Neles, observa-se que as elevadas taxas de evapotranspiração potencial anual (Figura 6a) sempre superam os totais pluviométricos anuais (Figura 6b), configurando um balanço hídrico anual com déficit (Figura 6c). Em termos quantitativos, a BHRAM apresenta precipitação média anual em torno de 725 mm, muito abaixo da média nacional, que é de 1.761 mm, e a evapotranspiração potencial média anual fica em torno de 2200 mm, gerando assim um déficit hídrico total médio anual de aproximadamente 1475mm.

Porém, quando a análise da oferta e da demanda hídrica natural na BHRAM é feita levando em consideração a variação temporal ao longo do ano, conforme mostra a Figura 7, verifica-se que em dois meses do ano, março e abril, os valores mensais de chuva superam os valores de evapotranspiração potencial mensal para a bacia, gerando excedente no balanço hídrico da bacia (Figura 8). Entretanto, nos demais meses do ano, sempre é verificado um déficit hídrico, que chegou ao valor máximo de aproximadamente 230 mm, no mês de outubro.

Figura 6 - Distribuição espacial das variáveis: Evapotranspiração potencial (a), Chuva (b) e Balanço Hídrico Simplificado (c), para a BHRAM.

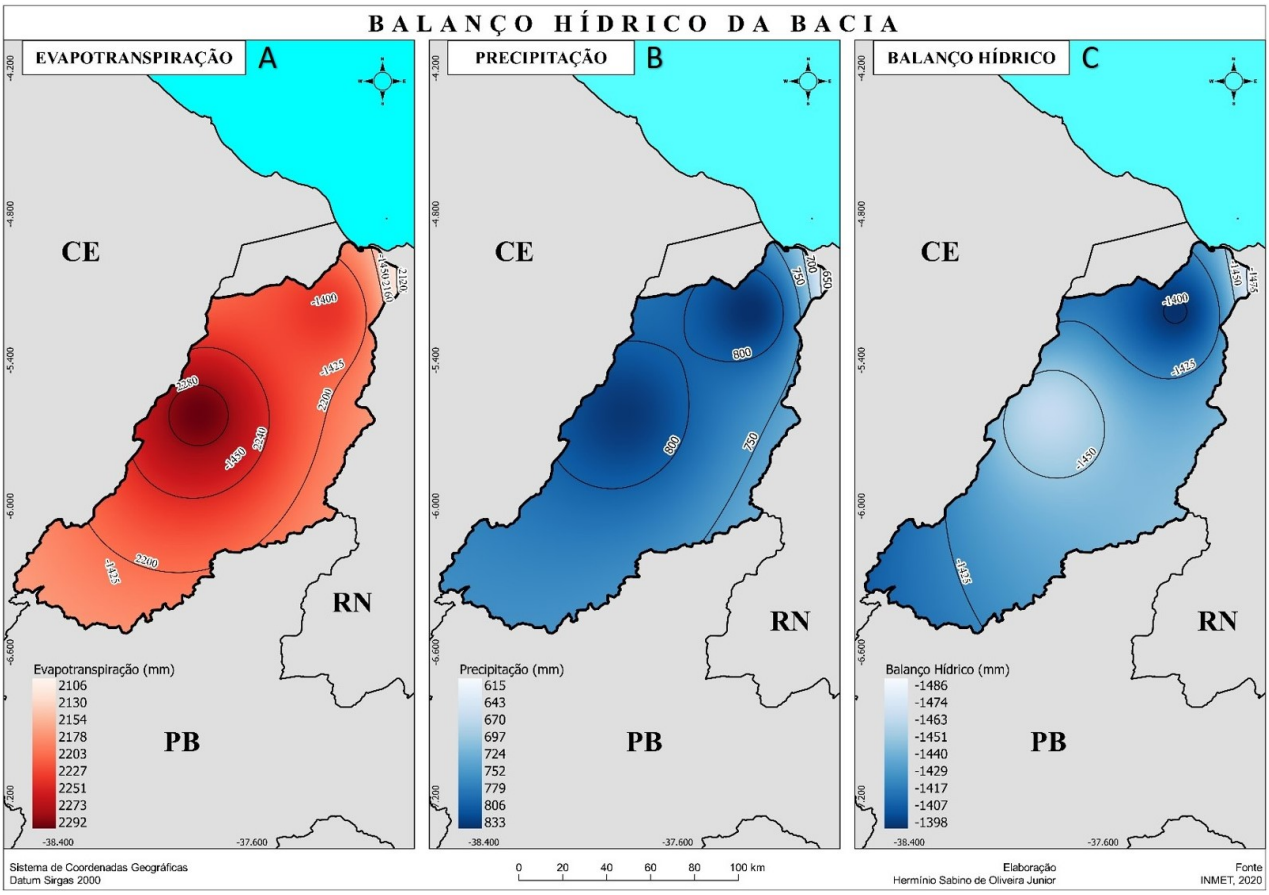


Figura 7- Médias da oferta e demanda hídrica natural ao longo do ano na BHRAM.

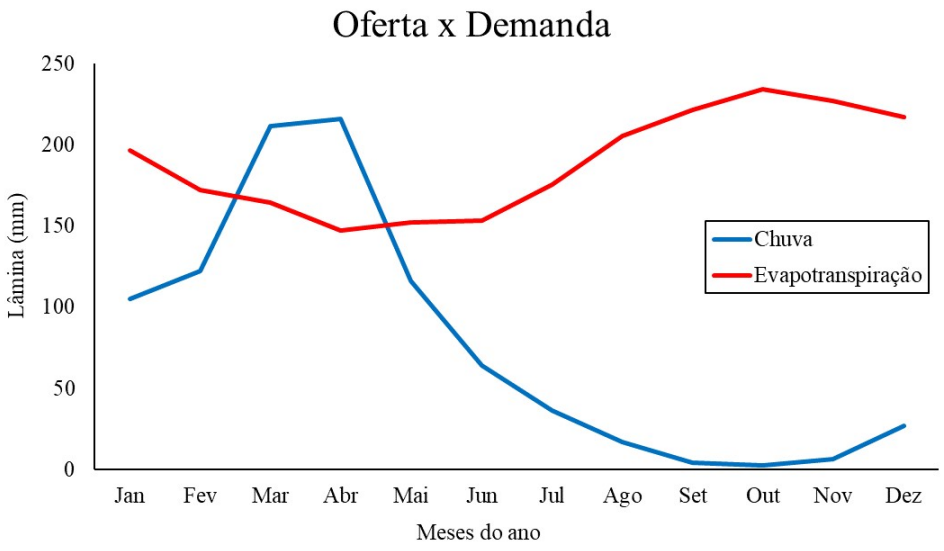
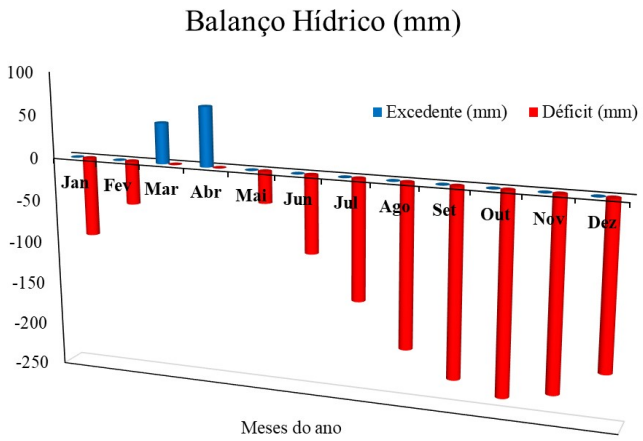
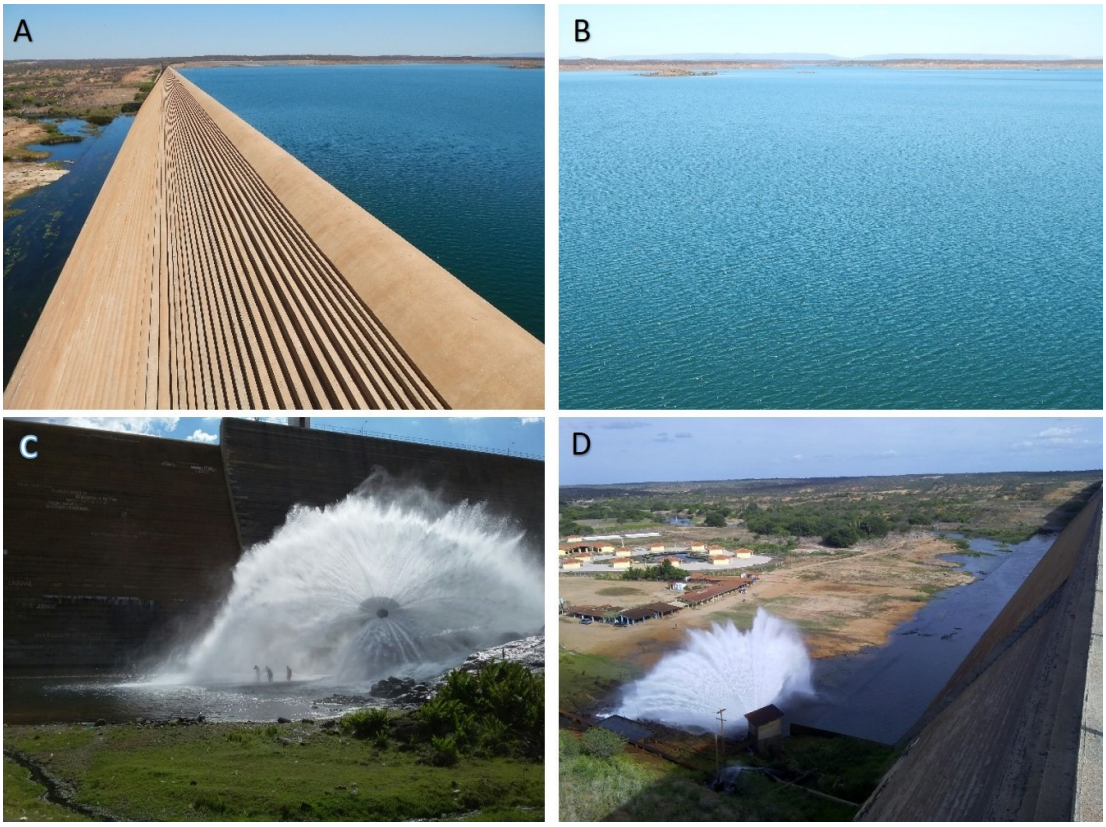


Figura 8 - Balanço hídrico simplificado para a BHRAM.



Levando em consideração a oferta e a demanda de água no rio Apodi-Mossoró, em condições naturais, ele é classificado como um rio intermitente, com a maior parte do ano hidrológico com vazão nula em seu leito. Porém, em detrimento dos diversos reservatórios artificiais construídos ao longo do seu leito principal e afluentes, atualmente, ele é considerado um rio perenizado em diversos trechos, sendo o maior deles, com aproximadamente 166,44 km de extensão, o que vai do reservatório Santa Cruz (Figura 9), em Apodi-RN, até a sua foz, entre Grossos-RN e Areia Branca-RN (Figura 1b), passando pelo município de Mossoró-RN, que é a maior cidade inserida na BHRAM.

Figura 9 - Barragem de Santa Cruz, em Apodi-RN, com destaque para a parede (a), espelho d'água (b), válvula difusora (c) e trecho perenizado a jusante da barragem (d).



Reservatórios superficiais e capacidade de acumulação de água

Alguns reservatórios artificiais superficiais de acumulação de água proporcionam a regularização interanual dos deflúvios naturais de diversos trechos no rio principal e afluentes da BHRAM. Esses reservatórios de regularização interanual são aqueles que têm capacidade de regularizar uma sequência de anos, necessitando, assim, de grandes volumes e tempo de residência. Entretanto, o rendimento dos açudes em região semiárida é muito baixo, por conta das altas taxas de evaporação, corroborando a tese de que a natureza cobra um alto "preço" pela acumulação de água em reservatórios de superfície.

Conforme levantamento realizado na base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2015), a BHRAM possui 812 reservatórios artificiais com espelho d'água superior a 4 hectares de área. Desses, apenas 20 reservatórios possuem volume acima de 5 milhões de metros cúbicos (m^3) de capacidade de acumulação (Tabela 3) e, consequentemente, são os reservatórios de maior importância estratégica para gestão dos recursos hídricos superficiais na BHRAM, sendo monitorados pelos órgãos gestores.

O reservatório Santa Cruz, que barra o leito do rio principal da bacia, em Apodi-RN, é o maior deles, com capacidade volumétrica de 599.712.000,00 m^3. Ele acumula a drenagem de uma bacia hidrográfica com área de 4.264,00 km^2 e possui uma bacia hidráulica (espelho d'água) de 3.413,36 hectares, gerando uma descarga de regularização de até 6 m^3/s.

O segundo maior em volume de armazenamento é o reservatório Umari, que barra o rio do Carmo (também é conhecido como rio Angicos), o maior afluente do rio principal (Apodi-Mossoró). O reservatório Umari, em Upanema-RN, possui capacidade volumétrica de 292.813.650,00 m^3, praticamente a metade do Santa Cruz. Ele acumula a drenagem de uma bacia hidrográfica com área de 1.533,00 km^2 e possui uma bacia hidráulica (espelho d'água) de 3.547,16 hectares, gerando uma descarga de regularização de até 1,37 m^3/s.

Embora os dois maiores reservatórios da BHRAM possuam áreas de espelhos d'água semelhantes, os volumes acumulados são bem distintos. Mesmo o reservatório Santa Cruz possuindo uma bacia hidráulica menor (3.413,36 hectares) do que o reservatório Umari (3.547,16 hectares), sua capacidade volumétrica de armazenamento (aproximadamente 600 milhões de m^3) é praticamente o dobro da capacidade de Umari (aproximadamente 300 milhões de m^3). Esse fato se deve às condições topográficas das localizações dos respectivos reservatórios. O Santa Cruz está localizado numa região de topologia mais acidentada, que dá origem a um reservatório com maior profundidade e, consequentemente, aumenta sua capacidade de acumulação. Já o reservatório de Umari, quando comparado ao Santa Cruz, encontra-se numa região de topologia mais plana, que dá origem a um reservatório "raso". Em função da relação entre

área da bacia hidráulica e profundidade dos reservatórios, mesmo que ambos se encontrem em condições climáticas muito semelhantes, eles apresentam comportamentos hidrológicos bem distintos, que afetam diretamente suas capacidades de regularização, seus tempos de permanência e a qualidade de suas águas.

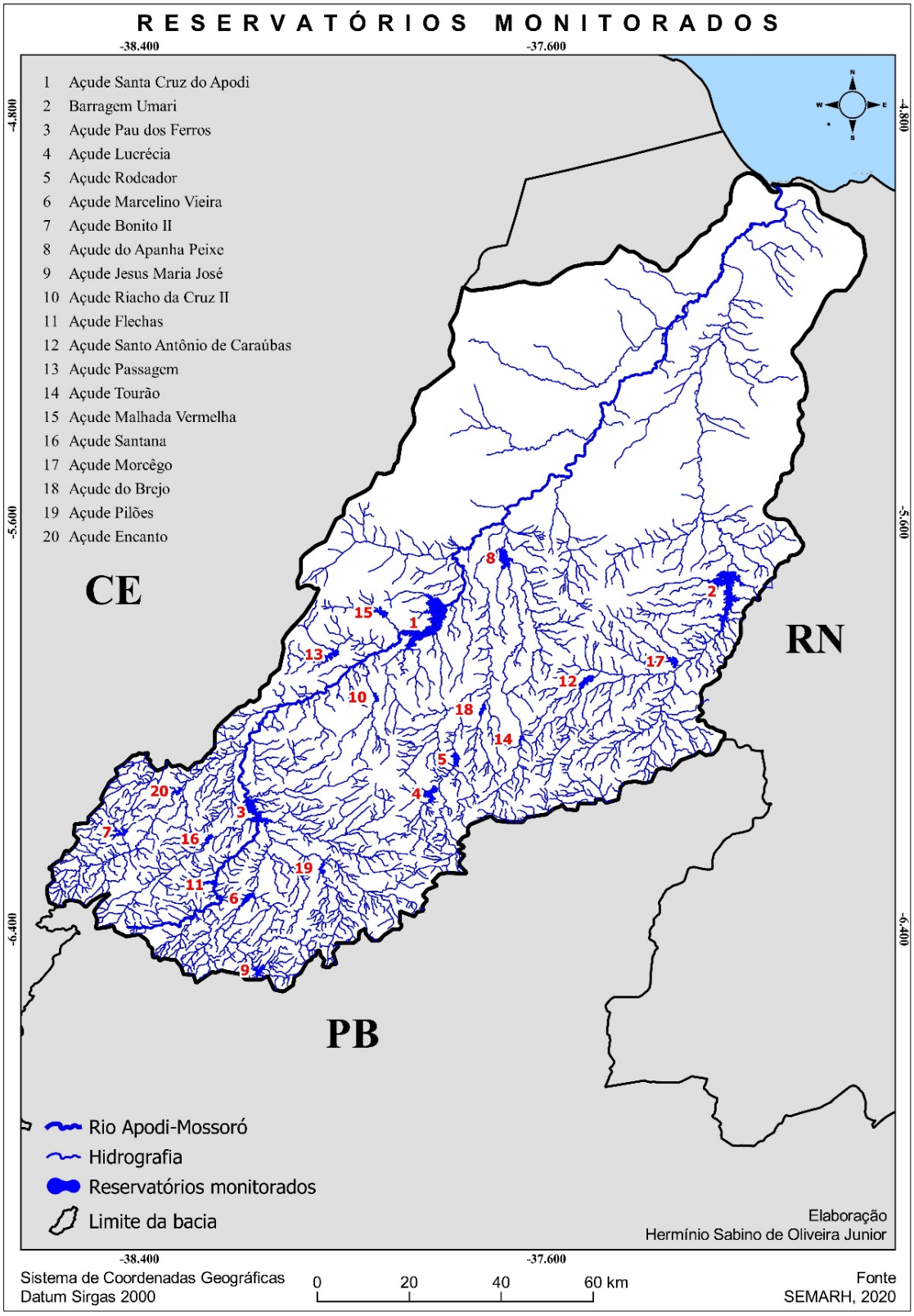
Tabela 3 - Reservatórios artificiais superficiais da BHRAM com capacidade volumétrica acima de 5 milhões de m^3.

Ordem	Reservatório	Município	Capacidade (m^3)
1º	Santa Cruz do Apodi	Apodi	599,712,000.00
2º	Umari	Upanema	292,813,650.00
3º	Pau dos Ferros	Pau dos Ferros	54,846,000.00
4º	Lucrécia	Lucrécia	24,754,574.00
5º	Rodeador	Umarizal	21,403,850.00
6º	Marcelino Vieira	Marcelino Vieira	11,200,125.00
7º	Bonito II	São Miguel	10,865,000.00
8º	Apanha Peixe	Caraúbas	10,000,000.00
9º	Jesus Maria José	Tenente Ananias	9,639,152.00
10º	Riacho da Cruz II	Riacho da Cruz	9,604,200.00
11º	Flechas	José da Penha	8,949,675.00
12º	Santo Antonio de Caraúbas	Caraúbas	8,538,109.00
13º	Passagem	Rodolfo Fernandes	8,273,877.00
14º	Tourão	Patu	7,985,249.00
15º	Malhada Vermelha	Severiano Melo	7,537,478.00
16º	Santana	Rafael Fernandes	7,000,000.00
17º	Morcego	Campo Grande	6,708,331.00
18º	Brejo	Olho-d'Água do Borges	6,450,554.00
19º	Pilões	Pilões	5,901,875.00
20º	Encanto	Encanto	5,192,538.00

O terceiro maior reservatório da BHRAM, o Pau dos Ferros, localizado no munícipio homônimo, possui capacidade volumétrica de 54.846.000,00 m^3. Ele acumula a drenagem de uma bacia hidrográfica com área de 2.050,00 km^2 e possui uma bacia hidráulica (espelho d'água) de 1.165,36 hectares. Trata-se de um reservatório extremamente importante para a gestão dos recursos hídricos da bacia, pois atende o abastecimento humano da região, que é considerada uma das mais críticas em disponibilidade hídrica dentro da bacia. Ele e o Santa Cruz fazem parte do sistema hídrico que será integrado ao rio São Francisco, tornando-se reservatórios pulmões que serão fundamentais para o aproveitamento racional e eficiente das águas oriundas do PISF (Projeto de Integração do Rio São Francisco).

Todos os 20 reservatórios artificiais superficiais da BHRAM que possuem capacidade volumétrica acima de 5 milhões de m³e que são monitorados pelos órgãos gestores, estão localizados do terço médio para o alto curso da bacia, onde se encontra o embasamento cristalino (Figura 10).

Figura 10 - Localização dos 20 maiores reservatórios artificiais superficiais na BHRAM.



A disponibilidade hídrica superficial, estimada considerando a vazão regularizada pelos reservatórios da região, é de aproximadamente 11,72 m^3/s, o que corresponde a 44,44% da vazão média de longa duração estimada para a BHRAM, que é de aproximadamente 26,37 m^3/s. Na Tabela 4, são apresentadas as vazões médias estimadas para diversas estações fluviométricas da bacia.

Tabela 4 - Deflúvios médios estimados para os principais postos fluviométricos ao longo do rio principal (Apodi-Mossoró) da BHRAM.

Posto	**Vazão média de longa duração (m^3/s)**
Pau dos Ferros	6,70
Apodi	12,85
Mossoró	17,60
Foz	26,37

Águas subterrâneas da BHRAM

No que se refere à disponibilidade de águas subterrâneas, a BHRAM apresenta áreas com fraco potencial hidrogeológico.

Do ponto de vista geológico, grande parte da bacia está assentada sobre o embasamento cristalino (do terço médio da bacia às nascentes), na feição geomorfológica Depressão Sertaneja. Nessas áreas, predomina a presença de poços que exploram aquíferos em aluviões e fraturas em rochas ígneas. As águas captadas nessas condições, geralmente, apresentam características ruins em termos de quantidade (geralmente inferiores a 3 m^3/h) e de qualidade, principalmente no tocante à salinidade, que é elevada. Em muitas pequenas comunidades, esses poços constituem a única fonte de abastecimento disponível e, para o uso dessas águas no consumo humano, é extremamente necessária a utilização de dessalinizadores.

Do terço médio da bacia para a parte baixa (Vale), assenta-se o embasamento sedimentar, com a presença de um extenso platô de formação Cárstica, constituído pelo pacote sedimentar da Formação Açu, chamado popularmente de Chapada do Apodi. Nessa região, os poços existentes exploram os aquíferos Jandaíra (livre) e Açu (confinado), de que as águas captadas apresentam características boas tanto em quantidade como em qualidade.

- *Sistema Aquífero Açu (Confinado)*

O Sistema Aquífero Açu ocupa área de 3.764 km^2. É um aquífero confinado pelos calcários da Formação Jandaíra e pertence à Bacia Sedimentar Potiguar. A qualidade química das águas do aquífero Açu é boa. Os principais usos das águas são os abastecimentos doméstico, industrial e de irrigação. Merecem destaque a

região de Baraúna (RN) e a de Mossoró (RN), em que ele é intensamente explorado em projetos de irrigação e de abastecimento urbano.

- *Sistema Aquífero Jandaíra (Livre)*

O Sistema Aquífero Jandaíra tem natureza cárstico-fraturada com uma área de recarga de 11.589 km2, que corresponde a partes dos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, no contexto da Bacia Sedimentar Potiguar. Ele é intensamente utilizado para a irrigação na região da chapada do Apodi, especialmente na região de Baraúna (RN).

As águas do Jandaíra apresentam qualidade inferior à das águas do aquífero Açu, principalmente na dureza e na salinidade. Além de serem usadas para irrigação, as águas do Jandaíra são utilizadas para o abastecimento doméstico.

Conforme o observado na Figura 11, que mostra o número de poços perfurados na BHRAM e o número de outorgas liberadas para a captação de águas superficiais, a bacia possui 2090 poços perfurados ao longo de toda a sua área de drenagem, porém apenas 487 são outorgados (SEMARH, 2019).

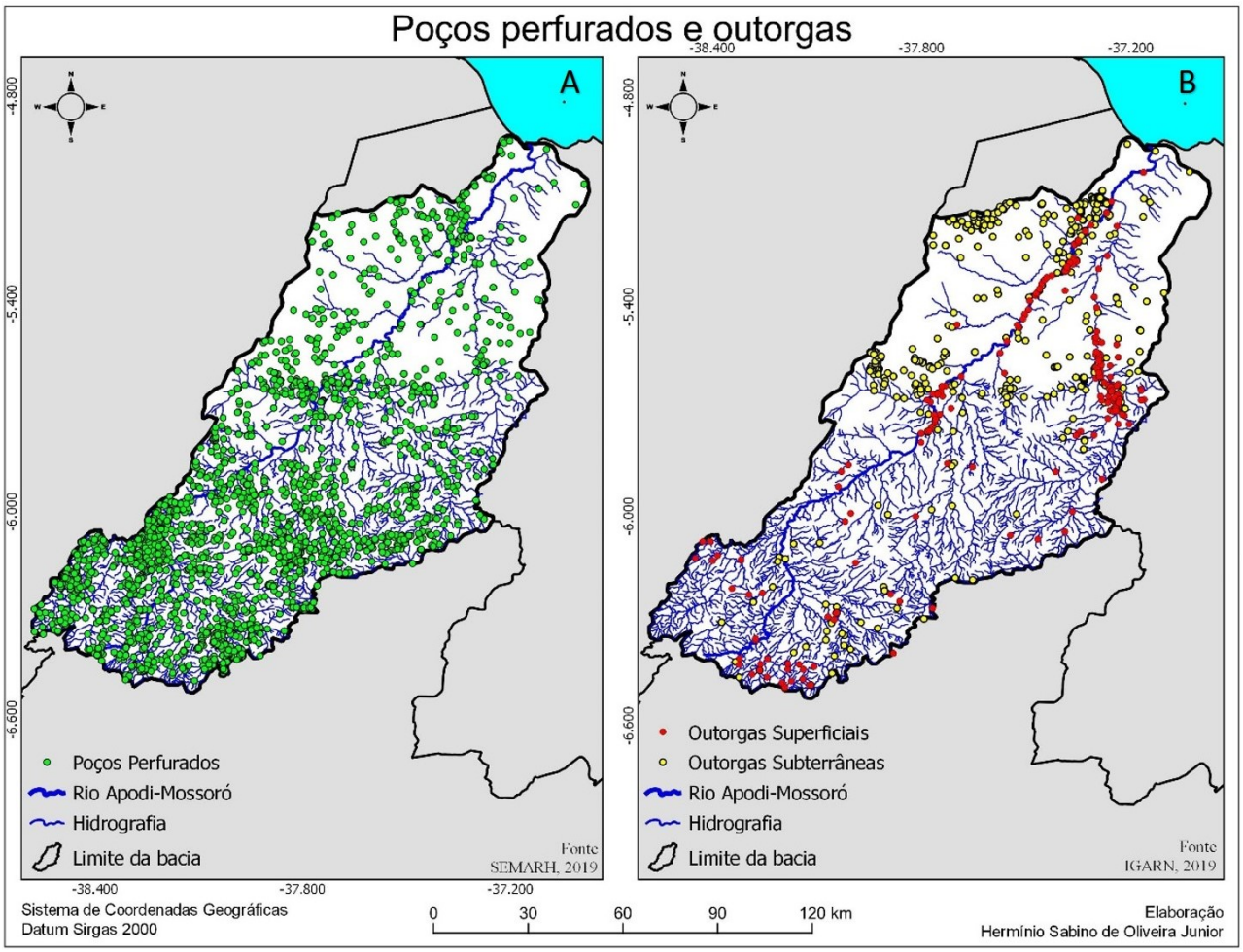
Embora no embasamento cristalino exista uma disponibilidade hídrica bem menor (quantitativa e qualitativamente falando), nessa região existe uma maior concentração de poços perfurados, como pode ser observado na Figura 11a, porém a grande maioria desses poços não possui outorgas (Figura 11b). Já na região sedimentar, onde o número de poços perfurados é menor, as vazões retiradas são bem superiores e muitas delas são destinadas à irrigação, pois a disponibilidade hídrica é grande. Além disso, os poços que exploram as áreas sedimentares apresentam uma maior proporção entre o número de outorgas e o de poços perfurados.

Qualidade da água

Além de a BHRAM apresentar criticidade quantitativa de disponibilidade hídrica, por estar inserida em região semiárida, também apresenta grande ocorrência de trechos de rios e reservatórios classificados com criticidade qualitativa. Essas criticidades são influenciadas por ações naturais (condições edafoclimáticas) e antrópicas na área de drenagem da bacia hidrográfica, principalmente relacionadas à assimilação de esgotos domésticos e à salinidade.

A combinação de pouca disponibilidade hídrica com baixos índices de coleta e tratamento de esgotos contribui com a baixa qualidade das águas dos rios da região. A perenidade dos rios, a sazonalidade da estação chuvosa e do período de seca e, ainda, a baixa capacidade de autodepuração dos rios são fatores que alteram consideravelmente a qualidade das águas na BHRAM.

Figura 11 - Poços perfurados (a) e outorgas liberadas (b) para exploração e captação de águas superficiais e subterrâneas na BHRAM.



A qualidade das águas, sobretudo dos reservatórios superficiais, é comprometida pelo processo de eutrofização, que está relacionado com o aporte de nutrientes nos corpos hídricos, principalmente o fósforo. Outros fatores regionais, tais como os baixos níveis de tratamento de esgoto, o alto tempo de residência da água, a temperatura elevada e a alta incidência luminosa, contribuem para a intensificação do processo nos reservatórios. Entre os problemas decorrentes da eutrofização, há a floração de algas tóxicas, o que pode comprometer seriamente o abastecimento das populações que dependem destes mananciais.

A qualidade da água está intimamente ligada às suas características físicas, químicas e biológicas, e, para sua representação, é necessária a utilização de métodos simples. Nessa perspectiva, o índice de qualidade da água (IQA) e o índice de estado trófico (IET) são tentativas que todos os programas de monitoramento de águas superficiais preveem como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo.

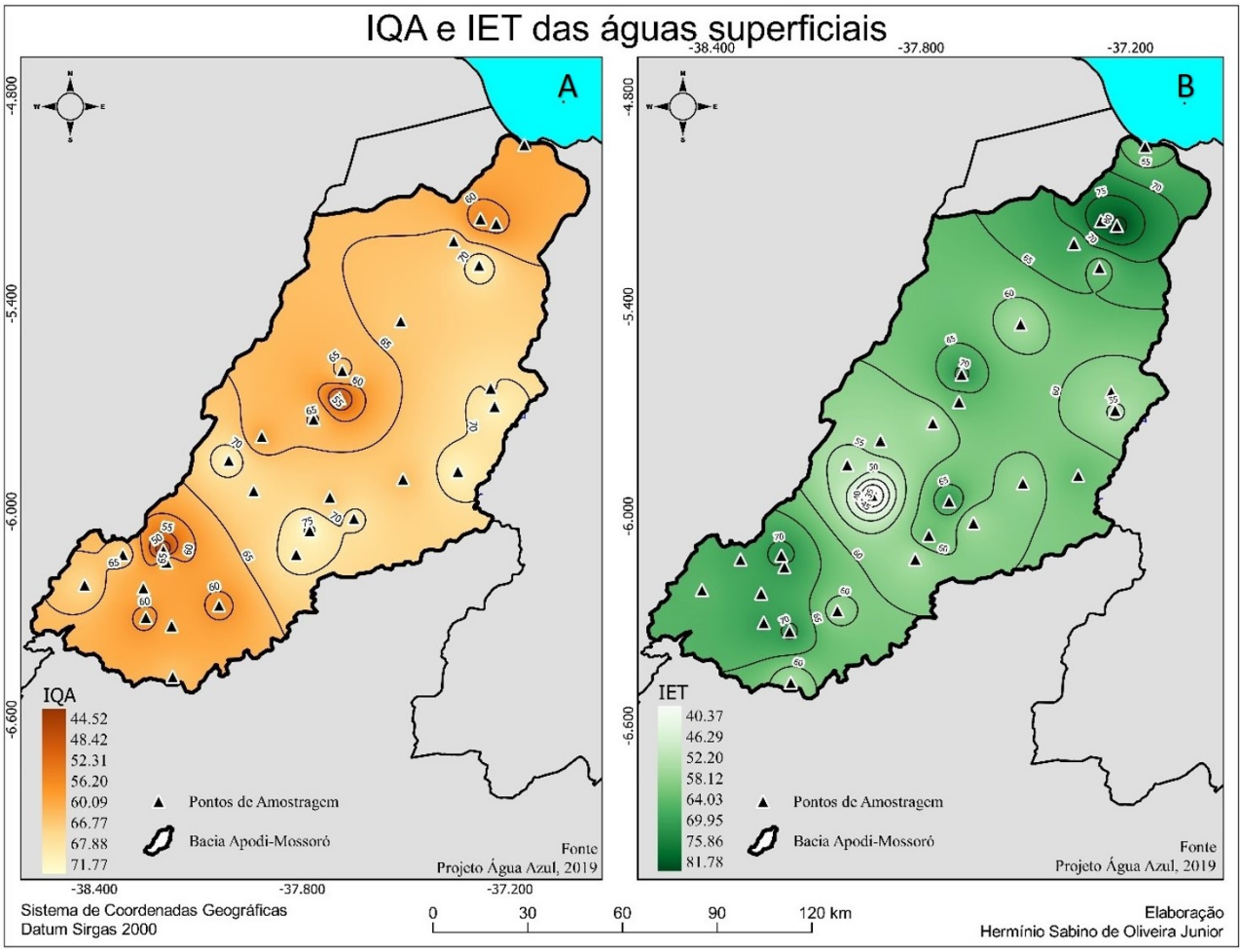
O Programa Água Azul (PAA), em parceria com a Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (SEMARH), com o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte (IDEMA), com o Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN), com a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), com a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), com a Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) e com a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN), produziu múltiplos relatórios com indicadores de qualidade de água entre os anos de 2008 e 2016, para a BHRAM. Entre esses indicadores estão o índice de qualidade da água (IQA) e o índice de estado trófico (IET). Na Figura 12, observam-se os mapas de distribuição espacial do IQA e do IET para a BHRAM, determinados para 29 pontos amostrais ao longo da bacia, entre os anos de 2008 e 2016, pelo PAA.

Analisando a distribuição espacial do IQA na BHRAM (Figura 12a), verifica-se que as águas de qualidade ruim ($25 < IQA \leq 50$), conforme a classificação da CETESB (2009), predominam nas proximidades dos três maiores centros urbanos da bacia, que são Mossoró-RN (na região baixa), Apodi-RN (no terço médio) e Pau dos Ferros (na parte alta). Esse comportamento provavelmente está ligado aos maiores valores de carga orgânica doméstica despejada no leito do rio Apodi-Mossoró nessas regiões.

A cidade de Mossoró é o maior município da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, com uma população estimada, em 2019, de 297.378 mil habitantes (IBGE, 2020), e, em números absolutos, também é o maior contribuinte para a poluição das águas do rio. Mesmo assim, o valor de IQA na região de Mossoró foi melhor que em outras regiões da bacia. Isso se explica pelo fato de a vazão do rio nesse trecho ser maior do que em outras localidades, o que permite uma maior diluição da poluição. Ou seja, mesmo essa região possuindo maior capacidade de lançar carga de efluentes poluentes no rio, também possui uma maior capacidade de assimilar essas cargas de poluentes, que são diluídas com mais facilidade por conta da maior vazão que corre nesse trecho do rio.

Embora os trechos urbanos do rio Apodi-Mossoró estejam comprometidos por conta da poluição das águas, observa-se no mapa da Figura 12a que a maior parte das águas da bacia encontra-se classificada, conforme o IQA, como regular ($50 < IQA \leq 70$) ou boa ($70 < IQA \leq 90$). Isto é, de uma maneira geral, a Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró pode ser considerada como detentora de águas de boa e regular qualidade.

Figura 12 - Distribuição espacial do IQA (a) e do IET (b) para as águas superficiais na BHRAM.



Analisando o mapa de IET (Figura 12b), verifica-se que a bacia apresenta elevado níveis de trofia, o que aponta para uma predominância de ambientes aquáticos hipereutrófico. Assim como o IQA, o índice de IET na região de Mossoró-RN também merece destaque, pois foi o trecho do rio, na BHRAM, que apresentou os maiores valores de IET.

Na Figura 13, pode-se observar um dos efeitos práticos que a poluição ocasiona no leito do trecho urbano do rio Apodi-Mossoró, na cidade de Mossoró (RN): a superpopulação de macrófitas aquáticas, propiciada pela eutrofização das águas em função da poluição urbana, principalmente, pelos despejos de esgotos domésticos sem prévio tratamento ou com tratamento inadequado.

Figura 13 - Super população de macrófitas aquáticas no trecho urbano do rio Apodi-Mossoró, na cidade de Mossoró (RN).



Infraestrutura hídrica

Nos últimos anos, a mentalidade de "combate à seca" foi substituída pela de "convivência com o semiárido", que passou também a ser o mote de atuação das instituições governamentais. A busca de soluções para melhorar a convivência com o clima da região vem sendo facilitada por estudos climáticos e por projetos e obras estruturantes capazes de mitigar os efeitos da escassez desse bem tão necessário a todas as atividades, principalmente, à sobrevivência humana, que é a água. Historicamente, os reservatórios superficiais são as principais soluções adotadas para lidar com o problema da seca nas bacias hidrográficas do semiárido. Já as adutoras viabilizam o transporte das águas no espaço dentro das bacias. Os reservatórios da BHRAM desempenham papel importante no atendimento das demandas através da regularização das vazões.

Os sistemas produtores de água podem ser diferenciados entre os sistemas integrados, que atendem a mais de um município a partir do mesmo manancial, e os sistemas isolados, que abastecem apenas um município. Na BHRAM, devido às restrições de mananciais para o atendimento da população, é muito comum o emprego de sistemas integrados para o abastecimento. Nesse contexto, destacam-se, em função da grande extensão de linhas adutoras ou de complexa

interligação, os sistemas abastecidos pelo reservatório Santa Cruz, em Apodi (RN).

A principal obra para superar a escassez de mananciais na BHRAM é o PISF - Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, ora em construção. O PISF tem dois canais com duas captações (Eixos Norte e Leste), localizadas no rio São Francisco, a jusante da barragem da UHE Sobradinho. A integração do rio São Francisco às bacias dos rios temporários do Semiárido será possível com a retirada contínua de 26,4 m^3/s de água, o equivalente a 1,4% da vazão garantida pela barragem de Sobradinho (1850 m^3/s), no trecho do rio onde se dará a captação. Este montante hídrico será destinado ao consumo da população urbana de vários municípios do Agreste e do Sertão dos quatro estados do Nordeste Setentrional (PE, RN, PB e CE). No Rio Grande do Norte, o Eixo Norte do PISF beneficiará com reforço hídrico os açudes Pau dos Ferros e Santa Cruz do Apodi, localizados na bacia do rio Apodi. Esses açudes são as fontes hídricas da adutora Alto Oeste, que está em construção e atenderá 24 municípios. Outra importante adutora em construção é a Apodi-Mossoró, que tem sua captação também no açude Santa Cruz do Apodi e atenderá a 5 sedes municipais, inclusive Mossoró, com expressiva população urbana.

Considerações finais

A Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró (BHRAM), inserida na região oeste do estado do Rio Grande do Norte e com abrangência 100% potiguar, possui, em quase sua totalidade, uma condição climática semiárida, com exceção de algumas áreas de nascentes, que apresentam maiores altitudes e condições climáticas tropicais subúmidas. Suas condições climáticas, com baixos índices pluviométricos e altas demandas evapotranspirométricas, associadas às condições edáficas, com predominância de solos cristalinos, principalmente nos terços superior e médio da bacia, proporcionam, naturalmente, um regime hidrológico de fluxo intermitente de água em seu leito principal e em seus afluentes. Ou seja, na maior parte do ano hidrológico, o balanço hídrico na bacia é negativo, com demandas hídricas bem superiores às ofertas.

Contudo, a ação antrópica de construção de diversos reservatórios artificiais superficiais de armazenamento de água, de pequeno, médio e grande porte, proporciona a perenização de diversos trechos de cursos d'água ao longo da bacia, mantendo uma regularização da vazão e aumentando a oferta hídrica nesses locais. Nos últimos anos, entretanto, a poluição e a degradação ambiental da bacia em alguns desses trechos, principalmente naqueles próximos às zonas urbanas, têm levado a uma redução da já tão baixa disponibilidade hídrica da bacia.

Já no terço inferior da bacia, em que predomina uma condição edáfica sedimentar, não há presença de reservatórios artificiais superficiais de armazenamento de água, mas, em contra partida, existem grandes reservatórios naturais subterrâneos (os aquíferos Jandaíra e Açu), que têm garantido uma boa disponibilidade hídrica para essa região da bacia, com águas de qualidade e em quantidade. Porém, a explotação excessiva desses mananciais para diversos usos, como irrigação e abastecimento de diversas cidades, a exemplo de Mossoró, os tem colocado em risco ambiental. Vale salientar que essa é a região onde se concentra a maior parte da população humana residente na bacia.

Dessa maneira, considerando todas as condições abordadas nesse capítulo, percebe-se que a BHRAM apresenta uma frágil disponibilidade hídrica para a garantia da realização das diversas atividades humanas existentes nela, e que é premente uma abordagem sustentável de seus recursos naturais: água, solo e vegetação. Caso isso não seja feito, todas as condições ambientais, sociais e econômicas da bacia, inclusive o abastecimento humano com água potável, estarão em risco.

Por fim, observa-se também que, a cada ano que passa, torna-se mais necessária a conclusão de obras hídricas que garantirão a oferta de água para as demandas cada vez mais crescentes das populações residentes na bacia. Dentre essas obras, destaca-se a Integração da Bacia do Rio São Francisco com a BHRAM, que assegurará a regularização da vazão ao longo de toda a bacia, gerando um aumento significativo na oferta hídrica.

Referências

ANA. Agência Nacional de Águas (BRASIL). Base hidrográfica ottocodificada. -- Brasília: ANA, 2015.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SETELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Revista Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728. 2013.

BELTRAME, A. V. Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.

CARMO FILHO F.; OLIVEIRA O. F. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B). 1995. 62p.

CARVALHO, E. A.; BARRETO, A. P. ; FELIPE, J. L. A. . Atlas Rio Grande do Norte: espaço geo-histórico e cultural. 3ª. ed. João Pessoa: Editora Grafset Ltda., v. 1. 2012. 146p.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2ª ed. Sao Paulo: Blucher, 1979.

COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. Irriga, v.16, p.369-381, 2011.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, n. 1, p. 15-28. 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL). Cidades@. -- Brasília: IBGE, 2020. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/>. Acessado em: 10 ago. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL). Manual técnico de pedologia. 2ª Ed. 2007. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/sistematizacao/manual_pedologia.shtm>. Acessado em: 10 jul. 2017.

MELLO, C. R de.; SILVA, A. M da. Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 455p.

MORAIS, J. M., ESPÍNOLA SOBRINHO, J., SANTOS, W. C., COSTA, D. O.,SILVA, S. T. A., MANIÇOBA, R. M. Caracterização da velocidade do vento em Mossoró/RN. Revista Brasileira de Geografia Física, v.7, n. 2, p. 327-340. 2014.

OLIVEIRA SILVA, S. A. Análise das variáveis metereológicas no município de Mossoró-rn (1970-2013). Trabalho de conclusão de curso de Agronomia. Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Mossoró-RN, 2014. 55 p.

RIBEIRO, G. B. Energia solar fotovoltaica: estudo de dimensionamento e viabilidade de sistemas autônomos em Mossoró-RN. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró-RN, 2004. 90 p.

SEMARH. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (RIO GRANDE DO NORTE). Base de poços perfurados - Natal, 2019.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transaction of American Geophysical Union, p.913-920, 1957.

UVO, C.R. B.; BERNDTSSON R., 1996. Regionalization and Spatial Properties of Ceará State Rainfall in Northeast Brazil. J. Geoph. Res., vol. 101, no. D2, 4221-4233. v.7, n.2, p.55-65. l969.

CAPÍTULO 3

SOLOS E APTIDÃO AGRÍCOLA NA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ

Carolina Malala Martins Souza

Jeane Cruz Portela

Introdução

Os solos formados ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró são produto da interação dos fatores de formação do solo, compreendendo-se uma importante relação entre o material de origem e o relevo, sendo ambos controlados pela condição bioclimática local ao longo do tempo. A relação entre tais fatores gerou processos de formação do solo (pedogenéticos) distintos, condicionando a formação de solos com morfologias peculiares e consequente classes diferentes.

A compreensão pedológica da Bacia do Rio Apodi-Mossoró inicia na interpretação deste ambiente em relação a sua composição geológica, já abordada no Capítulo 1 “Geomorfologia do vale do rio Apodi-Mossoró”. Porém, é salutar ressaltar que o contexto geológico ao qual está inserida a Bacia possui duas condições geológicas distintas, sendo a primeira o embasamento cristalino, de idade pré-cambriana, uma combinação de granito-gnaisses de origem magmática, alto grau de consolidação e elevado teor de SiO_2, compostas por minerais representativos como feldspatos, micas e quartzo. Este ambiente percorre a parte inicial da bacia, embasando a origem do rio Apodi-Mossoró, mais precisamente a região do Alto Oeste do estado, composta pelos maciços estruturais e a depressão sertaneja. A transição deste ambiente geológico para a região do Médio e Baixo Oeste do estado é registrada por um processo de litificação que data do período cretáceo, que é constatado pela formação de rochas sedimentares (arenitos, argilitos e calcários) até o contato com a planície litorânea, onde encontram-se os sedimentos quaternários e as formações dunares.

Estes diferentes compartimentos geológicos condicionam variações em relação a resistência ao intemperismo, pois os tipos de rochas formadas possuem graus de

consolidação variados, sendo as rochas mais resistentes as observadas na região dominada pelo embasamento cristalino (rochas ígneas e metamórficas) e as mais susceptíveis as que compõem o grupo de rochas sedimentares (arenitos, argilitos e calcários). Esta interpretação é fundamental para se compreender a presença de solos menos desenvolvidos na região do Alto Oeste, com morfologia evidente de menor intemperismo (poucos profundos, pedregosos e ricos quimicamente), assim como compreender solos mais profundos e arenosos da costa litorânea, além dos solos mais argilosos, vermelho-amarelados e férteis da Chapada do Apodi. Neste contexto, pode ser observada a influência dos diferentes tipos de rocha e condições de relevo na formação dos solos existentes ao longo da bacia, sendo o material de origem e a geomorfologia os dois fatores de maior relevância na interpretação da pedogênese, uma vez que a pouca variação climática ao longo da bacia promove menor influência no processo de formação do solo, com variações de clima sub-úmido na região serrana a semiárido nas demais porções da bacia.

No Brasil existem duas importantes publicações que tratam dos diferentes tipos de solo encontrados no país. Uma inicial que realizou o levantamento de solos por estado (Boletim Técnico/Divisão de Pesquisa Pedológica – Ministério da Agricultura, publicado em 1971) e uma posterior que dividiu o país em cartas geográficas (Projeto RADAMBRASIL, publicado em 1981). Estas são as duas obras mais importantes até o momento para tratar dos diferentes solos que existem ao longo da bacia do Rio Apodi-Mossoró. Posterior a estas publicações, o principal meio de enriquecimento de informações pedológicas para a região vem de trabalhos de pesquisa das instituições de ensino, através da publicação de trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e artigos científicos. Com isto, é possível discutir e apresentar as principais classes de solos observadas e classificadas de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

Uma característica marcante e típica desta região, inserida no domínio da Caatinga, é a grande variabilidade espacial dos solos em curtas distâncias (da ordem de metros), sobretudo nos ambientes de rochas cristalinas ou de coberturas pedimentares pouco espessas sobre tais rochas (Araújo Filho et al., 2017). Ao longo da bacia do Rio Apodi-Mossoró é possível observar uma importante variação nos tipos de solos, merecendo destaque as seguintes classes: Cambissolos, Chernossolos, Latossolos, Argissolos, Neossolos e Luvissolos. E em menor proporção os Planossolos, Gleissolos e Vertissolos. No início da bacia, mais destacadamente a região Alto Oeste do estado, podem ser observadas as classes: Argissolos, Luvissolos e Neossolos, já descendo para a região Médio e Baixo Oeste Potiguar surgem as classes: Cambissolos, Latossolos, Chernossolos, Neossolos, Planossolos, Gleissolos e Vertissolos (Figura 1). A seguir, será abordada cada uma das classes com o objetivo de esclarecer as principais características morfológicas e relacioná-las com a aptidão agrícola para a região.

Principais tipos de solos e aptidão agrícola

Argissolos

Os Argissolos, que também já foram classificados como "Podzólicos" ou "Rubrozéns" em classificações anteriores, são caracterizados por apresentarem como principal diagnóstico a observação de um horizonte do tipo B textural (Bt), formado em função do processo de argiluviação. Esta classe de solo está distribuída em diferentes localizações da bacia do Rio Apodi-Mossoró ocupando aproximadamente 30% da área total (Quadro 8), com concentração maior na região Alto Oeste, mais comumente nos municípios de Luís Gomes, São Miguel, Alexandria, Frutuoso Gomes, Umarizal e Pau dos Ferros. São solos mais profundos, ácidos, eutróficos, com textura arenosa na superfície e argilosa em subsuperfície, como se observa em área localizada no município de Luís Gomes (Quadro 1). As principais limitações ao uso agrícola estão relacionadas com a susceptibilidade à erosão e a escassez hídrica. A aptidão agrícola, em áreas sem sistema de irrigação, está restrita a culturas que resistem aos longos períodos de estiagem.

Quadro 1 - Caracterização física e química de Argissolo Vermelho-Amarelo, localizado no município de Luís Gomes.

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Al^{3+}	V	P	COT
		g/kg				$cmol_c/kg$					%	mg/kg	g/kg
A	0-20	630	170	200	5,9	2,0	0,9	0,4	0,1	0,0	68	2,0	5,5
Bt1	20-60	460	160	380	5,3	1,4	1,2	0,3	0,1	0,4	56	1,0	5,0
Bt2	60-85	380	210	410	5,2	0,6	1,3	0,3	0,1	1,1	46	1,0	2,2
C	85-100+	570	230	200	5,4	0,7	0,8	0,3	0,1	1,1	45	2,0	1,7

Fonte: Brasil, 1971.

Cambissolos

A classe dos Cambissolos, observada especialmente no domínio calcário existente no terço final da bacia, é uma das ordens de solo mais comuns em áreas do semiárido nordestino com geologia cárstica. Esta classe é diagnosticada por apresentar pouco desenvolvimento pedogenético, tendo como principal característica a formação do horizonte B incipiente (Bi) com, normalmente, poucos centímetros de espessura. Os municípios onde há maior ocorrência desta classe são: Baraúnas, Mossoró, Governador Dix-Sept Rosado, Caraúbas, Upanema e Apodi. A distribuição desta classe representa em torno de 13 % dos solos da bacia (Quadro 8) e, de acordo com as características físicas e químicas, percebe-se a reação alcalina do solo (pH > 7,0), riqueza química (V>50 %) e pouco acúmulo de matéria orgânica (Quadro 2), além de apresentar limitações quanto ao preparo intensivo do solo, como também, áreas de declive acentuado apresentando susceptibilidade ao processo erosivo. A fonte potencial de nutrientes está ligada ao material calcário, o que torna esta área com importante

aptidão para culturas de ciclo curto como feijão, milho, sorgo e demais que não necessitem de atuação mais profunda do sistema radicular. Nos municípios de Mossoró, Baraúnas, Upanema e Apodi há extensas áreas com implantação de fruticultura irrigada. (Figura 2).

Figura 1 - Mapa de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró.

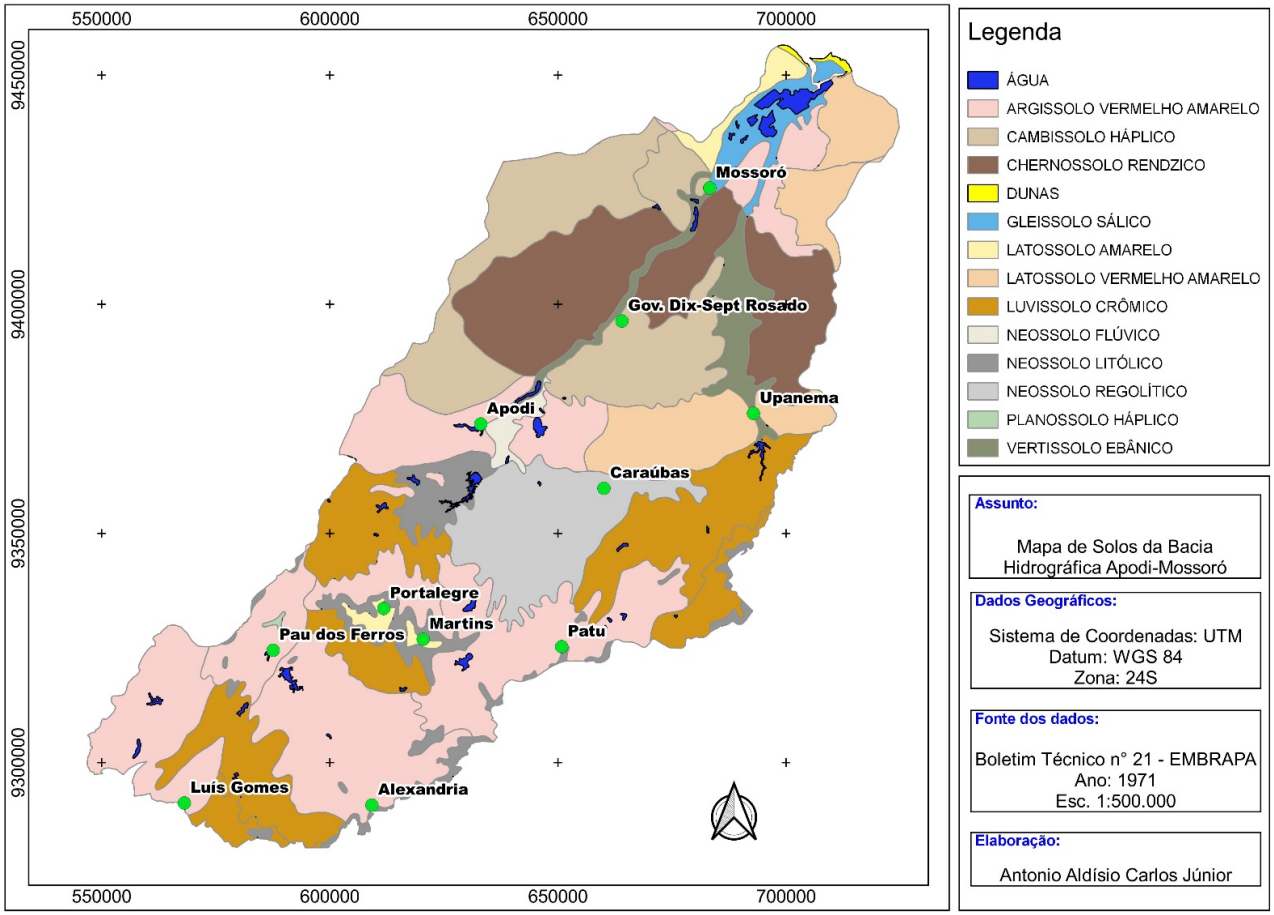


Figura 2 – Área com produção de melão irrigado na região da Chapada do Apodi, Mossoró-RN. (Fazenda São Romão, foto cedida: Clemens Vieira).



Quadro 2 - Caracterização física e química de Cambissolo Háplico, localizado no município de Apodi-RN

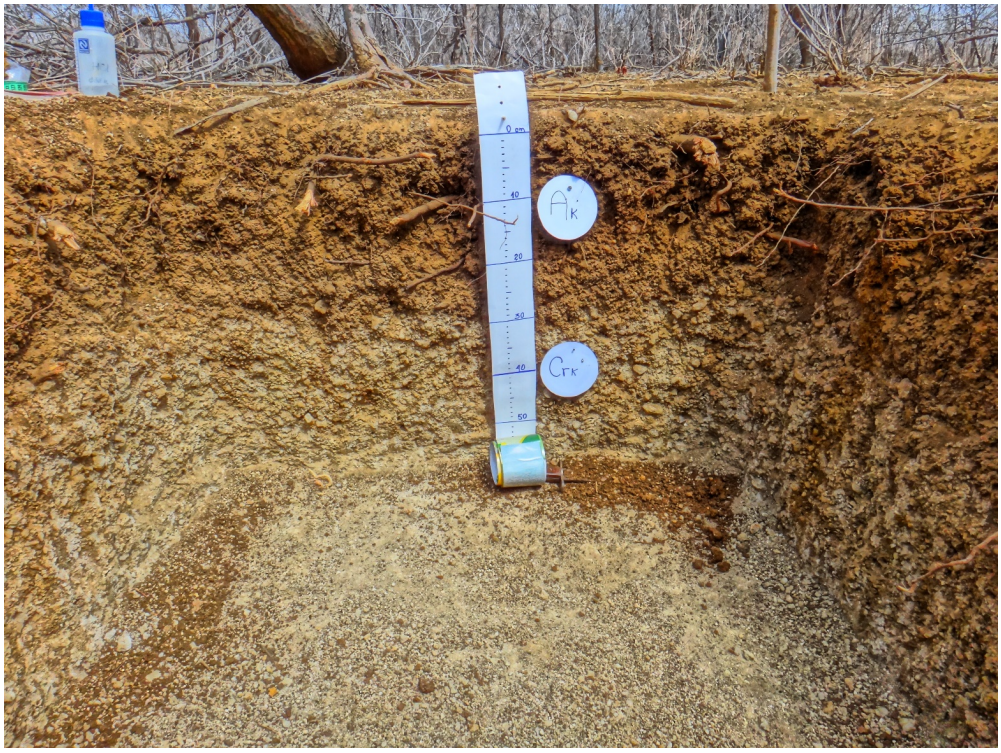
Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Al^{3+}	V	P	COT
		g/kg				$cmol_c/kg$					%	mg/kg	g/kg
A	0-24	144	357	499	8,0	83,5	8,7	0,1	0,1	0,0	99	2,5	9,4
Bi	24-108	121	416	462	8,0	64,5	13,2	0,2	0,1	0,0	99	3,9	5,5
Cr	108-130	138	683	180	8,2	24,7	5,2	0,2	0,1	0,0	98	3,1	2,9

Fonte: Silva, 2018.

Chernossolos

Os Chernossolos, antigamente definidos como Rendzinas ou Brunizéns, apresentam-se como uma importante classe de solo da Bacia do Rio Apodi-Mossoró. Sua importância dá-se em função de duas condições: edáficas e, consequentemente, socioeconômica. Édafica pelo fato de ser uma ordem de solo com características que favorecem o seu manejo e possibilitam o melhor desenvolvimento de plantas, pois possuem como horizonte diagnóstico o A chernozêmico, sendo este um horizonte mineral e superficial, eutrófico (V > 65 %) e rico em matéria orgânica (Figura 3). Com isto, o uso do solo pelo produtor de menor poder aquisitivo é facilitado, pois o manejo de máquinas e insumos agrícolas é reduzido para a produção de algumas culturas de interesse comercial, como milho, feijão e etc. A evidência desta classe está concentrada nos municípios de Governador Dix-Sept Rosado, Baraúnas, Mossoró e Upanema e representa em torno de 12,7 % da área total da bacia (Quadro 8). A caracterização física e química é marcada por solos argilosos, com predomínio de argilas do tipo 2:1 (processo de bissialiatização), alcalinos, ricos em cátions básicos, preferencialmente os divalentes (Ca^{2+} e Mg^{2+}), com o marcado caráter eutrófico ao longo de todo o perfil do solo (Quadro 3). A restrição ao uso destes solos se dá em função do pH elevado indisponibilizar alguns nutrientes para as plantas, principalmente Fe, Cu, Mn, B, Zn e P e da presença de elevados teores de silte, aumentando a susceptibilidade ao processo erosivo. Na região semiárida, é comum a utilização dessas áreas com tais restrições para preservação permanente, com destaque natural à presença das Carnaubeiras e Oiticica (Figura 4), vegetação presente em ambientes de cotas mais baixas, com deficiência de drenagem, onde as áreas permanecem saturadas no período chuvoso.

Figura 3 - Perfil de Chernossolo Rêndzico no município de Apodi-RN.



Quadro 3 - Caracterização física e química de Chernossolo Háplico, localizado no município de Governador Dix-Sept Rosado-RN

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Al^{3+}	V	P	COT
		g/kg				$cmol_c/kg$					%	mg/kg	g/kg
A	0-18	205	220	575	7,9	52,1	15,5	0,4	0,2	0,0	99	5,2	10,5
Cr	18-74	246	313	441	7,8	17,3	6,0	0,2	0,2	0,0	100	3,5	7,7

Fonte: Silva, 2018.

Figura 4 - Área de preservação permanente com presença de Carnaubeiras e Oiticicas sobre Chernossolo com deficiência de drenagem, Gov. Dix-Sept Rosado-RN.



Latossolos

Formados em função de um intenso processo pedogenético, os Latossolos são solos que possuem como principal definição a observação do horizonte diagnóstico B latossólico (Bw), caracterizado pela grande espessura do horizonte (pelo menos 50 cm) e demasiada pobreza em bases trocáveis (Quadro 4). Tais características conferem a esta classe uma condição de homogeneidade, profundidade e boa estrutura. Os Latossolos são menos evidentes na bacia do Rio Apodi-Mossoró quando comparados aos Argissolos, Luvissolos, Cambissolos e Chernossolos, porém ocupam áreas importantes associadas a duas condições geomorfológicas: As formações serranas inseridas no contexto da bacia (municípios de Martins e Portalegre) (Figura 5) e a planície litorânea formada no grupo Barreiras (Municípios de Serra do Mel e Tibau) (Figura 6), além de áreas transicionais entre o Quaternário e o Cretáceo nos municípios de Upanema e Mossoró. A distribuição total desta classe representa aproximadamente 9,5 % da área da bacia do rio Apodi-Mossoró (Quadro 8). Em relação a aptidão agrícola estas áreas foram, historicamente, utilizadas com a cultura do cajueiro, principalmente os municípios de Serra do Mel, Mossoró e Apodi, porém a estiagem crescente na região tem reduzido a produção e incentivado a extinção de pomares (Figura 7). São passíveis de utilização com culturas anuais, perenes (fruticultura), pastagens e reflorestamento, em função da profundidade efetiva e ausência de impedimento físico. A restrição desta classe é de ordem química, uma vez que são solos pobres em nutrientes, demandando a realização da correção química do solo.

Figura 5 - Formação serrana no município de Martins-RN.



Figura 6 - Perfil de Latossolo Amarelo no município de Tibau-RN.



Figura 7 - Pomar de Cajueiros, com extração de lenha em Latossolo Amarelo no município de Martins- RN.



Quadro 4 - Caracterização física e química de Latossolo Amarelo, localizado no município de Serra do Mel.

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Al^{3+}	V	P	COT
		g/kg				$cmol_c/kg$					%	mg/kg	g/kg
A	0-20	916	32	52	3,9	0,4	0,1	0,1	0,1	0,5	20	2,8	6,2
AB	20-80	866	22	112	3,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,8	13	2,0	3,2
BA	80-140	775	65	160	4,0	0,3	0,1	0,1	0,1	1,0	15	4,0	2,3
Bw	140-194+	717	42	242	4,0	0,3	0,1	0,1	0,1	1,0	17	2,2	2,2

Fonte: Silva, 2018.

Luvissolos

A ordem dos Luvissolos, antigamente identificada por “Bruno Não-Cálcico” ou “Podzólico”, são solos que possuem como horizonte diagnóstico o B textural, com distinção para a classe dos Argissolos pelo fato de sempre apresentar elevada saturação por bases (caráter eutrófico) e predomínio de argilas do tipo 2:1 que promovem elevada capacidade de troca catiônica (CTC) (Quadro 5). Os Luvissolos ocupam parte da região do Alto e Médio Oeste, presentes

principalmente nos municípios de Tenente Ananias, Marcelino Vieira, Itaú, Severiano Melo, Campo Grande e Triunfo Potiguar. Esta classe ocupa 16 % da área total da bacia (Quadro 8), estando associada basicamente a região de depressão sertaneja. A aptidão agrícola da classe é limitada pela demanda hídrica da região, tornando o solo mais apto para implantação de culturas mais resistentes ao período seco ou, até mesmo, uso com atividade de pecuária, comumente observa-se nestas áreas criação de caprinos (Figura 8).

Figura 8 - Atividade de caprinocultura no município de Upanema-RN.



Quadro 5 - Caracterização física e química de Luvissolo Crômico, localizado no município de Itaú

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Al^{3+}	V	P	COT
		g/kg				$cmol_c/kg$					%	mg/kg	g/kg
A	0-12	770	160	70	6,1	1,9	1,0	0,2	0,1	0,0	73	8,0	4,0
Bt1	12-23	610	140	250	5,0	2,6	1,1	0,2	0,1	0,7	59	<1,0	4,8
Bt2	23-42	420	22	360	5,1	6,5	3,7	0,2	0,1	0,7	81	<1,0	3,5
C	42-60	540	22	240	5,6	6,0	3,8	0,2	0,2	0,2	86	<1,0	2,3

Fonte: Brasil, 1971.

Neossolos

Tipicamente identificados por serem os solos menos desenvolvidos dentre todas as classes observadas no Brasil, os Neossolos surgem como principal indicador da menor intensidade de intemperismo em algumas áreas da bacia. Em

classificações anteriores eram chamados de “Regossolos”, “Litossolos”, “Solos Litólicos”, “Solos Aluviais” ou “Areias Quartzosas” e atualmente são subdivididos em função de distintas morfologias geradas exclusivamente pela ausência de um processo pedogenético específico. Ocorrem comumente na Bacia do Rio Apodi-Mossoró em áreas mais íngremes, como no entorno das formações serranas de Martins e Portalegre (Figura 9), por exemplo, além de áreas no início da região do Baixo Oeste, mais especificamente nos municípios de Olho d’Água do Borges, Caraúbas e Apodi. Os Neossolos representam 11,8 % da área total da bacia (Quadro 8) e possuem como principal característica física o predomínio da fração areia ao longo dos horizontes formados, classificando-os, quase sempre, como textura arenosa. Em relação as características químicas, há uma dependência direta da composição química do material rochoso o qual o solo foi originado. No quadro 6 observa-se a caracterização de um perfil de Neossolo Regolítico com reação ácida, pobre em bases trocáveis, em fósforo e matéria orgânica. A aptidão agrícola destes solos depende da profundidade efetiva do solo, sendo bastante observado o uso de tuberosas como mandioca e batata em áreas de textura muito arenosa e fruticultura nos Neossolos Quartzarênicos onde há manejo da fertirrigação. Devido à heterogeneidade dos atributos do solo, este pode apresentar potencialidades agrícolas de acordo a cada particularidade local. Contudo, a influência do lençol freático ocasiona temporariamente alagamento das áreas, com restrições a mecanização, o que limita o uso agrícola.

Quadro 6 - Caracterização física e química de Neossolo Regolítico, localizado no município de Apodi.

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Al^{3+}	V	P	COT
		g/kg				$cmol_c/kg$					%	mg/kg	g/kg
A	0-19	890	71	39	5,6	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0	31	8,4	5,9
C1	19-41	877	77	46	5,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	60	4,3	2,5
C2	41-62	781	113	106	4,1	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	17	4,3	2,7

Fonte: Silva, 2018.

Figura 9 - Produção agrícola em área de Neossolo Flúvico, município de Martins-RN.



Vertissolos, Gleissolos e Planossolos

Os Vertissolos, Gleissolos (antigamente chamados de Solonchaks) e Planossolos (Solonetz Solodizados) ocorrem na bacia do Rio Apodi-Mossoró em menor proporção, ocupando 4,6 % da área total da bacia (Quadro 8), porém não menos importante na abordagem sobre seus aspectos morfológicos, físicos e químicos. Os Planossolos são solos tipicamente menos desenvolvidos, produto de um processo intenso de migração de argila para a subsuperfície, e consequente formação do horizonte diagnóstico B plânico; já os Vertissolos, também inclusos nos "solos menos desenvolvidos", apresentam como principal característica diagnóstica a capacidade de expansão e contração de suas argilas, gerando a formação de fendas e superfícies de fricção, o que gera um aspecto de fendilhamento típico de algumas áreas da região semiárida (Figura 10). Em relação aos Gleissolos, sua pedogênese é marcada pelo hidromorfismo, com isto, sua ocorrência está associada a áreas depressionais (várzeas) ou com lençol freático mais superficial, seja por influência marinha, aluvial ou lacustre. Como diagnóstico é observada a formação do horizonte mineral subsuperficial Glei, com colorações acinzentadas e ausência ou quase ausência de estrutura. A caracterização física e química do Planossolo é marcada pelo incremento evidente de argila no horizonte Bt (Quadro 7), associada a riqueza química

evidenciada pela elevada saturação por bases, o que também é observado nos perfis de Vertissolo e Gleissolo, sendo neste último o destaque dado ao teor elevado de Na+. São as três classes de maior restrição ao uso agrícola, sendo marcadamente limitados por impedimentos físico-hídricos. Pode-se observar no município de Upanema a produção de milho em áreas de Vertissolos e em áreas de Gleissolos no município de Areia Branca a principal atividade observada são os reservatórios das salinas.

Figura 10 - Perfil de Vertissolo Háplico no Assentamento Hipólito, município de Mossoró-RN.



Quadro 7 - Caracterização física e química de Planossolo Nátrico (São Francisco do Oeste-RN), Vertissolo Háplico (Mossoró-RN) e Gleissolo Sálico (Mossoró-RN).

Hor.	Prof. (cm)	Areia	Silte	Argila	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Al^{3+}	V	P	COT
		g/kg				$cmol_c/kg$					%	mg/kg	g/kg
Planossolo Háplico													
A	0-3	434	465	101	4,9	1,9	2,1	0,2	0,1	0,0	78	9,0	16,5
AB	3-20	495	377	128	6,3	2,9	1,9	0,2	0,9	0,1	88	4,7	5,9
Bt	20-90	452	274	274	6,9	6,3	5,8	1,3	1,2	0,0	100	15,8	4,1
Vertissolo Háplico													
Ak	0-20	296	337	367	8,3	38,3	5,4	0,3	0,2	0,0	100	<1,0	9,3
Bvk1	20-50	472	247	281	8,4	36,2	9,0	0,1	0,3	0,0	100	<1,0	3,9
Bvk2	50-90	428	138	434	8,6	33,4	11,6	0,1	1,3	0,0	100	<1,0	3,1
Bvk3	90-125	156	388	456	8,7	35,5	11,4	0,1	2,0	0,0	100	<1,0	3,1
Gleissolo Sálico													
A	0-2	720	50	230	7,1	3,3	2,0	0,3	6,2	0,0	100	12,0	20,1
Cg1	2-30	860	20	120	7,5	1,2	1,9	0,1	4,2	0,0	100	2,0	2,6
Cg2	30-50+	780	90	130	7,7	1,8	0,9	0,2	0,5	0,0	100	2,0	2,8

Fontes: Ribeiro, 2016; Jacomine, 2015 e Brasil, 1971.

Quadro 8 - Áreas das classes de solos da Bacia do Rio Apodi-Mossoró

Classe de solo	Área (km^2)	%
Argissolo Vermelho-Amarelo	4225,293	30,57
Luvissolo Crômico	2217,129	16,03
Cambissolo Háplico	1866,175	13,49
Chernossolo Rêndzico	1758,557	12,71
Latossolo Vermelho-Amarelo	1308,316	9,46
Neossolo Regolítico	947,722	6,85
Neossolo Litólico	607,345	4,39
Vertissolo Ebânico	408,582	2,95
Gleissolo Sálico	228,885	1,65
Neossolo Flúvico	88,426	0,64
Planossolo Háplico	6,554	0,05
Água	148,024	1,07
Dunas	18,942	0,14
Total	**13.832,95**	**100,00**

Fonte: Carlos Júnior, 2016.

Considerações finais

As classes de solo que compõem a bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró são produto da interação de dois fatores de formação principais: geologia e geomorfologia, que somados a sutil variação climática ao longo de toda a bacia, formam solos com morfologias distintas. Há predomínio de Argissolos e Luvissolos na região do Alto Oeste, que são solos com aptidão agrícola variável, porém normalmente limitada pela susceptibilidade a processos erosivos. No

Médio Oeste, os Neossolos Litólicos e Regolíticos surgem como principais classes, associadas a Luvissolos Crômicos. Tais classes possuem como principal limitação ao uso agrícola o fato de serem solos mais pedregosos e rasos, reduzindo as opções para culturas de maior atuação do sistema radicular. Já na região do Baixo Oeste, inserida em parte da Chapada do Apodi, predominam os Cambissolos, Chernossolos e Latossolos. Esta é a região da bacia com maior potencial agrícola, pois são classes de solos que apresentam potencialidades de ordem física, química, morfológica e mineralógica. Os Cambissolos e Chernossolos apresentam-se eutróficos, com reação de neutra a básica e argilosos; já os Latossolos são mais pobres quimicamente, porém com excelente estrutura, porosidade e profundidade.

Referências

Araújo Filho, J. C.; Ribeiro, M. R.; Burgos, N. & Marques, F. A. Solos da Caatinga. In: Pedologia Solos dos Biomas Brasileiros. Eds. Curi, N.; Ker, J. C.; Novais, R. F.; Vidal-Torrado, P.; Schaefer, C. E. G. R. Viçosa: SBCS, 2017, 597p.

Brasil. Ministério da Agricultura, Divisão de Pesquisa Pedológica. Convênio de Mapeamento de Solos MA/DNPEA–SUDENE/DRN. Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte. Recife, 1971. 531p. (Boletim Técnico, 21).

Carlos Júnior, A. A. Mapeamento das áreas mecanizáveis da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró aplicando avaliação multicriterial. Mossoró: UFERSA, 2016, 87p. Dissertação de Mestrado.

Ribeiro, A. K. R. S. Atributos de solos sob sistemas de uso agropecuários na mesorregião do Oeste Potiguar – RN. Mossoró: UFERSA, 2016, 70p. Dissertação de Mestrado.

Silva, A. G. Caracterização e aptidão agrícola de solos representativos do Agropólo Mossoró-Assu. Mossoró: UFERSA, 2018, 74p. Dissertação de Mestrado.

Jacomine, P. K. T. et al. Guia de Excursão Pedológica – XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Natal: SBCS, 2015, 67 p.

CAPÍTULO 4

COBERTURA VEGETAL NA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ

Marco Antonio Diodato

Alfredo Marcelo Grigio

João Paulo Silva dos Santos

Kleisson Eduardo Ferreira da Silva

Wesley Kevin Souto do Vale

Introdução

O Bioma Caatinga, além de ser apontado como um dos mais críticos em termos de conservação da biodiversidade, é também considerado o mais insuficientemente estudado em relação a distribuição da sua atual cobertura vegetal, sobretudo no que se refere ao seu mapeamento no nível de mesodetalhes. Esse tipo de levantamento é fundamental para monitorar o uso e quantificar os remanescentes da vegetação e sua dinâmica. Além disso, as áreas conservadas de vegetação de caatinga, que possam estar com a qualidade ecológica, econômica e social comprometida, podem ser mapeadas e analisadas de uma forma integrada. Diante das considerações, o uso de mapas com o nível de mesodetalhes é uma ferramenta imprescindível para o planejamento ambiental, sobretudo para o controle e o manejo da biodiversidade da caatinga (CARVALHO, PINHEIRO JUNIOR, 2005).

Nesse contexto, considerando que o bioma sustenta a economia de grande parte do nordeste semiárido, principalmente no que se refere ao fornecimento de energia, atualmente poucos estudos têm sido realizados em relação ao estado e estoque atual da sua vegetação, mesmo o bioma sendo um dos mais afetados pela ação antrópica no Brasil.

A degradação da cobertura vegetal da caatinga não necessariamente se consolida apenas com o desmatamento total, mas também com o corte seletivo de espécies de interesse comercial. Atualmente, pode-se afirmar que áreas com cobertura vegetal não conduzem à ideia de áreas satisfatoriamente conservadas,

pois já é comum encontrar grandes regiões, com cobertura total do solo pelas copas, com poucas espécies vegetais, como a Jurema Preta (*Mimosa hostilis Benth*.) e o Marmeleiro (*Croton sonderianus*). Isso se traduz em pouca variabilidade, em termos de biodiversidade, assim como baixa biomassa. Destaca-se que essas espécies têm características de pioneiras e são as primeiras a se instalarem em áreas desmatadas, contudo, têm a peculiaridade de inibirem a sucessão ecológica.

Isto pode estar ocorrendo na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, situada na região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte. Essa região hidrográfica possui grande importância para o oeste potiguar pois as suas margens existem cidades com dinâmica econômica considerável como Mossoró, Apodi e Governador Dix-Sept Rosado. Além disso, parte da bacia hidrográfica alimenta a barragem de Santa Cruz que possui uma capacidade de quase 600 milhões de metros cúbicos. A região hidrográfica do rio Apodi-Mossoró tem uma extensão máxima de 220 km por, aproximadamente 80 km de largura (MAIA, BEZERRA, 2013). É a segunda maior do Estado, e a primeira bacia hidrográfica verdadeiramente potiguar.

Vale salientar que, segundo Justo et al. (2016), essa bacia, historicamente, teve (e ainda tem) grande destaque para o desenvolvimento econômico da região onde está localizada, o que reforça a necessidade de se conhecer mais sobre ela. Por ser responsável pelo abastecimento de água potável, assim como para outros usos menos nobres, reveste-se de grande valor estudar detalhadamente as suas características, principalmente da cobertura florestal, variável que permite que o fluxo da água seja mais estável e sustentável.

No caso da estimativa do potencial florestal da caatinga, os estudos atualmente existentes são poucos. O interesse em se conhecer a potencialidade florestal da caatinga traz consigo o ensejo de oportunizar esse tipo de floresta como parte ativa do desenvolvimento regional. Mas, não somente. Os órgãos públicos, nas três esferas administrativas, precisam determinar, além do tamanho, o estado florestal da caatinga para aplicar as determinações legais a que estão sujeitas. A medição da fitomassa é um bom parâmetro para tal finalidade. Contudo, a operacionalidade em grandes áreas só se faz possível através de produtos de sensoriamento remoto. Daí a necessidade de se conhecer os remanescentes florestais por medição indireta, isto é, através da estimativa da fitomassa com o uso de imagens de satélite.

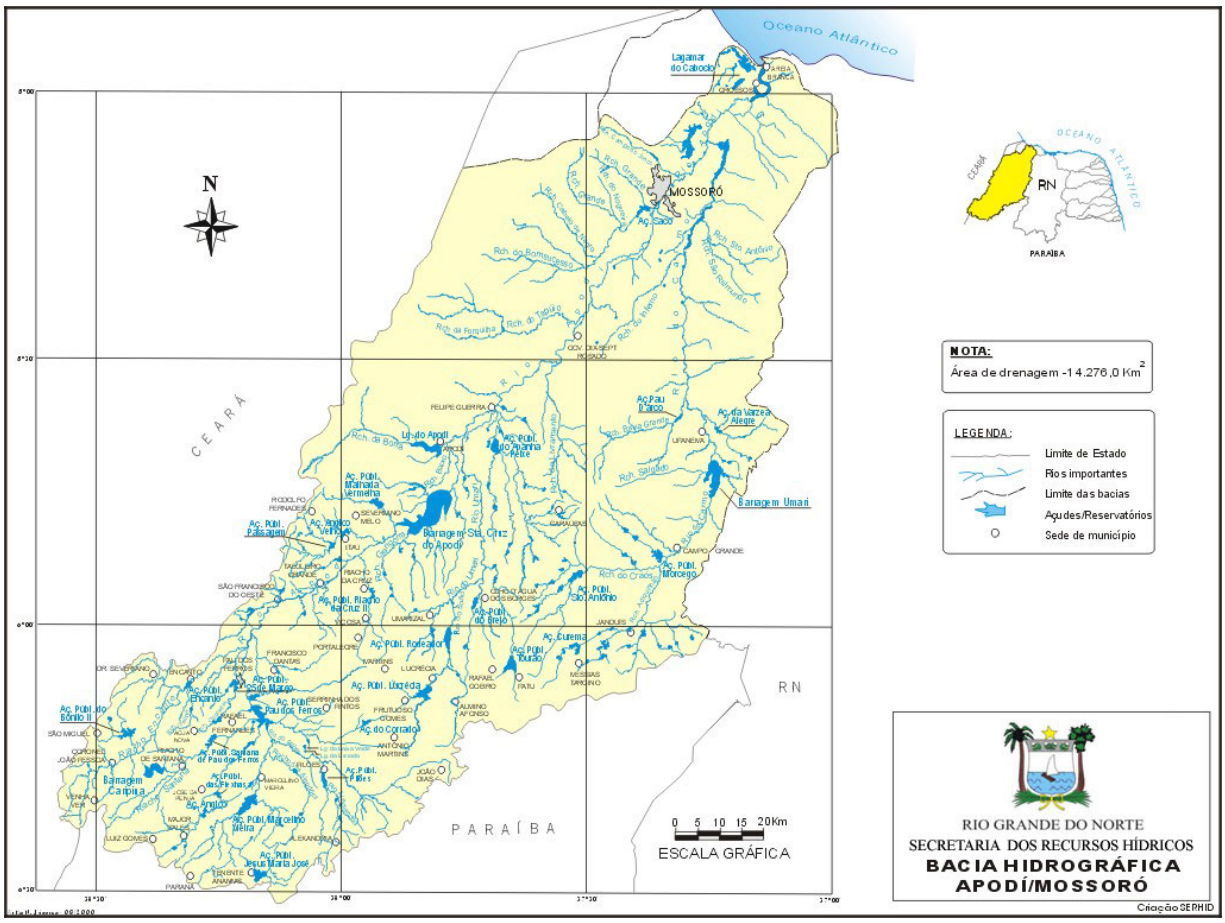
Sendo assim, o objetivo principal do trabalho é aumentar e consolidar estudos sobre a fitomassa do bioma Caatinga, particularmente da fitofisionomia da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, por meio do uso de produtos de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Metodologia

Área de estudo

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (Figura 01). Está localizada na região oeste do Rio Grande do Norte. As nascentes situam-se na porção SW deste estado, mais exatamente na porção NE da Serra de Pereiro entre 350 e 500 m de altitude (MAIA, BEZERRA, 2013).

Figura 1 - Bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN.


Oceano Atlântico
Lagamar do Caiuoco
MOSSORÓ
Ac. Caiçó
N
CEARÁ
PARAÍBA
RN
Barragem Umari
Barragem Sta. Cruz do Apodi
Barragem Carnaúba
Ac. Pública Mendubim
Ac. Pública Pataxagem
Ac. Pública Malhada Vermelha
Ac. Pública Lagoa Nova
Ac. Pública Pau Branco
Ac. Pública Várzea Alegre
Ac. Pública Marcelino
Ac. Pública São Antônio
Ac. Pública Riacho da Cruz II
Ac. Pública do Brejo
Ac. Pública Rafael
Ac. Pública Lagoa do Mato
Ac. Pública Encanto
Ac. Pública Bônito II
Ac. Pública Paulos Ferros
Ac. Pública Lagoa do Meio
Ac. Pública Lagoa do Paulo de Fernando
Ac. Pública Pilões
Ac. Pública Jesus Maria José
Ac. Pública Lagoa do Carmo
Ac. Pública Lagoa do Boi
Ac. Pública Lagoa do Mineiro
Ac. Pública Lagoa do Meio
Ac. Pública Lagoa do Paulo de Fernando

No que concerne à geologia, o sistema Apodi/Mossoró é dividido em duas regiões: a área do embasamento cristalino e a área da bacia sedimentar.

Do ponto de vista geológico, a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró engloba rochas pré-cambrianas em seu alto curso e mesozóicas (Sequência pós-rifte da Bacia Sedimentar Potiguar: Formação Jandaíra e Açu) e cenozóicas (Formação Barreiras e depósitos eólicos e aluvionares) relacionadas à Bacia Sedimentar Potiguar e registros sedimentares quaternários, fluviais e costeiros em seu baixo curso (MAIA, BEZERRA, 2012).

Depressão Sertaneja, Maciços Residuais, Planícies em Depósitos Mesozóicos e Cenozóicos e um Domo Anticlinal compõem os principais domínios geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Em seu alto curso ocorre a Depressão Sertaneja ocupando cerca de 63% do total da bacia hidrográfica. Esta depressão se estende até a base dos limites escarpados dos Depósitos Mesozóicos e situa-se entre os blocos soerguidos, sendo modelada no interior dos quais a rede de drenagem dos principais rios se instala. Sua morfologia atesta os pronunciados efeitos da erosão a que foi submetida, onde as repetidas remoções do manto de intemperismo, sobretudo no cenozóico, originaram a extensa superfície aplainada, partindo da base dos maciços residuais e individualizando-os (MAIA, BEZERRA, 2012).

A porção centro-norte da bacia é constituída pela Superfície Cárstica, que se caracteriza por ampla superfície pediplanada e, subordinadamente, por relevos tabulares pouco dissecados e pouco profundos. No extremo norte, junto à foz do rio Apodi, ocorre a Faixa Litorânea, representada por uma planície flúvio-marinha, ladeada pelos Tabuleiros Costeiros, superfície pediplanada, contígua à Superfície Cárstica (IGARN, 2019).

No Capítulo 1 - GEOMORFOLOGIA DO VALE DO RIO APODI-MOSSORÓ, a Figura 2 apresenta a geomorfologia, o clima e hidrografia da Região Oeste Potiguar, onde está inserida a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.

A vegetação na bacia hidrográfica corresponde, predominantemente, ao bioma da Caatinga. Ximenes et al. (2007), em mapa original cedido pelo IDEMA-RN, discrimina as seguintes formações vegetacionais: a) Caatinga hiperxerófila, b) Caatinga hiperxerófila incluindo floresta ciliar de carnaúba, c) Floresta ciliar de carnaúba incluindo caatinga hiperxerófila e formações halófilas, d) Floresta subcaducifólia, e) Formações halófilas e áreas sem vegetação (caatinga hiperxerófila e floresta ciliar de carnaúba), f) Floresta subcaducifólia incluindo cerrados ou não e formações florestais secundárias e g) Floresta caducifólia incluindo caatinga hipoxerófila e floresta subcaducifólia (Figura 2).

Figura 2 - Vistas parciais da vegetação da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.



Caatinga hiperxerófila. Período seco (agosto). São Francisco do Oeste (RN). Autor: Marcos Elias de Oliveira Júnior.



Caatinga hiperxerófila. Período chuvoso (fevereiro). Almino Afonso (RN). Autor: Marcos Elias de Oliveira Júnior.



Floresta ciliar de carnaúba. Período seco (outubro). Apodi (RN). Autor: Marco A. Diodato.



Floresta subcaducifólia. Período chuvoso (julho) Portalegre (RN). Autor: Marco A. Diodato.



Floresta subcaducifólia. Período seco Portalegre (RN). Pode-se observar o limite entre a vegetação caducifólia de caatinga e a vegetação subcaducifólia da serra, onde os fatores climáticos são mais amenos, portanto, desenvolve-se uma vegetação de porte arbóreo mais densa. Autor: Marco A. Diodato.



Floresta subcaducifólia. Período seco (dezembro) Martins (RN). No caso de Martins a subcaducifólia da vegetação é mais marcante quando comparada à vegetação de Portalegre. Autor: Marco A. Diodato.



Floresta caducifólia incluindo caatinga hipoxerófila e floresta subcaducifólia. São Miguel (RN). Autor: Rostand Medeiros.



Floresta caducifólia incluindo caatinga hipoxerófila e floresta subcaducifólia. Encanto (RN). Autor: Livio Victorius.

Aquisição e processamento das imagens de satélite.

Para a realização da pesquisa foram utilizadas imagens Landsat-8 sensor OLI, órbita 216/ponto 63 e órbita 216/ponto 64, referente a data de 10 de setembro de 2018. As imagens foram adquiridas junto à página web do Serviço Geológico

do Governo dos Estados Unidos (USGS, 2018). Destaca-se que a data das imagens corresponde à época de estiagem, isto é, o período sem chuva na região.

As imagens foram pré-processadas e processadas, digitalmente, no software livre QGis 2.18 versão "Las Palmas" (QGis Development Team, 2016). Foi adotado o sistema de coordenada / Datum: UTM zone 24S / SIRGAS 2000.

A primeira etapa do processamento das imagens consistiu nas correções geométrica, radiométrica e atmosférica e a segunda etapa está baseada na estimativa do SAVI.

A correção atmosférica, das imagens do LANDSAT 8, foi realizada por meio da Correção Atmosférica Simples (DOS1 - Dark Object Subtraction DOS1), presente no complemento SCP presentes no software livre QGis 2.18 (CONGEDO, 2016).

Para a estimativa do SAVI foi utilizada a calculadora Raster do software QGis. Para a renderização foram carregados os valores Min/Max, interpolação linear e modo contínuo.

Para a modelagem em 3D foi usado, no QGis, o plugin Qgis2threejs (versão 1.4.2). O Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia hidrográfica foi disponibilizado pelo Núcleo de Estudos Socioambientais e Territoriais (NESAT) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e para a camada superficial foi usado o mapa do índice SAVI. Para destacar melhor o relevo do terreno representado foi estabelecido um exagero vertical de 15 vezes.

Determinação do índice de vegetação ajustado ao solo - SAVI (Soil Ajusted Vegetation Index).

Para a caracterização dos dosséis da vegetação, a partir da variação de sua densidade e consequentemente dos valores biofísicos da vegetação, como os valores de reflectância, tem sido comum o uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI (SILVA, 2015).

Segundo Jensen (2009) o índice NDVI apresenta algumas limitações, as quais implicam nos resultados alcançados, tais como interferência devido a cor do solo e nos efeitos de umidade, motivo pelo qual desenvolveu-se, então, um índice que pudesse melhorar os valores de NDVI sem necessidades de medições em campo para cada área de análise.

O índice melhorado usa uma constante (L) como fator de ajuste para o substrato do dossel, isto é, o solo. Assim, o SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) envolve a adição da constante L ao denominador da equação do NDVI. Contudo, para manter a condição da equação NDVI (NDVI pode variar entre -1 e +1) é necessário a aplicação de um fator de multiplicação: 1 + L (HUETE, 1988).

Desta forma, o SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) se expressa a partir da Equação 1, onde ρnir é o fluxo radiante refletido no infravermelho próximo,

ρred é o fluxo radiante refletido no vermelho da região do visível e L é o fator de ajuste do solo (VIGANÓ et al., 2011).

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho nir - \rho red)}{\rho nir + \rho red + L} \quad \text{(Equação 1)}$$

A constante L, pode apresentar valores de 0 a 1, variando segundo a própria biomassa. Segundo Huete (1988) os valores ótimos de L são:

L = 1 (para baixas densidades de vegetação)

L = 0,5 (para médias densidades de vegetação)

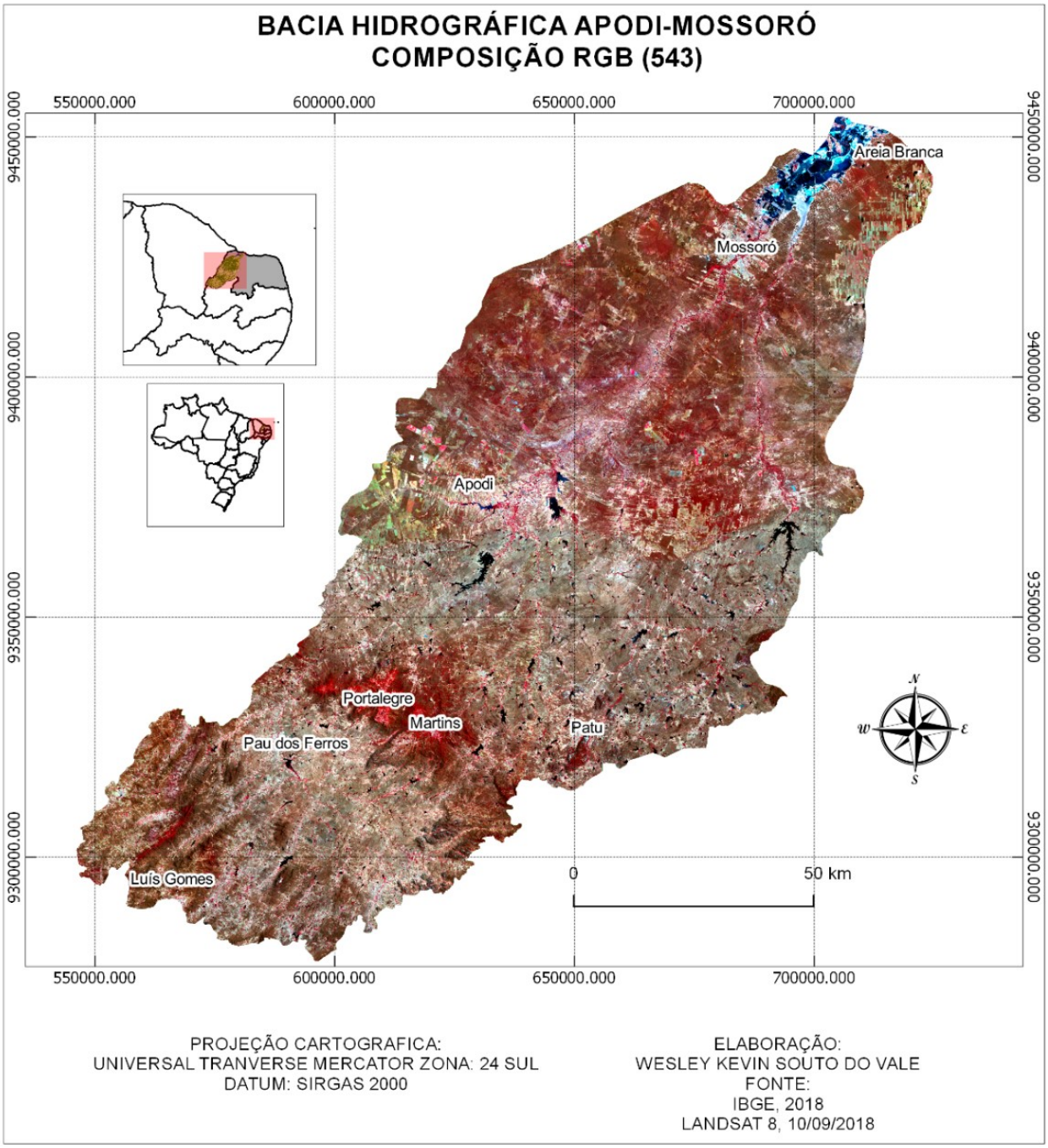
L = 0,25 (para altas densidades de vegetação)

Viganó et al. (2011) usaram o valor de 0,5 para a constante L do SAVI em área de caatinga, localizada na EMBRAPA Semiárido, em Petrolina-PE, por representar densidades médias de vegetação, como foi o caso da sua área de estudo, que não era densamente vegetada, porém nem tampouco escassa de vegetação. Portanto, para a estimativa do SAVI da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró foi usado o valor 0,5.

Resultados

A Figura 3 apresenta a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró em uma composição RGB-543. Essa composição apresenta variações entre os tons verdes a vermelhos, com destaque para as tonalidades que variam de azul a preta para a identificação de espelhos de água. A vegetação realça-se pela coloração em tons avermelhados, sendo mais escura quanto maior a sua densidade. Os tons mais claros de vermelho correspondem a vegetação mais rala. As áreas mais esbranquiçadas correspondem a solo exposto ou área urbana, como é o caso da cidade de Mossoró.

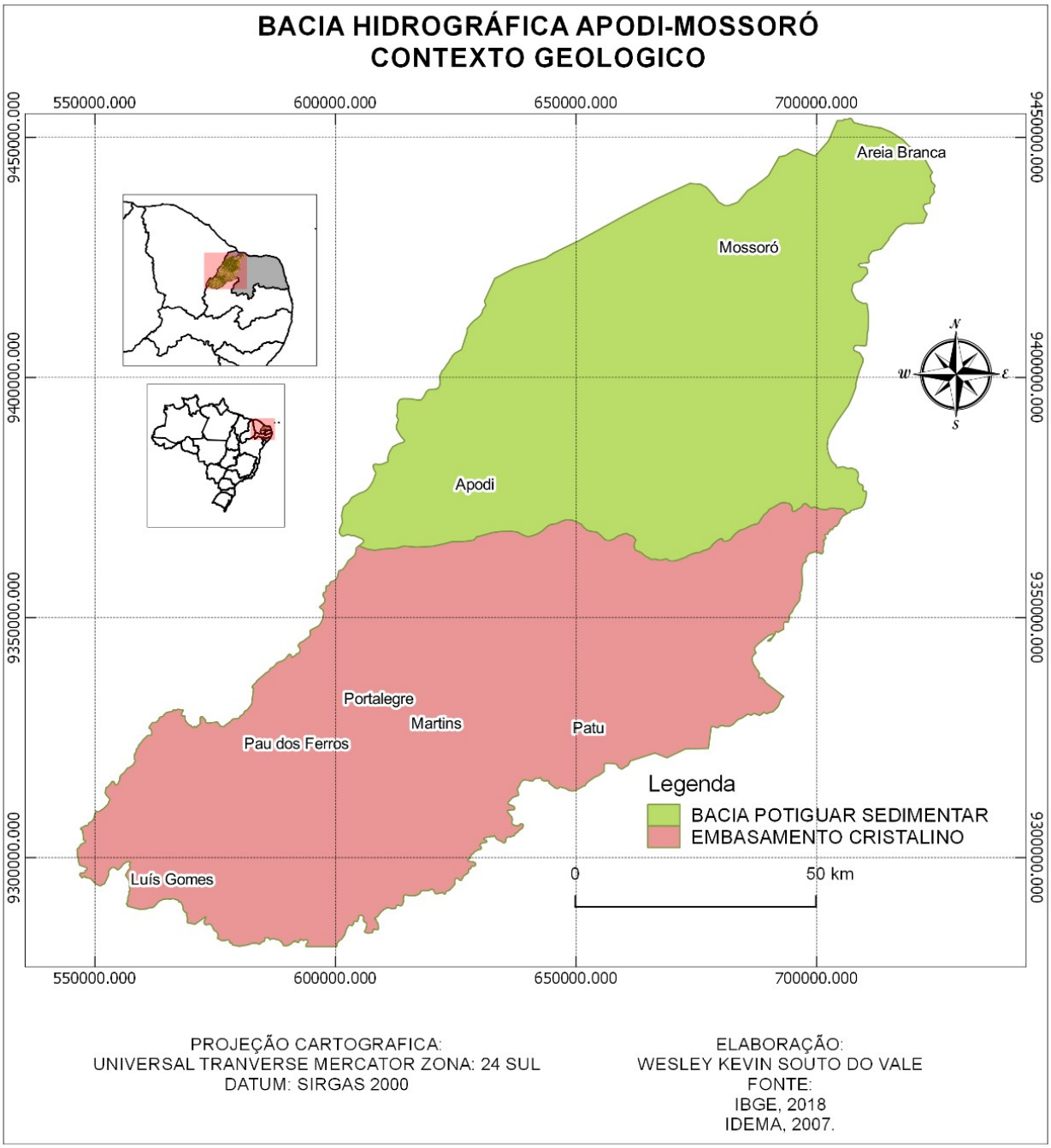
Figura 3 - Mapa da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN, composição RGB-543.



Fonte: Autores (2019).

Em uma análise mais geral, pode-se distinguir duas porções distintas na bacia; uma na parte inferior da bacia e a outra na parte superior. Essa divisão corresponde à geologia característica da região em pauta, a saber: o Embasamento Cristalino e a Bacia Potiguar Sedimentar (Figura 4).

Figura 4 - Divisão dos dois contextos geológicos da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN.



Fonte: Autores (2019).

Na área do Embasamento Cristalino, na sua região central, destaca-se, em vermelho mais intenso (Figura 3), a vegetação das Serras de Portalegre e Martins; e com menor área a vegetação das Serras de Patu, mais a leste, e a da Serra de Pereiros, ao sul da bacia. São áreas de maciços estruturais, caracterizados, principalmente pelo clima sub-úmido e, nos topos das serras, como no caso de Portalegre, por exemplo, com temperaturas mais amenas. Essas

elevações sobre a topografia aplainada da Depressão Sertaneja são áreas mais úmidas devido ao efeito orográfico que propicia maiores precipitações e a redução da temperatura. Isto proporciona condições privilegiadas, quanto à umidade do solo e do ar e à temperatura, para o desenvolvimento de uma vegetação com maior produção de biomassa vegetal e, como no caso de Portalegre, de vegetação de maior porte e biodiversidade.

Já, nas áreas mais baixas, a Depressão Sertaneja propriamente, a vegetação, na imagem, percebe-se de coloração marrom avermelhado, o que corresponde à vegetação de caatinga de menor porte e mais rala, em geral, bastante descaracterizadas.

Na área da Bacia Potiguar, do meio curso até a sua foz, fica mais evidente o canal principal do rio Apodi-Mossoró e a sua planície fluvial. Nessas áreas a vegetação é de uma caatinga mais desenvolvida, em termos de porte, contudo, por efeito das atividades antrópicas (extração vegetal e mineral, agricultura, pecuária, entre outros), favorecidas por ambiente propício e pelo solo razoavelmente fértil, quando comparado ao Embasamento Cristalino, encontra-se bastante descaracterizada, quando não totalmente ausente.

Todo esse cenário pode ser mais bem visualizado pelo Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) (Figura 5), principalmente, com bastante clareza, a densidade de vegetação e como está distribuída dentro da bacia hidrográfica. A legenda da figura mostra a escala dos valores do índice sendo que quanto maior o índice positivo maior a densidade vegetacional. Os índices negativos (tons azulados) representam áreas com água na sua superfície.

A cobertura vegetal mais marcante na bacia hidrográfica situa-se nas áreas das serras, na porção superior da bacia e, principalmente, em áreas da sua porção inferior, predominantemente sobre a bacia sedimentar potiguar, o que sugere que a vegetação responde a essa variável física atuante na bacia.

A vegetação predominante na bacia hidrográfica pode ser considerada do bioma Caatinga, no entanto, a vegetação das serras de Martins e Portalegre, segundo Bandeira (2017), podem ser caracterizadas pela tipologia de Floresta Atlântica Nordestina. A mesma autora, no seu trabalho de levantamento fitossociológico das florestas dessas serras, assevera que a maioria dos indivíduos identificados tem como domínio fitogeográfico em comum os biomas Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado e que, provavelmente, são de ambientes remanescentes de diversos biomas, possivelmente, pelo fator climático, isto é, clima mais ameno e maior pluviosidade do que o entorno (a depressão sertaneja), provocado pela altitude (Martins 745 m s.n.m e Portalegre 650 m s.n.m).

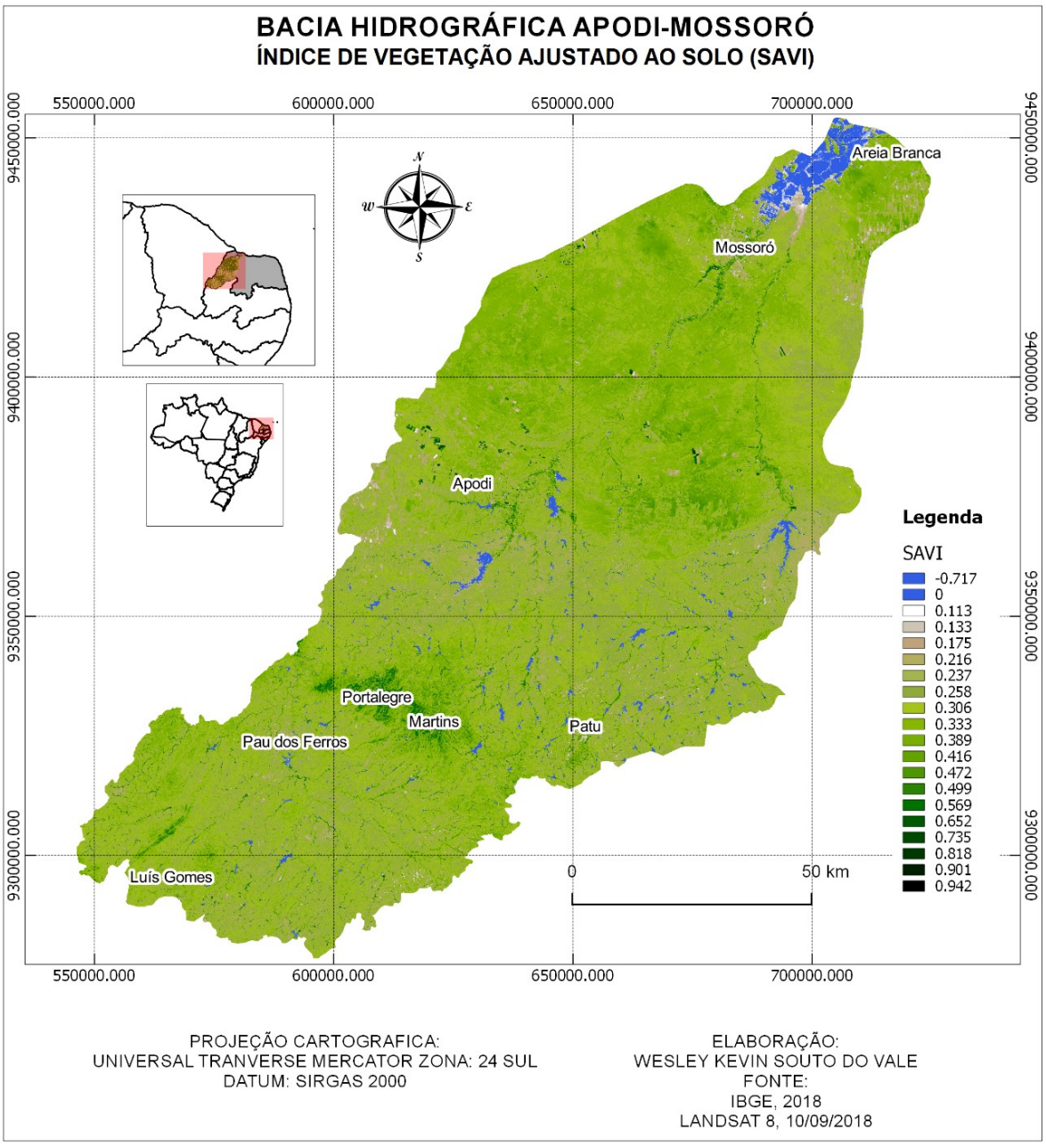
O índice elevado nas áreas ribeirinhas, sendo estes, em geral, intermitentes ou temporários, poderia ser considerado normal, devido à umidade do solo nesses compartimentos ambientais.

De forma geral, existe correlação da vegetação descrita na composição RGB (543) e o índice SAVI na bacia hidrográfica.

Para uma melhor visualização da cobertura vegetal na Figura 6 é apresentada a representação em três dimensões, na qual confirma-se que nas áreas de maior elevação, isto é, nas serras, e na área que está sobre a bacia potiguar apresenta maior densidade de cobertura vegetal.

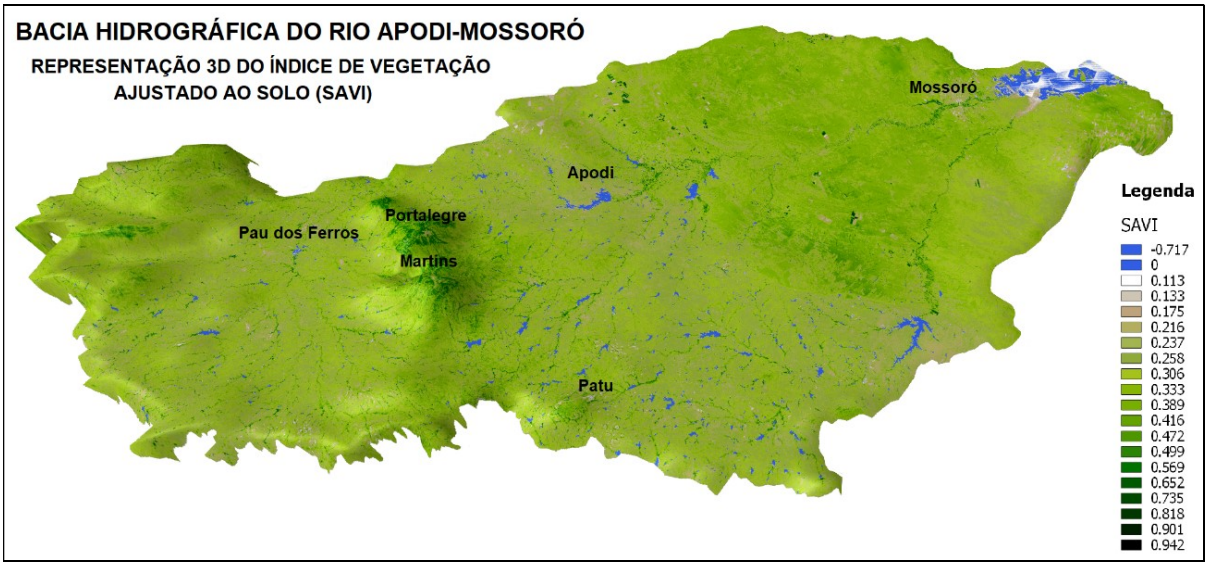
Nas áreas mais baixas da porção central da bacia a cobertura vegetal se apresenta principalmente acompanhando os cursos de água, locais que, por si só, são mais úmidos, mesmo estando em período seco.

Figura 5 - Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN.



Fonte: Autores (2019).

Figura 6 - Representação 3D do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN.



Fonte: Autores (2019).

Conclusões

O uso de produtos de sensores remotos e de técnicas de processamento digital de imagens, em conjunto com o sistema de informação geográfica, são eficientes para mostrar a cobertura vegetal de uma região. Com o uso do SAVI verificou-se que ele é um índice de vegetação eficaz para a estimativa da cobertura vegetal da caatinga.

Através da produção dos mapas em mesodetalhes foi possível verificar que as áreas serranas, na porção superior da bacia hidrográfica apresentam maior densidade de vegetação. Já na porção inferior da bacia, verificou-se que ainda existem áreas expressivas de remanescentes vegetacionais passíveis de conservação. Independente das variáveis antrópicas que influenciam na vegetação da bacia hidrográfica, pode-se perceber que, em maior escala, a vegetação responde às variáveis físicas atuantes na bacia.

Dessa forma, considerando o objetivo desse trabalho, foi possível visualizar de forma inteiriça a fitomassa do bioma caatinga existente na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoro utilizando produtos de sensoriamento remoto e um SIG. Portanto a metodologia desenvolvida para a criação dos mapas que demonstram a cobertura vegetal da região hidrográfica mostrou-se eficaz para a localidade delimitada. Dessa forma, espera-se que este estudo possa contribuir para o desenvolvimento de pesquisas sobre a fitomassa de outras áreas da caatinga com aspectos naturais equivalentes ou aproximadamente semelhantes.

Referências

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. DOI: http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1. 2016.

DANTAS, N. B. de L. Estudo fitossociológico em encraves florestais na região serrana dos municípios de Portalegre e Martins-RN. 2016. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ciências Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, 2016.

HUETE, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sensing of Environment. n.25, pg. 295-309. 1988.

IGARN - Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte. Bacia Apodi/Mossoró. Disponível em: http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/doc/DOC000000000028892.PDF. Acesso em: 25 fev. 2019.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p.

JUSTO, J. F. A.; SANTOS, W. L. A. dos; SOUZA, F. das C. S. A bacia do Rio Apodi-Mossoró (RN) como objeto de pesquisa em programas de pós-graduação. Revista Principia, João Pessoa, n. 31, p. 97-105, dez., 2016.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Geomorfologia e neotectônica da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró – NE/Brasil. Mercator, Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 209-228, jan./abr. 2012.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Tectônica pós-miocênica e controle estrutural de drenagem no rio Apodi-Mossoró, nordeste do Brasil. Bol. geogr., Maringá, v. 31, n. 2, p. 57-68, maio-ago., 2013.

MOURA, P. C. Caracterização física da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Evento: Integração das bacias hidrográficas do nordeste setentrional (ênfase no eixo norte) com a transposição do rio São Francisco. 2015. 16 p.

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. http://qgis.osgeo.org. Versão 2.18 Las Palmas, 2016.

SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. Bacia Hidrográfica Apodi/Mossoró. Disponível em: http://servicos.searh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cBaciaDetalhe.asp?CodigoEstadual=01. Acesso em: 25 fev. 2019.

SILVA, M. V. R. da; CHAVES, J. M.; VASCONCELOS, R. N. de; Duverger, S. G. Aplicação do índice de vegetação ajustado ao solo-SAVI para a identificação de fragmentos de caatinga em cultivos de Agave sisalana Perrine na região

Semiárida do Brasil. In.: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 17. 2015., João Pessoa-PB. Anais, João Pessoa: INPE, p. 5850-5857.

USGS. United States Geological Survey. Landsat 8 OLI (Operational LandImager). Disponível em: https://earthexplorer.usgs.gov/. 2018.

VIGANÓ, H. A.; BORGES. E. F.; FRANCA-ROCHA, W. DE J. S. Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 15., 2011. Curitiba, PR. Anais, Curitiba: INPE, p.1828-1834.

XIMENES, M. de F. F. de M. et al. Flebotomíneos (Diptera: Psychodidae) e leishmanioses no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil: reflexos do ambiente antrópico. Neotrop. Entomol., Londrina, v. 36, n. 1, p. 128-137, Feb. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2007000100016&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 Fev. 2019.

CAPÍTULO 5

ASPECTOS LIMNOLÓGICOS DE RESERVATÓRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Gustavo Henrique Gonzaga da Silva

Rodrigo Sávio Teixeira de Moura

Introdução

O barramento de rios pode ser considerado uma das principais interferências humanas nos ecossistemas aquáticos naturais. Os reservatórios de água possuem características intermediárias entre rios e lagos, sendo considerados sistemas de maior complexidade e de maior vulnerabilidade a perturbações em suas características físicas e químicas (TUNDISI, 2008). Estes ambientes desempenham funções importantes no desenvolvimento socioeconômico das regiões beneficiadas, sendo particularmente relevantes em países em desenvolvimento. Entre seus diversos usos podemos destacar: abastecimento de água, controle de enchentes, irrigação, turismo e geração de energia elétrica, tornando estes ambientes aquáticos os principais recursos hídricos para as populações humanas ao seu entorno (GUO et al., 2018; YAN et al., 2016).

Os reservatórios podem possuir gradientes verticais e horizontais, com um fluxo de água em direção à zona da lacustre. Ao longo do gradiente horizontal em direção à barragem, três compartimentos hipotéticos podem ser observados (zonas de rio, transição e lacustre), com características físicas, químicas e biológicas específicas. Entretanto, esta compartimentalização hipotética nem sempre é detectada em reservatórios do semiárido, devido aos seus reduzidos volumes e vazão e elevada retenção hídrica. De uma forma geral, a zona de influência fluvial se assemelha aos ambientes lóticos, ou seja, (i) bacia estreita e em forma de canal; (ii) elevada turbidez da água; (iii) renovação de água elevada; (iv) maiores concentrações de nutrientes. A zona de transição tende a possuir (i) bacia mais larga; (ii) menor renovação de água; (iii) turbidez

reduzida e (iv) maior zona eufótica que favorece a produção primária fitoplanctônica. Já a zona lacustre (próxima à barragem) tende a possuir (i) maior profundidade; (ii) velocidade e renovação da água reduzidas; (iii) baixa turbidez e (iv) características oligotróficas (TUNDISI, 2006; HENRY, 1999).

Já o gradiente vertical pode ser detectado quando ocorre o processo de estratificação térmica da coluna d´água dos reservatórios. Esta estratificação origina três camadas distintas: epilímnio, hipolímnio e metalímnio. O epilímnio é a camada superficial do corpo de água, que possui menor densidade e onde os processos de produção primária predominam. No metalímnio, encontra-se a termoclina, que pode ser considerada com a zona de transição entre a camada superficial (epilímnio) e a camada profunda (hipolímnio), em que ocorre uma rápida variação de temperatura em seu perfil vertical. O hipolímnio é a camada mais profunda, caracteriza-se por ter uma maior densidade, podendo se tornar anóxica durante o período de estratificação.

Entre os principais impactos negativos do represamento de rios podemos citar alterações na composição e abundância da fauna e da flora aquática, promovendo mudanças a jusante e a montante do local de barramento (WARD; STANFORD, 1983). Algumas espécies tendem a diminuir suas populações ou mesmo desaparecer, enquanto outras podem se proliferar de forma descontrolada, tais como macrófitas aquáticas flutuantes e algas. Estes ecossistemas são importantes habitats para diversos organismos aquáticos e os seus usos múltiplos podem acarretar mudanças no estado trófico (DENG et al., 2015; POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Em regiões semiáridas, a elevada relação entre a área da bacia de drenagem e a área dos reservatórios, as condições ambientais de secas prolongadas, períodos chuvosos irregulares, elevada evaporação e elevado tempo de retenção da água estão entre os principais causadores da eutrofização de reservatórios (JEPPESEN et al., 2015; SANTOS et al., 2016; THORNTON; RAST, 1993). Entre os impactos antrópicos um dos mais determinantes é o aumento no aporte de nutrientes, oriundos das atividades produtivas, como agropecuária e a aquicultura, além da poluição urbana (KHAN; PANIKKAR, 2009; BANERJEE et al., 2016). Neste contexto, se os usos múltiplos destes ambientes não forem gerenciados adequadamente, há um grande risco dos mesmos se deteriorarem, podendo gradualmente perder sua importância social e seus serviços ecossistêmicos.

Os reservatórios do semiárido brasileiro, também conhecidos por açudes, foram concebidos principalmente no intuito de acumularem água para abastecimento humano (doméstico, industrial e para agricultura), além de perenizar parte das bacias hidrográficas em que estão inseridos. Em sua maioria possuem um longo tempo de residência da água e uma vazão reduzida, que tendem a gerar um balanço hídrico negativo na maior parte do ano. Estes ambientes aquáticos tendem a concentrar uma maior carga de nutrientes em decorrência da elevada

evaporação e a consequente redução de seu volume em períodos intensos de estiagem. As maiores concentrações de nutrientes, principalmente de fosfatos, tendem a favorecer o aumento da produção primária, tornando estes ambientes mais vulneráveis a eutrofização, especialmente devido à proliferação de cianobactérias.

Atualmente há uma pressão para que os açudes nordestinos sejam utilizados na produção de peixes em tanques rede, sendo que os governos estaduais e federais vêm propondo políticas públicas para promoverem o crescimento e a expansão desta atividade, especialmente no que se refere à criação da espécie exótica tilápia-do-Nilo. Contudo, por ser uma atividade intensiva, este tipo de piscicultura depende de uma quantidade elevada de insumos, que podem causar impactos negativos, como por exemplo, a eutrofização artificial. O conhecimento destes impactos, das características do ecossistema aquático no qual a atividade está inserida e da legislação vigente, mais especificamente a Resolução Conama No 357, de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, devem nortear o quanto à produção pode ser incrementada sem comprometer os usos múltiplos do sistema aquático, visando o desenvolvimento de atividades sustentáveis.

Entre os principais impactos da piscicultura em açudes está o acúmulo de matéria orgânica, restos de ração não consumida e as excretas dos animais cultivados (MOURA et al, 2014). Estes materiais se concentram próximos aos tanques-rede, alterando as características da coluna d'água e do sedimento, sendo que em ambientes com longo tempo de residência, como os açudes do semiárido, os impactos podem ser mais intensos e se estender por uma área maior. Além de alterações físicas e químicas, a atividade de piscicultura em tanques rede pode contribuir para a diminuição da biodiversidade (DINIZ; MELO-JÚNIOR, 2017; RAMOS et al., 2013).

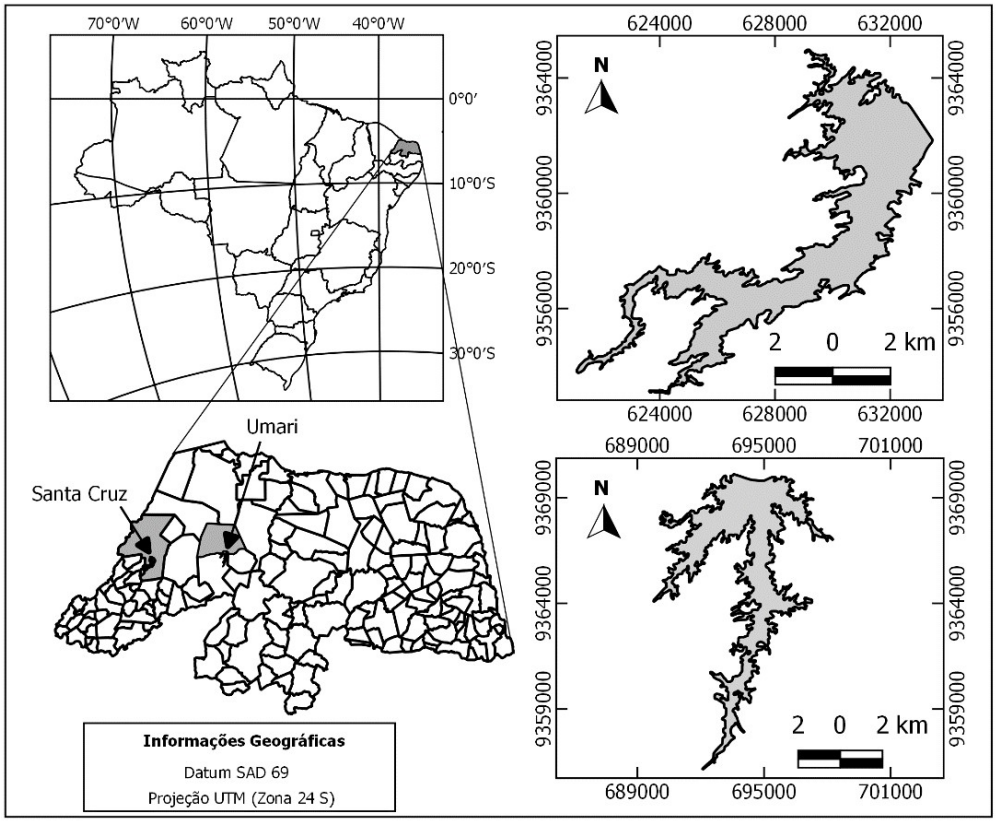
A pressão sobre os reservatórios do semiárido nordestino aumenta ainda mais com a ocorrência de eventos climáticos extremos devido às secas prolongadas (COSTA et al., 2019; SILVA et al., 2018). Neste contexto, o processo de eutrofização destes ambientes aquáticos pode ser intensificado com o aumento da temperatura e da ocorrência de secas extremas, especialmente naqueles reservatórios submetidos às atividades de piscicultura intensiva em tanques-rede, uma vez que o aporte de nutrientes da atividade, em conjunto com mudanças climáticas, podem ocasionar a perda da qualidade de água e restringir os usos múltiplos destes ambientes. Este cenário é especialmente preocupante uma vez que, atualmente, o semiárido brasileiro atravessa a pior seca dos últimos 30 anos (LEITE et al, 2019; ROCHA-JÚNIOR et al., 2018). Nestas regiões os impactos do aquecimento global sobre os reservatórios podem ter abrangência ecossistêmicas, alterando as concentrações de nutrientes na coluna d'água e provocando alterações na estrutura e no funcionamento nas comunidades aquáticas. Caso estes ambientes não sejam manejados

adequadamente e seus usos não sejam regulados, há uma grande chance de se tornarem gradativamente mais eutróficos.

Área de estudo

Os resultados e conclusões apresentados neste capítulo estão relacionados aos dois principais reservatórios da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró, Santa Cruz (Apodi) e Umari (Upanema), localizados no semiárido brasileiro, no estado do Rio Grande do Norte (Figura 1). Estes reservatórios possuem potencial para irrigação, captação de água, pesca e criação de peixes em tanques-rede. Ambos estão em regiões com condições edafoclimáticas de semiaridez com clima predominante BSw'h', segundo classificação de Koppen, caracterizando um clima quente e semiárido com temperatura média anual de 28,5 ºC (mínima de 22 ºC e máxima de 35 ºC). O reservatório Santa Cruz tem capacidade de acumular 600 milhões de metros cúbicos de água e possui uma bacia hidrográfica de 4264 km^2, enquanto Umari pode acumular até 292 milhões de metros cúbicos e possui uma bacia hidrográfica de 1533 km^2. Atualmente, os dois reservatórios possuem atividades de criação de tilápia-do-Nilo em tanques-rede e de pesca artesanal (LOPES et al., 2017) (Figura 1).

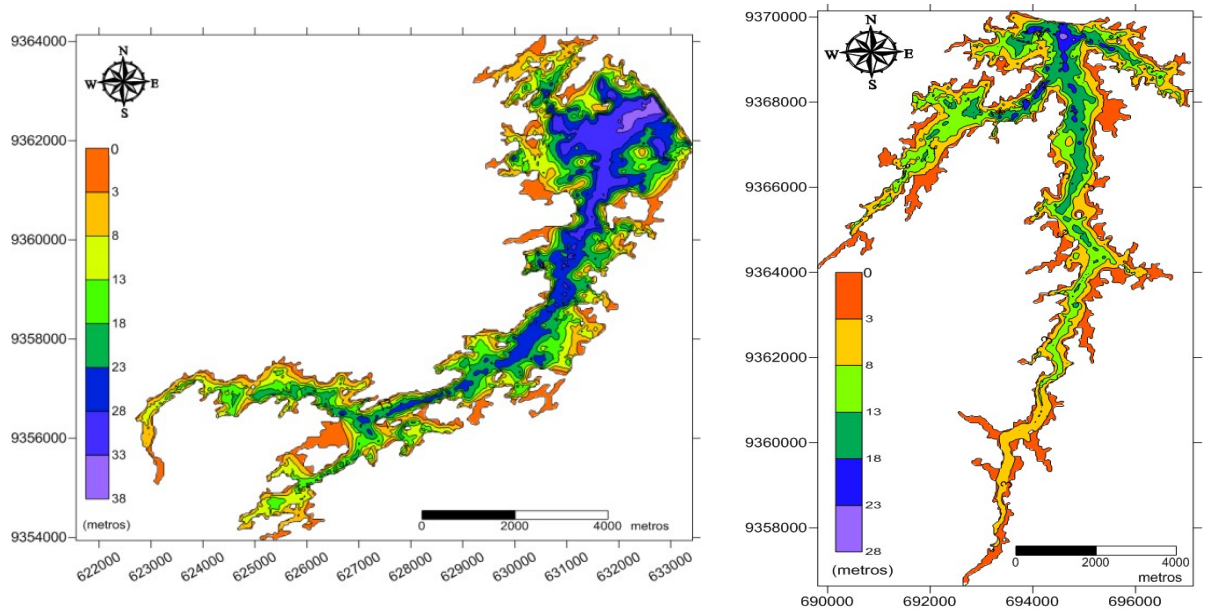
Figura 1 - Área de estudo, com destaque para os reservatórios de Santa Cruz (a) e Umari (b) localizados no estado do Rio Grande do Norte, semiárido brasileiro (MOURA, 2018).



Características físicas e químicas

Em estudos batimétricos realizados em dezembro de 2012 por Moura et al (2015) foi constatado que o reservatório Santa Cruz possuía maior profundidade junto à barragem (± 38 metros), com a sua zona lacustre com profundidades menores (entre 23 e 33 metros). A maioria das baías e reentrâncias apresentou profundidade até oito metros. O braço secundário foi relativamente raso, com profundidades entre três e 13 metros. Uma pequena porção do reservatório, próximo à área de influência do rio Apodi/Mossoró, apresentou profundidades menores que três metros. Já o relevo batimétrico do reservatório Umari evidenciou uma porção mais profunda localizada junto à barragem (± 28 metros). As profundidades maiores que 18 metros ocorreram na zona lacustre do reservatório, em regiões próximas à barragem. Os braços secundários foram relativamente rasos, com profundidades variando entre três e 13 metros, sendo que a maioria das baías e reentrâncias, juntamente com várias áreas do braço principal do reservatório, apresentaram profundidades de até três metros, principalmente quando o canal se aproxima da área de influência do rio Carmo (Figura 2).

Figura 2 - Mapas batimétricos dos reservatórios Santa Cruz (a) e Umari (RN). Equidistância entre curvas: 400 m. Fonte: Moura et al. (2015).



Em Santa Cruz, Santos (2014) constatou, nos anos de 2012 e 2013, uma zona fluvial reduzida e uma zona lacustre ocupando a maior parte do reservatório, não sendo identificada uma zona de transição. Uma reduzida área da zona de influência fluvial permaneceu classificada como eutrófica ao longo do período estudado, enquanto que o restante do reservatório esteve variando entre mesotrófico e oligotrófico. A maior área desse reservatório foi classificada como oligotrófica, independentemente dos meses de coleta. As variáveis limnológicas analisadas estiveram com concentrações médias ao longo do estudo dentro do limite da Classe I - Águas Doces conforme a resolução n° 357/2005 – CONAMA,

salvo as concentrações de P-total nos meses de maio e novembro de 2012 e fevereiro/2013 que registraram concentrações enquadradas na Classe II. Dentro desse limite, o reservatório Santa Cruz apresentou condições para o abastecimento humano, irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, aquicultura, pesca, proteção das comunidades aquáticas e recreação de contato primário (CONAMA, 2005).

No reservatório de Umari, o mesmo autor constatou que a maior parte do açude foi classificada como oligotrófica entre 2012 e 2013. Apenas as regiões localizadas próximas ao rio Carmo e riacho Salgado, na zona fluvial, tenderam a permanecer mesotróficas. Pode-se constatar em Umari uma zona lacustre distribuída pela maior área do reservatório e uma zona de influência fluvial reduzida aos seus dois afluentes (rio Carmo e riacho Salgado). De acordo com a resolução de nº 357/05 do CONAMA, as variáveis limnológicas analisadas permitiram classificar Umari dentro do limite da Classe I - Águas Doces. Segundo essa classificação, esse reservatório encontrava-se habilitado para o abastecimento humano após tratamento simplificado; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças e frutíferas que são consumidas cruas; proteção de comunidades aquáticas; dentre outras.

Comunidades aquáticas

Fitoplâncton: Silva & Costa (2015), em estudo realizado no reservatório de Santa Cruz no período de outubro de 2011 a maio de 2012, constaram que as espécies dominantes de Cyanobacteria foram: Aphanocapsa delicatissima; Aphanizomenon gracile; Microcystis wesenbergii, enquanto que entre os Bacillariophyceae as espécies abundantes foram Aulacoseira granulata; Nitzschia acicularis; Cyclotella ocellata. Já, entre as Chlorophyceae as espécies dominantes e abundantes foram, respectivamente, Botryococcus braunii e Oocystis lacustris. As cianobactérias encontradas em reservatórios do semiárido podem produzir toxinas, especialmente a espécie Microcystis wesenbergii que é potencialmente tóxica quando em densidades elevadas.

Macrófitas Aquáticas: Em ambos os reservatórios foram identificadas um total de sete espécies de macrófitas aquáticas pertencentes a quatro famílias (Onagraceae, Salvinaceae, Characeae, Ceratophyllaceae, Hidrocharitaceae e Potamogetonaceae). As plantas aquáticas encontradas em Santa Cruz foram: Ludwigia peploides, Salvinia auriculata, Chara indica, Potamogeton pusillus, Ceratophyllum demersum e Egeria densa. No reservatório Umari as espécies presentes foram Salvinia auriculata, Chara zeylanica e E.densa. Em Santa Cruz as macrófitas submersas C. indica e E. densa foram as mais frequentes, enquanto que em Umari foram E. densa e C. zeylanica (HENRY-SILVA et al., 2010; HENRY-SILVA et al., 2014; MEDEIROS, 2016). Considerando que os dois reservatórios

foram classificados como mesotróficos, isso pode responder a baixa ocorrência de espécies emersas e flutuantes e predomínio de espécies submersas.

Macroinvertebrados bentônicos: Nos reservatórios de Santa Cruz e Umari foram encontradas espécies de Pomacea (Molusca), Biomphalaria (Molusca), Chironomidae (Insecta), Decapoda (Crustacea), Melanoides (Molusca), Odonata (Insecta), Oligochaeta (Annelida). Em ambos os reservatórios constatou-se a grande predominância do gastrópode Melanoides tuberculatus. Esta espécie é exótica e altamente competidora que pode ameaçar a biodiversidade nestes ambientes aquáticos. Medeiros & Henry-Silva (2017) constaram que a maior densidade média do molusco M. tuberculata no reservatório de Santa Cruz foi encontrada nos bancos das plantas aquáticas submersas de C. indica (9729,6 ind.m-^{2}) e E. densa (2279,3 ind.m-^{2}), enquanto que a menor densidade foi encontrada sobre os sedimentos em área do reservatório sem plantas aquáticas (455,8 ind.m-^{2}).

Peixes: A ictiofauna da Caatinga é, atualmente, composta de 386 espécies, sendo 371 consideradas nativas de água doce, 203 endêmica às ecorregiões hidrográficas onde ocorre a Caatinga e 15 introduzidos de outras bacias (Lima, et al, 2017). Estudo da ictiofauna realizado no reservatório de Umari entre fevereiro de novembro de 2013 por Oliveira et al (2018) identificaram 14 espécies distribuídas em nove famílias e três ordens: Curimatella lepidura (Saguirú), Prochilodus brevis, Astyanax bimaculatus (Lambari de Rabo Amarelo), Moenkhausia dichroura (piaba de Rabo Preto), Triportheus signatus (Sardinha), Leporinus piau (Piau Três Pintas), Hoplias gr. malabaricus (Traíra). Plagioscion squamosissimu (Corvina), Cichla monoculus (Tucunaré), Crencichla menezesi, Oreochromis niloticus (Tilápia), Astronotus ocellatus (Acará/Apaiari), Hypostomus pusarum (Cascudo) e Trachelyopterus galeatus (Bagre/Cachorrinho-de-padre), sendo que as mais abundantes foram o Lambari de Rabo Amarelo, a Piaba de Rabo Preto e o Bagre/Cachorrinho-de-padre. Já, no reservatório de Santa Cruz, Oliveira et al. (2014) identificaram 19 espécies distribuídas em nove famílias e três ordens: Curimatella lepidura (Saguirú), Astyanax bimaculatus (Lambari do Rabo Amarelo/Tambiú), Triportheus signatus (Sardinha), Moenkhausia dichroura (Piaba do Rabo Preto), Leporinus piau (Piau Três Pintas), Hoplias gr. malabaricus (Traíra), Loricariichthys platymetopon (Cascudo/Chinelo), Hypostomus pusarum (Cascudo), Trachelyopterus galeatus (Bagre/Cachorrinho-de-padre), Cichla monoculus (Tucunaré) e Plagioscion squamosissimus (Corvina), sendo que as mais abundantes foram o Saguirú, o Cascudo e a Sardinha. Novaes et al (2015) constataram que no açude de Santa Cruz, cinco tipos de pescados foram os mais desembarcados, sendo as espécies introduzidas as mais importantes: tucunaré (Cichla monoculus; 6.142,40 kg), tilápia (Oreochromis niloticus; 1.634,95 kg), pescada (Plagioscion squamosissimus; 1.491,10 kg), curimatã (Prochilodus brevis; 567,05 kg) e piau (Leporinus piau; 423,55 kg). Traíra (Hoplias malabaricus) e cangati (Trachelyopterus galeatus).

Piscicultura em tanques rede

Os reservatórios desempenham funções importantes no desenvolvimento socioeconômico local, sendo particularmente relevantes em países em desenvolvimento. Entre seus diversos usos a criação de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) em tanques-rede é um dos que mais cresce, principalmente para sustentar a demanda crescente por pescado. No semiárido brasileiro, onde a maioria dos reservatórios está em condições eutróficas ou hipereutróficas, a aquicultura é mais uma pressão de eutrofização, colocando em risco suas funções ecológicas. Por outro lado, as atividades de aquicultura auxiliam no desenvolvimento econômico através da geração de empregos e renda para a população, sendo uma importante alternativa produtiva para s populações ribeirinhas (LOPES et al., 2017).

Estima-se que da ração ofertada, uma média de 30% é diretamente perdida para o ambiente aquático e podem ser liberados até 14 Kg de fósforo e 45 Kg de nitrogênio para o ambiente aquático para a produção de uma tonelada de tilápia (MONTANHINI NETO; OSTRENSKY, 2015). Relatos de cultivos intensivos de tilápia em tanques-rede em regiões tropicais semiáridas indicam que até 37% da ração aplicada na criação de tilápia em gaiolas não é consumida pelos peixes cultivados, sendo perdida para o ambiente (MOLISANI et al., 2015). Assim, a diminuição da qualidade de água em diversos reservatórios está principalmente relacionada com a quantidade de matéria orgânica proveniente da produção de peixes em tanques-rede nestes ambientes (MOURA et al, 2016; XIA et al., 2016). Em regiões áridas e semiáridas os impactos podem ser ainda maiores, uma vez que durante épocas de seca, com um volume menor do reservatório o aporte de nutrientes e matéria orgânica da piscicultura possui maior potencial de deterioração da qualidade de água.

Moura (2018) avaliou a capacidade suporte para a criação de tilápia-do-Nilo (Oreochromis niloticus) em tanques-rede nos reservatórios de Santa Cruz e Umari (Bacia do Rio Apodi/Mossoró), submetidos a um período de seca intensa. A capacidade suporte foi estimada através da modelagem do balanço de massa de fósforo e da estimativa da capacidade de assimilação deste nutriente. Foi assumido que a piscicultura era somente uma das fontes de fósforo para os reservatórios e considerado um cenário de aumento das concentrações de fósforo total na água de 5 ug.L-1. O autor conclui que a piscicultura em Umari poderia produzir até 500 t.ano-1 de tilápias em tanques-rede, considerando um aumento de 5 ug.L-1 nas concentrações de fósforo na coluna d´água. Já o reservatório Santa Cruz, por possuir concentrações de fósforo superiores a 30 ug.L-1 não deveria receber atividades de piscicultura, segundo a legislação vigente (Resolução CONAMA, 357).

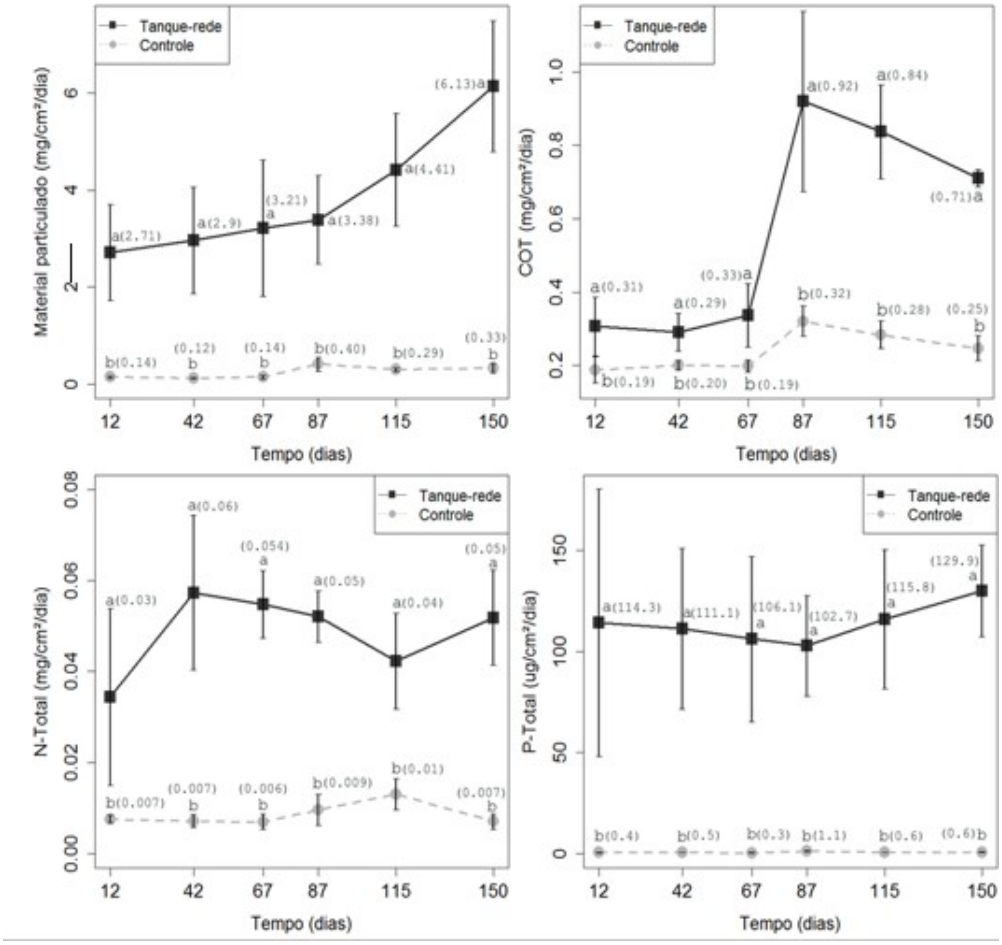
Cacho (2017), ao avaliar a sedimentação de nutrientes e material particulado no reservatório de Umari, submetido à piscicultura de tilápia do Nilo em tanques-rede, concluiu que a atividade aumentou as taxas de sedimentação de material

particulado e de nutrientes (nitrogênio, fósforo e carbono), com diferenças significativas entre as variáveis analisadas na região do cultivo em relação à região controle (área do reservatório localizada a 200 metros dos tanques-rede). O autor constatou também que estas alterações foram pontuais no reservatório de Umari, ou seja, restritas a área da piscicultura, visto que as taxas naturais de sedimentação de material particulado e de nutrientes na região controle foram reduzidas e estáveis durante todo o experimento, independentemente dos aumentos da biomassa da tilápia do Nilo e da ração fornecida.

Moura et al. (2014) avaliando as taxas de sedimentação de nutrientes e material particulado no açude de Santa Cruz também constataram que nos locais que havia a atividade de piscicultura em tanques redes a sedimentação de nutrientes e matéria orgânica foi significativamente maior do que em região afastada do cultivo (400 metros). A sedimentação de P-Total, por exemplo, foi 100 vezes maior na área de piscicultura do que a sedimentação natural do açude (Figura 3).

Moura et al. (2016), ao avaliarem a sustentabilidade do sistema de cultivo em tanques-rede desenvolvido no reservatório de Santa Cruz, aplicando um conjunto de 49 indicadores ambientais, econômicos e sociais verificaram o sistema de cultivo foi viável economicamente, gerando lucro e distribuindo renda. Ambientalmente, o sistema foi dependente de insumos, em especial os nutrientes nitrogênio e fósforo e energia, além de elevar a sedimentação de nutrientes no reservatório. Na dimensão social o empreendimento empregou pouca mão-de-obra. A modelagem incluindo indicadores ambientais, econômicos e sociais revelou que a piscicultura realizada nos moldes familiares no açude de Santa Cruz foi potencialmente sustentável. No entanto, Cacho (2017), utilizando os mesmos indicadores de sustentabilidade, constatou que os sistemas de criação de tilápia do Nilo em tanques-rede no açude de Umari não foram sustentáveis economicamente, inviabilizando a atividade no reservatório nos moldes empresariais (cooperativa de empresários).

Figura 3 - Valores médios e desvios padrão das taxas de sedimentação de material particulado, carbono orgânico total, nitrogênio total e fósforo total no açude de Santa Cruz – RN (MOURA et al, 2014).



Conclusão

É importante ressaltar que a maioria dos reservatórios do semiárido brasileiro está submetida a grande amplitude de variação de seu volume de água, em decorrência de períodos prolongados de baixa precipitação (< 700 mm/ano), além de não apresentarem grandes volumes. Esta condição climática de poucas chuvas vem ocorrendo nos últimos anos no semiárido brasileiro. No final ano de 2016, cerca de 70% dos reservatórios do estado do Rio Grande do Norte com capacidade de acumulação de água acima de 5.000.000 m3 estavam praticamente secos (< 1 % do volume total), sendo que Umari, no início de 2016, estava com apenas 18% do seu volume total, chegando ao início de 2017 com apenas 8,8%. Em decorrência deste fato, a criação de peixes em tanques-rede neste reservatório teve que ser suspensa. Neste contexto, além dos indicadores econômicos, sociais e ambientais, também as características hidrológicas dos açudes do semiárido devem ser considerados, pois variações constantes do nível de água destes ambientes aquáticos podem reduzir drasticamente a sustentabilidade da atividade de pisicultura em tanques-rede.

Referências

BANERJEE, A. et al. Trophic relationships and ecosystem functioning of Bakreswar Reservoir, India. Ecological Informatics, v. 36, p. 50–60, nov. 2016.

CACHO, J. C. S. O cultivo de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) em tanques rede em reservatório do semiárido brasileiro é sustentável economicamente, socialmente e ambientalmente? Dissertação—Mossoró-RN: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2017.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma. gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2013.

COSTA, M.R.A.; MENEZES, R.F.; SARMENTO, H.M.; ATTAYDE, J.L.; STERNBERG, L.S.L.; BECKER,V. . Extreme drought favors potential mixotrophic organisms in tropical semi-arid reservoirs. Hydrobiologia, v. 831, p. 43-54, 2019.

DENG, L. et al. Application of Ecopath model on trophic interactions and energy flows of impounded Manwan reservoir ecosystem in Lancang River, southwest China. Journal of Freshwater Ecology, v. 30, n. 2, p. 281–297, 3 abr. 2015.

DINIZ, L. P.; MELO-JÚNIOR, M. D. Can nearby eutrophic reservoirs sustain a differentiated biodiversity of planktonic microcrustaceans in a tropical semiarid basin? Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 89, n. 4, p. 2771–2783, dez. 2017.

GUO, J. et al. The establishment of season-specific eutrophication assessment standards for a water-supply reservoir located in Northeast China based on chlorophyll-a levels. Ecological Indicators, v. 85, p. 11–20, fev. 2018.

HENRY, R. Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FAPESP, FUNDIBIO, 1999.

HENRY-SILVA, G.G.; MOURA, R.S.T.; DANTAS, L.L.O. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. Acta Limnologica Brasiliensia, v.22, p.147 - 156, 2010.

HENRY-SILVA, G.G; RODRIGUES, R.S.; MOURA, R.S.T.; LOPES, Y.V.A. First record of Potamogetonaceae for the state of Rio Grande do Norte, Brazil. Brazilian Journal of Biology, v.74, p.1007 - 1009, 2014.

JEPPESEN, E. et al. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. Hydrobiologia, v. 750, n. 1, p. 201–227, maio 2015.

KHAN, M. F.; PANIKKAR, P. Assessment of impacts of invasive fishes on the food web structure and ecosystem properties of a tropical reservoir in India. Ecological Modelling, v. 220, p. 2281–2290, 2009.

LEITE, J.N.C.; BECKER, V. Impacts of drying and reflooding on water quality of a tropical semi-arid reservoir during an extended drought event. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 31, p. 10-15, 2019.

LIMA, S.M.Q.; RAMOS, T.P.A.; SILVA, M.J.; SOUZA, R.R. Diversity, Distribution, and Conservation of the Caatinga Fishes: Advances and Challenges. In: Silva J.; Leal I.; Tabarelli M. (Org.). Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America. 1ed.: Springer International Publishing, 2017, p. 97-131.

LOPES, F.M; CARVALHO, A.R.; VILASSANTE, S.; HENRY-SILVA, G.G. Unravelling key determinants of livelihoods in the Brazilian semi-arid region. Aquaculture Research, p. 1-11, 2017.

MEDEIROS, E.L; HENRY-SILVA, G.G. Evaluation of the feeding preference between the aquatic macrophytes Egeria densa and Chara indica by the invasive mollusk Melanoides tuberculata. Brazilian Journal of Biology, vol. 77, no. 2, pp. 234-239.

MEDEIROS, T.M. Avaliação Espacial e Temporal das Assembleias de Macrófitas Aquáticas nos Reservatórios de Santa Cruz e Umari, Semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. 2016. Curso (Ecologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

MOLISANI, M. M. et al. Relative effects of nutrient emission from intensive cage aquaculture on the semiarid reservoir water quality. Environmental Monitoring and Assessment, v. 187, n. 11, nov. 2015.

MONTANHINI NETO, R.; OSTRENSKY, A. Nutrient load estimation in the waste of Nile tilápia Oreochromis niloticus (L.) reared in cages in tropical climate conditions. Aquaculture Research, v. 46, p. 1309–1322, 2015.

MOURA, R. S. T. Modelagem ecossistêmica de reservatórios do semiárido brasileiro e determinação da capacidade suporte da criação de tilápia-do-Nilo em tanques-rede. Tese—Mossoró-RN: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2018.

MOURA, R. S. T. et al. Parâmetros morfométricos dos reservatórios Santa Cruz e Umari, semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. Boletim do Instituto de Pesca, v. 41, n. 2, p. 355–363, 2015.

MOURA, R. S. T.; VALENTI, W. C.; HENRY-SILVA, G. G. Sustainability of Nile tilapia net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region. Ecological Indicators, v. 66, p. 574–582, jul. 2016.

MOURA, R.S.T.; LOPES, Y.V. A.; HENRY-SILVA, G.G. Sedimentation of nutrients and particulate matter in a reservoir supporting aquaculture activities in the semi-arid region of Rio Grande do Norte. Química Nova, v. 37, n. 8, p. 1283–1288, 2014.

NOVAES, J. L. C.; FREIRE, A. E.; AMORIM, R.; COSTA, R. Diagnostico da pesca artesanal em um reservatório do semiárido brasileiro. Boletim do Instituto de Pesca, v. 41, p. 31–42, 2015.

OLIVEIRA, J.C.D, OLIVEIRA, J.F, REBOUÇAS, L.G.F.; NOVAES, J.L.C; PERETTI, D. Does the oscillation of the water volume of the reservoir influence in the same way in fish diet? Acta Limnologica Brasiliensia, 2018, vol. 30, e104

OLIVEIRA, D. L.; DE SOUZA, V. C. B.; FRAGOSO JR, C. R. Análise Hidrológica da Cheia Excepcional Ocorrida em Junho de 2010 nas Bacias dos Rios Mundaú e Paraíba do Meio em Alagoas e Pernambuco. 2014.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Macrófitas aquáticas e perifíton. Aspectos ecológicos e metodológicos. Ed. Rima, 2003.

RAMOS, I. P. et al. Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. Aquaculture, v. 414–415, p. 56–62, nov. 2013.

ROCHA JUNIOR, C.A.N.; Costa, M.R.A.; MENEZES, R.F.; ATTAYDE, J.L.; BECKER, V. Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 30, p. e106, 2018.

SANTOS, R.V. Variabilidade Espacial e Temporal das Características Limnológicas dos Reservatórios Santa Cruz e Umari, Semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. 2014. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

SANTOS, J. A. et al. Hydrochemistry and trophic state change in a large reservoir in the Brazilian northeast region under intense drought conditions. Journal of Limnology, 22 ago. 2016.

SILVA, A. P. C.; COSTA, I. A. S. Biomonitoring ecological status of two reservoirs of the Brazilian semi-arid using phytoplankton assemblages (Q index). Acta Limnologica Brasiliensia, v. 27, n. 1, p. 1-14, 2015.

SILVA, H.C.D.; ARAUJO, F.O.; BECKER, V. Phosphorus dynamics in the water of tropical semiarid reservoirs in a prolonged drought period. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 30, p. e105, 2018.

THORNTON, J. A.; RAST, W. A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. In: Comparative reservoir limnology and water quality management. The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1993

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Limnologia. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

TUNDISI, J. G. et al. Limnologia de Águas Interiores: Impactos, Conservação e Recuperação de Ecossistemas Aquáticos. In: Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Gestão. 3. ed. [s.l.] Escrituras, 2006.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. The serial discontinuity concept in lotic ecosystems. In: FONTAINE, T. D.; BARTHEL, S. M. (Eds.). Dynamic of lotic ecosystems. Michigan: Ann. Arbor. Scien., 1983. p. 347-356.

XIA, L. et al. Spatial variation in the ecological relationships among the components of Beijing's carbon metabolic system. Science of The Total Environment, v. 544, p. 103–113, fev. 2016.

YAN, H. et al. Water eutrophication evaluation based on rough set and petri nets: A case study in Xiangxi-River, Three Gorges Reservoir. Ecological Indicators, v. 69, p. 463–472, out. 2016.

CAPÍTULO 6

ASPECTOS NATURAIS DA ZONA ESTUARINA DO RIO APODI-MOSSORÓ (RN)

Diógenes Félix da Silva Costa

Diego Emanoel Moreira da Silva

David Hélio Miranda de Medeiros

Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes

Renato de Medeiros Rocha

Introdução

Os estuários são importantes ecossistemas aquáticos costeiros, caracterizados pela ocorrência da mistura de água doce, proveniente da drenagem continental na bacia hidrográfica, com água salgada do oceano (PRITCHARD, 1967). O Estado do Rio Grande do Norte, situado no Nordeste do Brasil, apresenta estuários com características geoambientais bastante específicas, a exemplo da existência de grandes áreas com relevo plano e clima semiárido (DE MEDEIROS ROCHA, 2011; COSTA, 2013).

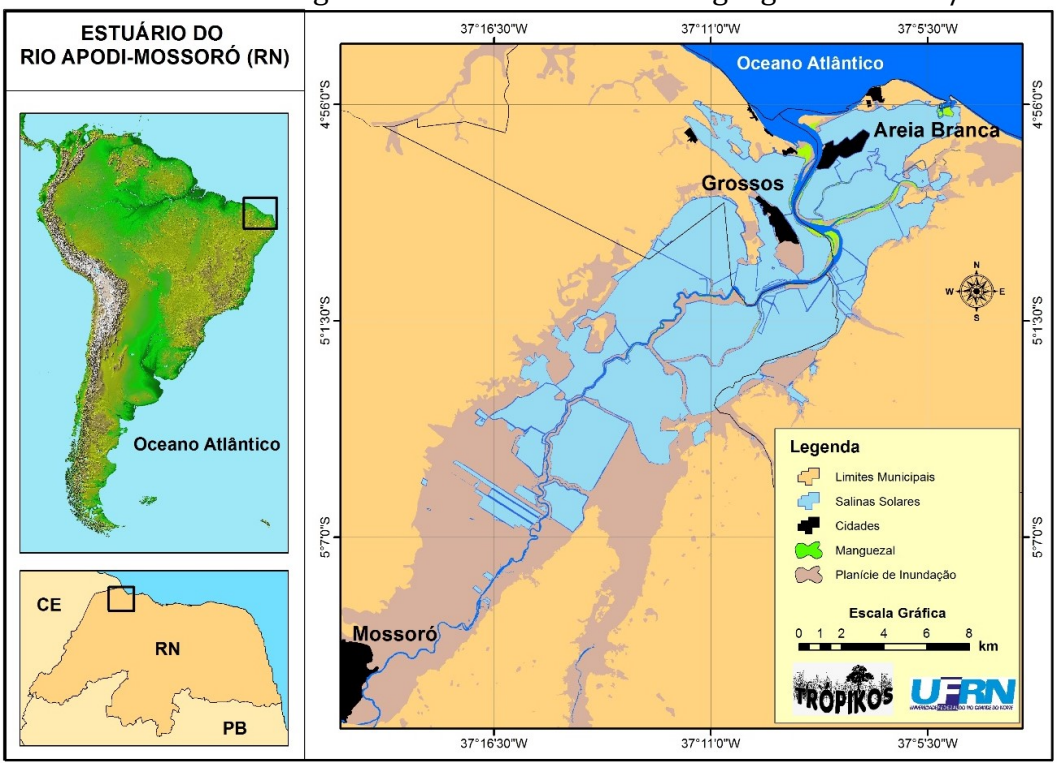
A combinação dessas condicionantes naturais possibilitou o desenvolvimento da extração de sal marinho em larga escala nos estuários do Rio Apodi-Mossoró, Piranhas-Açu e Galinhos-Guamaré, tornando a atividade salineira uma parte significativa da economia do Rio Grande do Norte, com produção anual de cinco a seis milhões de toneladas de sal, e 70 mil empregos gerados, direta ou indiretamente (DE MEDEIROS ROCHA, 2011; SIESAL, 2013).

Considerando-se estas zonas como de relevante importância econômica, onde as salinas solares representam um item estratégico na pauta mineral-industrial no âmbito nacional, evidencia-se a necessidade de se destacar os aspectos geoambientais que estão associados e que permitem a hegemonia e atual configuração dos parques salineiros do Rio Grande do Norte. Nestes termos, este capítulo apresenta uma síntese da zona estuarina do Rio Apodi-Mossoró (trecho final da Bacia Hidrográfica do mesmo nome), destacando aspectos da Geografia Física e da atividade de produção de sal marinho por evaporação solar.

Caracterização ambiental

A zona estuarina do Rio Apodi-Mossoró corresponde aos trechos de planície de inundação flúvio-marinha, ocupando uma área de aproximadamente 368 km^2. Esta zona é submetida a um regime de marés semidiurnas, com inundações sazonais de mesomarés com alturas até 3,80 metros e com a formação de gradiente salino de aproximadamente 40 quilômetros de extensão em direção ao interior do continente (COSTA, 2010), estando inserida nos municípios de Mossoró/RN, Grossos/RN e Areia Branca/RN (Figuras 1 a 3).

Figura 1 – Localização da zona estuarina do Rio Apodi-Mossoró (RN). Fonte – Elaborado pelo autor com base no acervo cartográfico do Laboratório de Biogeografia – UFRN/CERES.

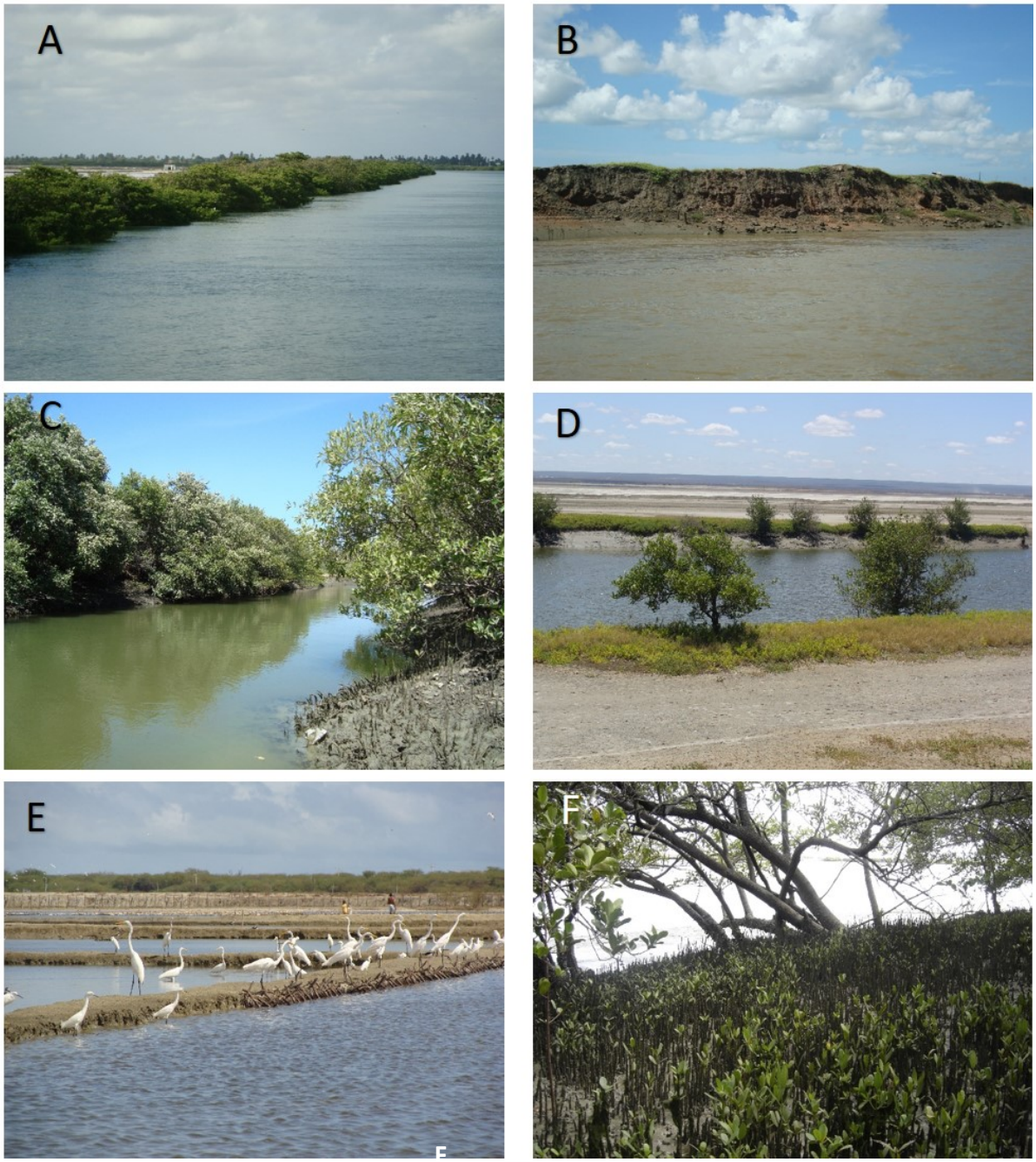


Estas extensas planícies estão submetidas a um sinergismo de macroaspectos ambientais, dominada pelas oscilações da Zona de Convergência Intertropical, correspondente à zona de colisão entre as massas de ar úmidas do hemisfério norte e do hemisfério sul, responsáveis pelas estações chuvosa e seca (ROCHA et al., 2011), onde o período chuvoso inclui os meses de fevereiro, março e abril, e a estação seca entre maio e janeiro (EMPARN, 2011). O clima dessa região é semiárido, tipo BSw´h´ seco e muito quente (segundo a classificação de KÖPPEN), cuja pluviosidade média anual (< 1,250 mm/ano^{-1}) é inferior a evapotranspiração potencial da região (1.500 – l.600 mm/ano^1) (COSTA et al., 2014a).

Esses fatores naturais associados com as construções de barramentos no leito do Rio Apodi-Mossoró e canais tributários determinam em baixos influxos de águas continentais para os litorais durante boa parte do ano (período de

estiagem anual - 5 a 6 meses). Portanto, evidencia-se o condicionamento dos valores de salinidade superiores 40gL^{-1} no estuário acima e ambientes costeiros associados (VALLE-LEVINSON; SCHETTINI, 2016; MEDEIROS et al., 2018b), caracterizando este sistema como hipersalino, e assim favorecendo a atividade salineira com a captação de uma água já com elevada concentração de sais (DE MEDEIROS ROCHA, 2011; COSTA et al., 2014b).

Figura 2 – Mosaico fotográfico das paisagens no estuário do Rio Apodi-Mossoró (A – Vista panorâmica do estuário em Areia Branca-RN; B – Talude de salina erodido devido a ausência da vegetação de mangue; C – Canal de maré (gamboa) com vegetação de mangue nas margens; D – Vista panorâmica das margens no final do estuário; E – Presença de avifauna aquática nas salinas; F – Plântulas de mangue entre as raízes aéreas (pneumatóforos).



Fonte: Imagens de Diógenes F.S. Costa (DGC/CERES/UFRN)

Figura 3 – Mosaico fotográfico das paisagens no estuário do Rio Apodi-Mossoró (A – Estocagem do sal em uma salina mecanizada em Areia Branca-RN; B – Estocagem do sal em uma salina artesanal em Grossos-RN; C – Canal de maré (gamboa) com vegetação de mangue nas margens; D – Casa de pescadores nas margens do estuário; E – Pesca artesanal no estuário; F – Vista parcial do cais de Areia Branca-RN.



Fonte: Imagens de Diógenes F.S. Costa (DGC/CERES/UFRN)

Considerando-se os fatores climático-oceanográficos, ao longo das margens do estuário têm-se a ocorrência de planícies hipersalinas, as quais são zonas de supramaré essencialmente de baixo aporte de sedimentos, com altas taxas de evaporação e formação natural de crostas de sais (evaporitos/rochas sedimentares químicas), semelhante aos ambientes hipersalinos denominados

de "sabkhas", descritos no Oriente Médio (CURTIS et al., 1963; KENDALL, 1984; KENDALL; HARWOOD, 1996; AL-FARRAJ, 2005; PAUL; LOKIER, 2017) e no norte da África (ATTIA, 2013; CHENCHOUNI, 2017).

Esses ambientes estão situados em uma cota topográfica entre 0 a 2 metros em relação ao nível das águas estuarinas. São propensos a inundações periódicas e deposição evaporítica, dominada por carbonatos, halitas e/ou sulfatos, podendo ocorrer em zonas interiores ou costeiras do estuário, sendo comuns em áreas costeiras de regiões áridas com topografia plana (EVANS, 1970; AL FARRAJ, 2005).

Estas áreas são vestígios de assoreamento (natural) de antigas planícies estuarinas em níveis mais elevados, caracterizadas principalmente por sedimentos argilo-arenosos não consolidados, sobretudo os depósitos ocorridos em períodos de amplas enchentes anuais (marés de sizígia e cheia fluvial), gerando solos extremamente salinos da subordem Gleissolo sálico (COSTA et al., 2014c). Atualmente, a planície hipersalina (*sabkha*, *saltflat*, deserto salino) ocupa uma área remanescente de aproximadamente 58 km^2 (COSTA, 2010), uma vez que a maior parte desta planície foi ocupada pelas salinas.

Adaptações florísticas às condições ambientais

Em virtude das características acima mencionadas, verifica-se que a zona estuarina do Rio Apodi-Mossoró apresenta uma flora com influência flúvio-marinha (manguezal e campos salinos) (IBGE, 2012). A vegetação de manguezal é constituída por espécies lenhosas, adaptadas às condições específicas e limitantes desse ambiente, como elevada salinidade, substrato não consolidado e pouco oxigenado e frequente submersão pelas marés (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Além do ecossistema de manguezal, têm-se a ocorrência de dois ecossistemas bastante característicos: o salgado e o apicum. Quando se verifica a ocorrência da planície hipersalina na transição entre o ambiente flúvio-marinho com ecossistema de manguezal seguida de um gradiente de baixa elevação topográfica (20-30 cm) em substrato argiloso, têm-se a formação de uma zona ecotonal chamada de salgado, na qual verifica-se a ocorrência de uma comunidade vegetal halófila herbácea (campo salino).

Nesta comunidade, têm-se apenas populações com poucos indivíduos arbustivos (< 2m) de *Avicennia germinans* (L.) L./ACANTHACEAE (mangue preto), única espécie que suporta elevados teores de salinidade, associada com um denso estrato herbáceo de pirrixiu/campo salino (IBGE, 2012) (e.g. *Sesuvium portulacastrum* (L.) L./AIZOACEAE, *Blutaparon portulacoides* (St-hil). Mears/AMARANTHACEAE, *Salicornia* spp./AMARANTHACEAE e *Batis maritima* L./BATACEAE.

Em sequência sucessional, ainda em ambiente sedimentar argiloso porém em cota topográfica acima do manguezal e do salgado, têm-se o ecossistema de apicum, no qual o elevado teor de salinidade superficial, derivado da inundação sazonal nas preamares (COSTA et al., 2014c), permite a ocorrência de apenas espécies herbáceas halófitas nas pequenas depressões, nas quais a água fique acumulada por um período de tempo superior ao da dinâmica das marés.

Em termos fitogeográficos, verifica-se na desembocadura/foz do estuário que a transição entre a planície de infra-maré e a de intermaré é ocupada por uma densa população herbácea de *Spartina alterniflora* Loisel/POACEAE, seguida pelo manguezal arbustivo-arbóreo com as seguintes espécies: *Rhizophora mangle* L./RHIZOPHORACEAE (mangue vermelho ou mangue sapateiro), mais próximo a margem do estuário e a *Avicennia schauerianna* Stapf & Leechm. Ex Moldenke (mangue siriúba), *A.germinans* (L.) L./ACANTHACEAE (mangue preto) e *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn/COMBRETACEAE (mangue amarelo) formando o bosque de interior.

A vegetação de mangue está localizada apenas junto às margens do estuário, em uma formação de franja. De acordo com as características da vegetação, identificam-se três setores de ocorrência do manguezal no estuário (*Setor A* – foz, *Setor B* - intermediário e *Setor C* – montante do estuário), os quais apresentam relação estreita com a salinidade (COSTA et al., 2014b).

O Setor A compreende a área de maior proporção de ecossistema de manguezais no estuário, se estendendo desde a foz até ~10 km estuário acima. De acordo com Medeiros et al. (2018a), a maior presença dos manguezais ocorre nas margens convexas do canal principal, diante da maior tendência para depósitos dos sedimentos em função da menor velocidade de corrente nas margens. O desenvolvimento da vegetação de mangue ainda é facilitado pelos níveis de salinidade das águas (VALLE-LEVINSON; SCHETINNI, 2016; MEDEIROS et al., 2018b) e dos sedimentos inferiores a 50 (COSTA et al., 2014b; MEDEIROS, 2018a).

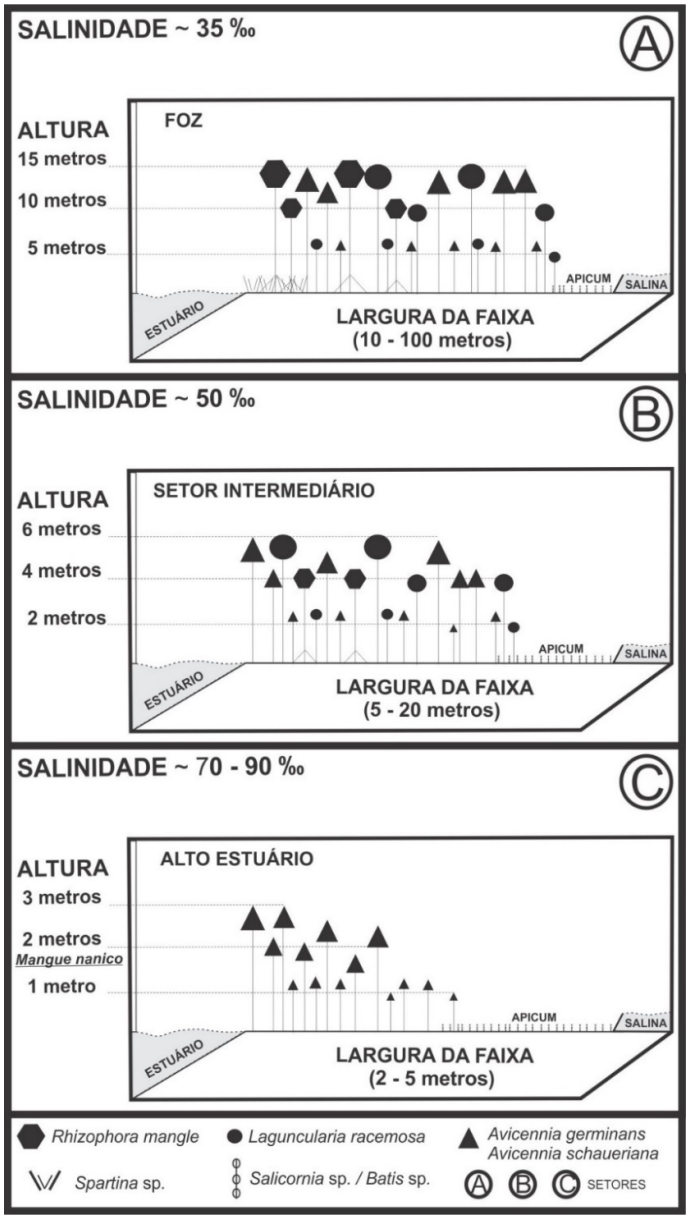
A elevada hipersalinização a partir do Setor B em direção ao estuário acima, torna-se a principal condicionante edafo-sedimentológica para o baixo desenvolvimento do manguezal e domínio de um ambiente de apicuns/salgados, com desenvolvimento pontual de vegetais halófitos, caracterizados por herbáceas (COSTA et al., 2014b; MEDEIROS, 2018a). O *Setor B* vai de 10 km a 30 km estuário acima, onde a salinidade média é 50. E, por fim, o *Setor C*, de aproximadamente 10 km de extensão, com salinidade variando entre 70 e 90.

Até cerca de 12 km à montante desde a foz, observa-se a presença das quatro espécies de mangue acima listadas, sendo *Rhizophora mangle* restrita apenas a este setor. À medida que se adentra mais para o interior do estuário, a espécie *Laguncularia racemosa* se distribui desde a foz até 24 km estuário acima, assim

como a *Avicennia schaueriana* ocorre desde a foz até 28 km. Considerada uma espécie mais adaptada a elevada salinidade, a *A. germinans* é a espécie com maior amplitude de distribuição, ocorrendo desde a foz até cerca de 35 km à montante nas proximidades da Barragem Passagem de Pedras, Mossoró/RN (Figura 4).

Em termos de largura da faixa de manguezal, o Setor A apresenta as maiores e mais extensas áreas, variando desde espaços reduzidos com apenas 10 m, até faixas com 100 m de largura. Já o Setor B, com largura da faixa de vegetação entre 05 e 20 m, é caracterizado por uma redução drástica da área ocupada por essa vegetação. Por fim, o Setor C apresenta apenas estreitas e interruptas faixas de 01 a 05 m de largura.

Figura 4 – Estrutura da vegetação de mangue e espécies constituintes ao longo do estuário Apodi-Mossoró (RN): (A) foz, (B) médio estuário e (C) alto estuário. Fonte – Costa et al. (2014b).



Atividade Salineira

As salinas do Rio Grande do Norte são responsáveis por 97% do sal marinho produzido e exportado no país, influenciando diretamente nas economias locais e regionais através a geração de empregos e pagamento de impostos (DE MEDEIROS ROCHA et al., 2009; COSTA et al., 2015a). Considerando o modo de exploração e colheita do sal, as salinas solares brasileiras são divididas em duas categorias: artesanais (manuais) e mecanizadas (Figuras 5 e 6) (DE MEDEIROS ROCHA, 2011).

Figura 5 - Salina artesanal com a colheita manual do sal no estuário do Rio Apodi-Mossoró, município de Grossos-RN (2010). Fonte: Acervo pessoal.



Figura 6 - Fotografia aérea do estuário do Rio Apodi-Mossoro/RN ilustrando as salinas solares mecanizadas, áreas urbanas e franjas de manguezal nas margens. Fonte - Acervo Pessoal de Leonlene Aguiar (2012).



Vários autores comentam sobre a importância histórica da produção artesanal de sal no estuário do Rio Apodi-Mossoró (e.g. CASCUDO, 1955; SANTOS, 2010; DE MEDEIROS ROCHA, 2011; COSTA et al., 2013), com relatos documentais de que em 1607 já havia exportação do sal para o sul do país. Todavia, apenas em 1801 a exploração foi regulamentada a partir de uma carta régia, assinada por D. João VI, que abolia o monopólio lusitano sobre este produto e determinava o carregamento de sal do Rio Grande do Norte para o Rio de Janeiro, Ilha de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Este fato certamente resultou no aumento da produção e na expansão das salinas no RN.

As salinas artesanais ocupam áreas pequenas, com uma superfície média de 2-50 ha, dividida em 10-20 tanques (evaporadores e cristalizadores), com colheita manual do sal e uma produção de aproximadamente 120 ton/ha/ano. Nos dias atuais, pouco resta da produção salineira artesanal no estuário do Rio Apodi-Mossoró, apenas algumas pequenas salinas artesanais que ainda se utilizam de cataventos, pás e carros-de-mão para realizar a colheita do sal, restritas apenas a pequenos núcleos nos municípios de Grossos (município com maior número de

salinas artesanais nas zonas do Córrego, Coqueiros e Boi Morto), Mossoró e Areia Branca. Além da importância para a economia local, estas áreas representam um patrimônio histórico, natural e arquitetônico ainda pouco reconhecido no país. Essa importância se traduz pelo fato que nelas ainda são replicadas as técnicas de construção e gestão típica dos primórdios dessa atividade (COSTA et al., 2013).

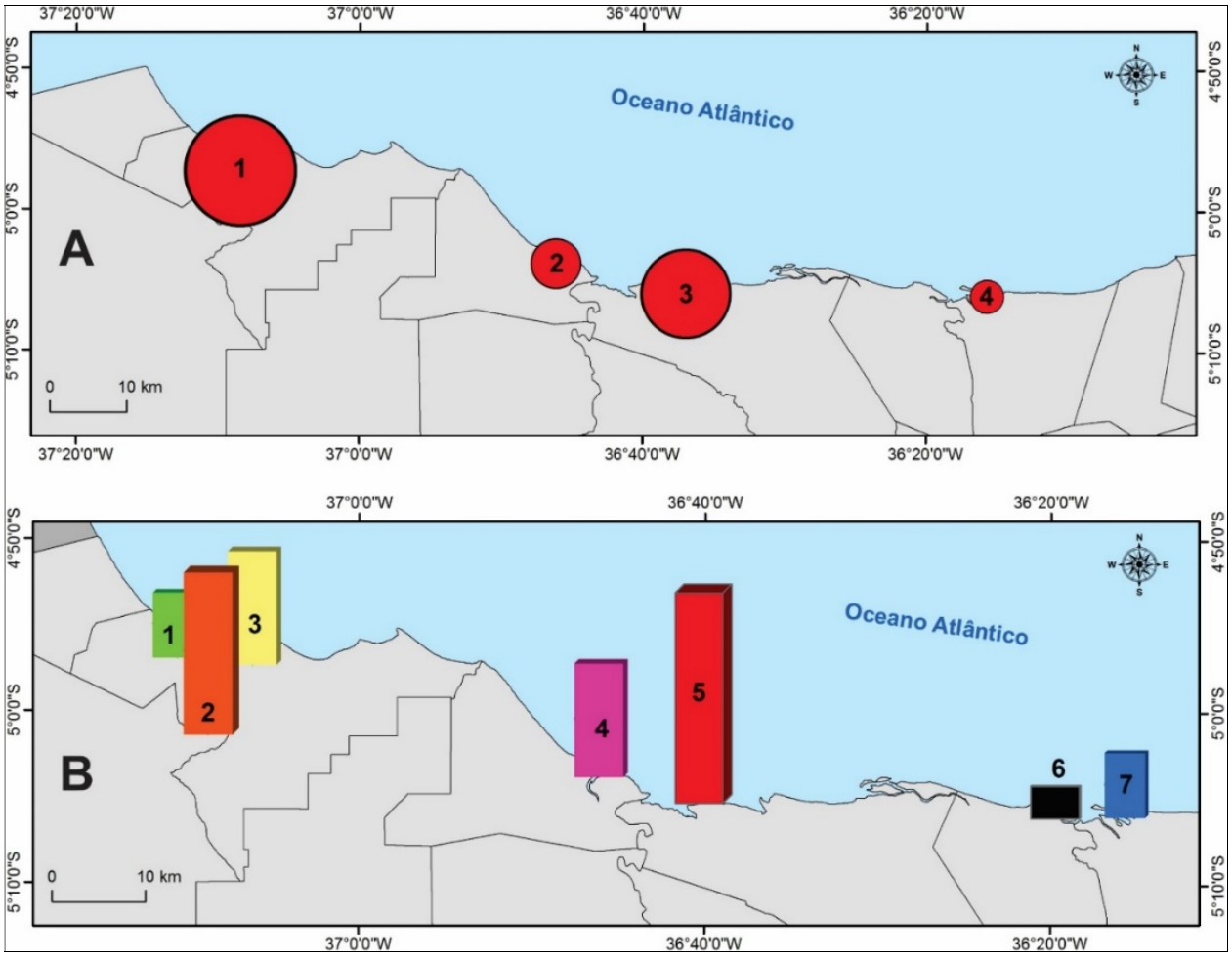
Por sua vez, cada salina mecanizada produz mais de 220 ton/ha/ano, ocupando áreas de produção acima de 50 hectares. Inseridas no modo de produção industrial, estes empreendimentos utilizam um grande maquinário durante o processo produtivo (ex. esteiras eletrônicas para transporte do sal, caminhões caçamba, veículo específico para retirada do sal dos tanques cristalizadores, etc.). Geralmente, o tempo entre a captação da água (marinha ou do estuário) até sua saturação como salmoura na zona de cristalização leva em torno de aproximadamente três meses (COSTA, 2013; MEDEIROS et al., 2015).

Atualmente, 99% da produção de sal do estado dar-se através do método industrial mecanizado. As salinas mecanizadas, assim como são conhecidas, apresentam um conjunto de grandes tanques dispostos em série, rasos e interconectados que provocam uma evaporação gradual da água do mar (COSTA et al., 2015b). Este modelo constitui-se basicamente de dois estágios: um para a evaporação, em que se delimitam diversos tanques interconectados com o objetivo principal que as salmouras atinjam a concentração de saturação do cloreto de sódio; e outro de produção ou cristalização, com tanques de menor dimensão quando comparados aos da área de evaporação (CÂMARA et al., 1999; DE MEDEIROS ROCHA, 2011; MEDEIROS et al., 2015).

Costa et al. (2015a) verificaram que, em virtude da elevada salinidade no interior do estuário do Rio Apodi-Mossoró (já no limite norte do município de Mossoró), a área de produção da tonelada de sal marinho por uma salina situada no alto estuário é de apenas de 30 $m^{2,}$ enquanto próximo à foz do estuário é de 50 m^2. Vale ressaltar que mesmo sem a efetiva captação (fato que se dá durante a cheia anual do rio), as salinas situadas na zona do alto estuário mantêm um padrão de produção contínuo através do constante manejo da salmoura ao longo do circuito da salina, assim como do elevado volume retido nos tanques evaporadores iniciais.

Conforme dados publicados por Costa et al. (2015b), analisando-se a produção salineira do Estado do Rio Grande do Norte, verifica-se a formação de 04 polos produtivos, onde o nome aqui atraído a cada polo representa o município mais produtivo: 1) Polo Mossoró, 2) Polo Porto do Mangue, 3) Polo Macau e 4) Polo Galinhos-Guamaré. Considerando-se o volume total produzido pelo estado em 2013 (6.413.478,00 toneladas), verificou-se que o Polo Mossoró foi o maior produtor deste ano (43,9%), englobando os municípios de Areia Branca, Grossos e Mossoró (maior produtor do Polo - 27,7%), representando um total de 27 salinas (Figura 7).

Figura 7 - Produção de sal marinho no Estado do Rio Grande do Norte (A – Produção por Polo: 1) Mossoró - 43,9%, 2) Porto do Mangue - 9,3%, 3) Macau - 39,7% e 4) Galinho-Guamaré - 7,1%; B – Produção por município (ton): 1 – Grossos/445.782, 2 – Mossoró/1.777.268, 3 – Areia Branca/590.145, 4 – Porto do Mangue/599.000, 5 – Macau/2.547.000, 6 – Guamaré/60.000 e 7 – Galinhos/394.283. Fonte – Costa et al. (2015b).



Por outro lado, as salinas estão a ser estudadas não só considerando os seus aspectos geológicos e de engenharia, mas também como biótopo intermédio entre ecossistemas marinhos e de água doce, assim visto em diversas regiões do mundo, tais como na França (BRITTON; JOHNSON, 1987), Portugal (VIEIRA; AMAT, 1995; 1997), Estados Unidos (DAVIS; GIORDANO, 1995; DAVIS, 2000; TAKEKAWA et al., 2006), Espanha (PEDRÓS-ALIÓ et al., 2000; MASERO, 2003; LÓPEZ et al., 2010), China (ZHILI et al., 2002), Grécia (DOLAPSAKIS et al., 2005), Porto Rico (CASILLAS-MARTINEZ et al., 2005), Israel (OREN et al., 2009) e inclusive no Nordeste do Brasil (DE MEDEIROS ROCHA et al., 2009; DE MEDEIROS ROCHA, 2011; COSTA; et al., 2014d). Nestas diferentes pesquisas, destaca-se que as salinas solares são reconhecidas como representativos ecossistemas úmidos que devem ser protegidas internacionalmente, pois apresentam elevada fragilidade frente aos processos naturais e às intervenções humanas na zona costeira, sobretudo em cenários atuais dos efeitos das

mudanças climáticas globais (HERBERT et al., 2018; LOSADA, et al., 2019), e em escala regional pelo fato do Nordeste do Brasil apresentar condições climáticas severas e um processo acelerado de ocupação no litoral.

Considerações Finais

De acordo com o apresentado ao longo do texto, fica explícito que a ocupação das margens do estuário do Rio Apod-Mossoró pela atividade salineira se deu por vários fatores condicionantes, como o aproveitamento das extensas planícies hipersalinas, clima semiárido e classe de solos. Portanto, conclui-se que esta zona estuarina apresenta condições naturais que proporcionam o desenvolvimento dessa atividade.

As salinas do trecho hipersalino do Rio Apodi-Mossoró, considerando-se a sua dinâmica ambiental (fluxo energético), representam ecossistemas estáveis, produtivos e que permitem a permanente ocupação de suas salmouras por populações de seres microscópicos únicos. Destacase que esta biodiversidade única é a base de uma cadeia alimentar muito significativa para a região litorânea, sobretudo para os grandes bandos de aves migratórias que por ali fazem a sua parada anual.

Em termos de integração com o restante da bacia, espera-se contribuir para as decisões sobre as práticas de gestão e ordenamento do território nas áreas à montante da zona estuarina, assim como para as atualmente ocupadas pelas salinas, as quais são (historicamente) o sistema produtivo que mais prosperou, sendo de fato uma alternativa para o uso e ocupação dessas planícies hipersalinas.

Agradecimentos – Os autores agradecem o convite feito pelos organizadores do livro e à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, pelo apoio na sua publicação. Também agradece ao CNPq, pela concessão de Bolsa de Pós-Doutorado Júnior (CNPq/PDJ Proc. nº 151922/2018-7), assim como ao Centro de Ensino Superior do Seridó/Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pelo auxílio com veículo e combustível nas atividades de coleta de dados de campo.

Referências

AL-FARRAJ, A. An evolutionary model for sabkha development on the north coast of the UAE. Journal of Arid Environments, v. 63, p. 740-755, 2005.

ATTIA, O. Sedimentological characteristics and geochemical evolution of Nabq sabkha, Gulf of Aqaba, Sinai, Egypt. Arabian Journal of Geosciences, v. 6, p. 2045-2059, 2013.

BRITTON, R. H.; JOHNSON, A. R. An ecological account of a Mediterranean salina: the Salin de Giraud, Camargue (S. France). Biological Conservation, v. 42, p. 185–230, 1987.

CÂMARA, C. A. L. Produção de Sal por Evaporação Solar: operação e dimensionamento de salinas. 1. ed. Rio de Janeiro: Antenna Edições Técnicas, 1999.

CASCUDO, L. C. História do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Cultura, 1955.

CASILLAS-MARTINEZ L.; GONZALEZ, M.L.; FUENTES-FIGUEROA, Z.; CASTRO, C.M. Community structure, geochemical characteristics and mineralogy of a hypersaline microbial mat, Cabo Rojo, PR. Geomicrobiol. J., v. 22, p. 269–281, 2005.

CHENCHOUNI, H. Edaphic factors controlling the distribution of inland halophytes in an ephemeral salt lake "Sabkha ecosystem" at North African semi-arid lands. Science of the Total Environment, v. 575, p. 660–671, 2017.
COSTA, D. F. S. Análise fitoecológica do manguezal e ocupação das margens do estuário hipersalino Apodi/Mossoró (RN – Brasil). 2010. 75 fl. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2010.

COSTA, D. F. S. Caracterização ecológica e serviços ambientais prestados por salinas tropicais. 2013. 206f. Tese (Doutorado em Ecologia, Biodiversidade e Gestão de Ecossistemas) - Programa de Pós-graduação em Biologia, Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro. Aveiro – Portugal, 2013.

COSTA, D. F. S.; SILVA, A. A.; MEDEIROS, D. H. M.; LUCENA FILHO, M. A.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; LILLEBO, A. I.; SOARES, A. M. V. M. Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). Sociedade & Natureza, v. 25, n.1, p. 21-34, 2013.

COSTA, D. F. S.; GUEDES, D. R. C.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; BARBOSA, J. E. L.; SOARES, A.M.V.M.; LILLEBØ, A.I. Influência de macroaspectos ambientais na produção de sal marinho no litoral semiárido do Brasil. Revista de Geografia, v. 31, p. 28-42, 2014a.

COSTA, D. F. S.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; CESTARO, L. A. Análise fitoecológica e zonação do manguezal em um estuário hipersalino. Mercator (Fortaleza), v. 13, p. 119-126, 2014b.

COSTA, D. F. S.; BARBOSA, J. E. L.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; SOARES, A. M. V. M.; LILLEBO, A. I. Multifactorial analysis of the geochemical characterization in a Brazilian hypersaline floodplain Brazilian. Journal of Aquatic Science and Technology, v. 18, p. 89-90, 2014c.

COSTA, D.F.S.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; BARBOSA, J.E.L.; SOARES, A.M.V.M.; LILLEBO, A.I. Análise dos serviços ambientais prestados pelas salinas solares. Boletim Gaúcho de Geografia, v. 41, p. 206-220, 2014d.

COSTA D. F. S.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; CANDIDO, G. A.; SOARES, A. M. V. M. Geographical location and solar salt production. Revista Mercator, v. 14, n. 2, p. 91-98, mai./ago. 2015a.

COSTA, D. F. S.; MEDEIROS, D. H. M.; COSTA, R.S.; DE MEDEIROS ROCHA, R. O sal de ontem e as salinas de hoje: análise da produção de sal marinho no Rio Grande do Norte. In: ALBANO, G.P.; ALVES, L.S.F.; ALVES, A.M. (Org.). Capítulos de Geografia do Rio Grande Norte. Natal: Imprensa Oficial do Rio Grande do Norte e CCHLA-UFRN, 2015b, v. 2, p. 37-63.

CURTIS, R.; EVANS, G.; KINSMAN, D. J. J.; SHEARMAN, D. J. Association of dolomite and anhydrite in the recent sediments of the Persian Gulf. Nature, v. 197, p. 679-680, 1963.

DAVIS, J.; GIORDANO, M. Biological and physical events involved in the origin, effects, and control of organic matter in solar saltworks. International Journal of Salt Lake Research, v. 4, p. 335–347, 1995.

DAVIS, J. Structure, function, and management of the biological system for seasonal solar saltworks. Global Nest Journal, v. 2, p. 217-226, 2000.

DE MEDEIROS ROCHA, R.; COSTA D.F.S.; LUCENA FILHO, M.A. Tropical solar salt works - influence and challenges in the coexistence with traditional populations in the brazilian northeast región. In: 9th Inter. Symposium on Salt. Beijing: Gold Wall Press, v. A, p. 877-881, 2009.

DE MEDEIROS ROCHA, R. Fatores determinantes na estratégia de cultivo de Asteromonas gracilis Artari (Chlorophyceae, Dunaliellales). 2011. 165p. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Rede Nordestina de Biotecnologia, Universidade Tiradentes, Aracajú, 2011.

DOLAPSAKIS N.P.; TAFAS, T.; ABATZOPOULOS, T.J.; ZILLER, S. ECONOMOU-AMILLI, A. Abundance and growth response of microalgae at Megalon Embolon solar saltworks in northern Greece: an aquaculture prospect. Journal of Applied Phycology, v. 17, p. 39–49, 2005.

EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Dados de Precipitação Anual. Disponível em: http://www.emparn.rn.gov Acesso em: 28 jan. 2018

EVANS, G. Coastal and nearshore sedimentation: a comparison of clastic and carbonate deposition. Proceedings of Geological Society of London, v. 81, p. 493-508, 1970.

HERBERT, R. J. H.; BRODERICK, L. G.; ROSS, K.; MOODY, C.; CRUZ, T.; CLARKE, L.; STILMAN, R. A. Artificial coastal lagoons at solar salt-working sites: A network of habitats for specialised, protected and alien biodiversity. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 203, p. 1-16, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2 ed. Manuais Técnicos em Geociências, n. 1. MPOG/IBGE/Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

KENDALL, A. C. Evaporites. In: WALKER, R. G. Facies models. 2 ed. Geoscience Canada Reprint Series, 1984. cap. 17.

KENDALL, A. C.; HARWOOD G. M. Marine evaporites: arid shorelines and basins. *In*: READING, H. G. (ed.) Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Cambridge: Blackwell, 1996 p. 281–324.

LÓPEZ, E.; AGUILERA, P. A.; SCHMITZ, M. F.; CASTRO, H.; PINEDA, F. D. Selection of ecological indicators for the conservation, management and monitoring of Mediterranean coastal salinas. Environmental Monitoring and Assessment, v. 166, p. 241-256, 2010.

LOSADA, I. J.; TOIMIL, A.; MUÑOZ, A.; GARCIA-FLETCHER, A. P.; DIAZ´SIMAL, P. A planning strategy for the adaptation of coastal areas to climate change: The Spanish case. Ocean and Coastal Management, v. 182, p. 104983, 2019.

MASERO, J. A. Assessing alternative anthropogenic habitats for conserving waterbirds: Salinas as buffer areas against the impact of natural habitat loss for shorebirds. Biodiversity and Conservation, v. 12, p. 1157–1173, 2003.

MEDEIROS, D. H. M.; COSTA, D. F. S.; DE MEDEIROS ROCHA, R. Influência de fatores ambientais no processo de extração de sal marinho em salinas solares do Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 37, p. 92 - 109, 2015.

MEDEIROS, D. H. M.; CAVALCANTE, A. A.; PINHEIRO, L. S. Respostas dos padrões de sedimentação e hipersalinidade na cobertura vegetal de planície estuarina sob influência da semiaridez. Geosul, v. 33, n. 66, p. 70-84, 2018a.

MEDEIROS, D. H. M.; CAVALCANTE, A. A.; PINHEIRO, L. S.; DE MEDEIROS ROCHA, R. Variação longitudinal da salinidade do estuário hipersalino do Rio Apodi/Mossoró (Rio Grande do Norte, Brasil). Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, n. 03, p. 850 – 863, 2018b.

OREN, A. Saltern evaporation ponds as model systems for the study of primary production processes under hypersaline conditions. Aquatic Microbial Ecology, v. 56, p. 193–204, 2009.

PAUL, A.; LOKIER, S. W. Holocene marine hardground formation in the Arabian Gulf: Shoreline stabilisation, sea level and early diagenesis in the coastal sabkha of Abu Dhabi. Sedimentary Geology, v. 352, p. 1–13, 2017.

PEDRÓS-ALIÓ, C.; CALDERÓN-PAZ, J.I.; MEDINA, G.; MARRASÉ, C. The microbial food web along salinity gradients. FEMS Microbiology Ecology, v. 32, p. 143-155, 2000.

PRITCHARD, D. W. What is an estuary: physical viewpoint. In: LAUFF, G. H. (ed.). Estuaries. Washington, D. C.: American Association for the Advance of Science, 1967, p. 3 – 5.

ROCHA, A. P. B.; CLAUDINO-SALES, V. C.; SALES, M. C. L. Geoambientes, uso e ocupação do espaço no estuário do rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. Revista Eletrônica do Prodema, v. 7, n. 2, p. 60-75, 2011.

SANTOS, P. P. Evolução econômica do Rio Grande do Norte (Século XVI a XXI). 3 ed. Natal (RN): Departamento Estadual de Imprensa, 2010.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. Guia para estudo de áreas de manguezal. Estrutura, função e flora. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1986. 150 p.

SIESAL. Sindicato da Indústria da Extração do Sal no Estado do Rio Grande do Norte. Atas das assembléias ordinárias. Mossoró, Rio Grande do Norte, 2013.

TAKEKAWA, J. Y.; MILES, A. K.; SCHOELLHAMER D. H. et al. Trophic structure and avian communities across a salinity gradient in evaporation ponds of the San Francisco Bay estuary. Hydrobiologia, v. 567, p. 307–327, 2006.

VALLE-LEVINSON, A.; SCHETTINI, C.A. Fortnightly switching of residual flow drivers in a tropical semiarid estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 169, p. 46 – 55, 2016.

VIEIRA, M. N. R.; AMAT, F. Fluctuation in the zooplankton community in two solar salt ponds, Aveiro, Portugal. International Journal of Salt Lake Research, v. 4, p. 327-333, 1995.

VIEIRA, M. N. R.; AMAT, F. The invertebrate benthic community of two solar salt ponds in Aveiro, Portugal. International Journal of Salt Lake Research, v. 5, p. 281-286, 1997.

ZHILI, L.; PENGFU, L. I.; XUEXIAN, L. Culturing artificial algal mats to improve the salt yield and quality in saltworks. Ecological Engineering, v. 18, p. 379-383, 2002.

CAPÍTULO 7

ASPECTOS GEOECOLÓGICOS E SOCIOECONÔMICOS PARA O PLANEJAMENTO INTEGRADO DA BACIA DO RIO APODI-MOSSORÓ

Rodrigo Guimarães de Carvalho

Edson Vicente da Silva

José Manuel Mateo Rodriguez
(*in memoriam*)

Francisco Davy Braz Rabelo

Introdução

Este capítulo aborda questões que assumem uma importância fundamental para o planejamento de médio e longo prazo da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, em especial pela proximidade da transposição das águas do rio São Francisco, que deve ser concretizada em um horizonte de alguns anos. Não se admite mais pensar o planejamento dos recursos hídricos dissociado do planejamento ambiental visto que a produção de água nas bacias hidrográficas depende de um conjunto de fatores ambientais como, por exemplo, a manutenção da cobertura vegetal e a conservação dos solos.

Os estudos podem determinar a capacidade de suporte de cada sistema ambiental, onde se devem estabelecer os limites de uso do solo que contribuam para a retirada da cobertura vegetal. Em sistemas ambientais com maior resistência e estabilidade deve ser permitido um uso do solo em maior escala, já em sistemas ambientais que apresentem uma ecodinâmica mais instável, o uso do solo deve ser mais discreto de modo a não comprometer as relações ecossistêmicas e o ciclo natural da água.

Sem dúvida, todo esse processo de estudo e diagnóstico deve ser pautado pela aplicação da legislação ambiental vigente, com destaque para a Lei 12.651/2012 que instituiu o novo Código Florestal que apresenta a delimitação das áreas de

preservação permanente e os percentuais de reserva legal em cada um dos biomas nacionais.

Unidades geoecológicas e planejamento de bacias

A bacia hidrográfica surge no contexto do planejamento e gestão atual, como uma categoria de análise que possibilita a plena aplicabilidade da interdisciplinaridade a partir de um enfoque sistêmico e interdisciplinar. Oferece ainda possibilidades de integração político-administrativa nas esferas de gestão territorial a nível federal, estadual e municipal através dos comitês de bacias hidrográficas.

Os recursos hídricos superficiais têm sido aproveitados por meio de intervenções diretas sobre o conjunto de bacias hidrográficas. Entre as ações de exploração das águas de uma bacia destacam-se as transposições hídricas, a construções de açudes e barragens para diferentes fins, grandes projetos de irrigação, além da própria exploração das águas subterrâneas e do subsolo.

Inicialmente, o aproveitamento racional dos recursos hídricos remetia ao conceito de manejo da água, buscando-se formas para uma adequada utilização dos mananciais. No contexto atual, onde cada vez mais se desenham conflitos territoriais no uso das águas e intensificação de processos de escassez/déficit hídricos, além de contaminação das águas, se estabelecem novas perspectivas através do planejamento e gestão das bacias hidrográficas.

Na concepção de Rodriguez, Silva e Leal (2011), é possível considerar uma bacia hidrográfica a partir das características principais: (i) constitui um sistema de drenagem fluvial configurado hierarquicamente por uma rede de canais de escoamento hídrico superficial com conexão com as águas subsuperficiais; (ii) seus limites podem ser identificados por meio da topografia, a partir dos divisores de água, seu setor de nascentes e sua foz que pode configurar-se de distintas formas; (iii) corresponde a um sistema de drenagem fluvial que recebe aportes hídricos de outros subsistemas, configurando-se como uma rede fluvial, (iv) territorialmente é definido como um conjunto de terras drenadas por um corpo hídrico principal e seus afluentes, (v) é possível hierarquizar sub-bacias fluviais e afluentes de diferentes ordens de drenagem e configura um espaço físico-funcional apto a ser planejado em diferentes escalas de analise (internacional, federal, regional, estadual e municipal) em função de suas dimensões espaciais e limites político-administrativos.

Com relação as estratégias de planejamento e gestão ambiental, considera-se que a bacia hidrográfica inclui em seu território diferentes feições paisagísticas/ecossistêmicas, além de várias unidades culturais decorrentes das distintas formas de uso e ocupação dos solos. Nessa concepção de diversidade paisagística presente na bacia hidrográfica, se considera que a Geoecologia das Paisagens por seu enfoque interdisciplinar e integrado, constitui um

fundamento teórico e metodológico adequado para a implementação de estratégias de planejamento e gestão dos territórios que compõem as bacias hidrográficas.

Scheibe e Dorfman (2007), afirmam que um território é considerado um conjunto de espaços e paisagens geográficas que compreendem sistemas de ordem natural, socioeconômica e cultural. O território, que pode constituir uma bacia hidrográfica por exemplo, está subordinado ao poder político e econômico que atua em seu espaço.

A Geoecologia das Paisagens ao recorrer ao uso da abordagem sistêmica e da ciência da paisagem, permite contemplar uma bacia a partir de seus sistemas (naturais e culturais). Seguindo os princípios de análise e diagnóstico de Geoecologia das Paisagens apoiados em técnicas de Sensoriamento Remoto e Cartografia Temática, é possível se estabelecer um quadro-síntese das condições territoriais, elaborando-se mapas de zoneamento ambiental com seus respectivos problemas, limitações e potencialidades.

Subsidia ainda elementos de interpretação territorial que oferecem possibilidades para a construção de um zoneamento propositivo/funcional das bacias hidrográficas, orientado por um plano de gestão que pode promover a instituição de políticas públicas para uma adequada organização espacial direcionada ao uso dos recursos hídricos.

A bacia hidrográfica como categoria de análise espacial, é a unidade territorial mais adequada para a efetivação de análises quantitativas e qualitativas dos recursos hídricos. É, portanto, a unidade preferencial para o planejamento e gestão territorial, nesse sentido.

Mateo (2005) e Rodriguez e Silva (2018), destacam que a ótica da Geoecologia da Paisagens, possibilita visualizar e compreender uma bacia hidrográfica como: (i) um conjunto interativo de componentes naturais, socioeconômicos, culturais, históricos e políticos, que é constituído por diferentes sistemas paisagísticos naturais e culturais, (ii) um sistema de drenagem fluvial que constitui uma totalidade sistêmica, representada pelas interações e articulações entre diferentes sistemas ambientais (eco, geo e sociossistemas); (iii) os sistemas constituintes de uma bacia hidrográfica apresentam um caráter individual que interagem no conjunto territorial da mesma; e (iv) compreender que o sistema de drenagem fluvial é organizado a partir dos fluxos de águas superficiais, que apresentam um efeito na estruturação e funcionamento da bacia e, particularmente em seus sistemas de paisagem, favorecendo ou restringindo as formas de ocupação humana.

Em síntese ao se planejar ambientalmente e setorialmente uma bacia hidrográfica a partir dos fundamentos e a aplicabilidade da Geoecologia das Paisagens, é necessário que se estabeleçam as seguintes etapas de trabalho: (i) Organização e inventário; (ii) Análises e pesquisas de campo; (iii) Diagnóstico

integrado/zoneamento ambiental; (iv) Projeção de cenários/zoneamento funcional e (v) Execução das propostas. Os comitês de bacias hidrográficas assumem um papel político-administrativo fundamental quanto a efetivação das etapas e consolidação do planejamento e a gestão ambiental.

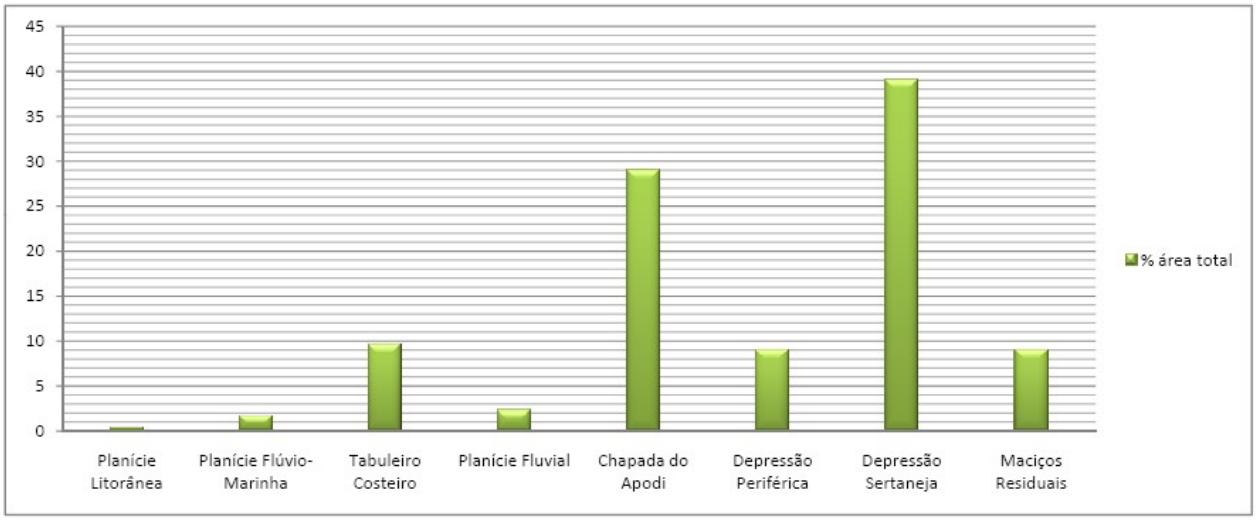
Uma gestão participativa que envolva a população e os atores coadjuvantes na construção territorial da bacia hidrográfica, é de fundamental importância. Deve haver uma mobilização da população para participar do processo de planejamento, gestão, execução e monitoramento ambiental, informando sobre a realidade local, diagnosticando os problemas/potencialidades, oferecendo propostas e demandas das comunidades locais.

O conhecimento das propriedades estruturais e processuais das unidades paisagísticas naturais e culturais é fundamental para que se tenha a concepção da fisiologia de uma bacia hidrográfica e a compreensão de como ocorrem as relações entre natureza e sociedade em seu interior. A elaboração de um banco de dados e arquivos cartográficos das bacias hidrográficas, contendo as informações geoambientais e socioeconômicas da bacia, representa um avanço operacional significativo para a gestão e o monitoramento ambiental dos seus recursos hídricos integrados aos outros processos e condições que se inter-relacionam no sistema de drenagem fluvial e seu respectivo território. Dessa forma a análise geoecológica possibilita a agilização de estratégias metodológicas para o planejamento e a efetiva gestão de bacias hidrográficas.

Os sistemas ambientais da bacia do rio Apodi-Mossoró

Os domínios de paisagem que subscrevem os sistemas ambientais físicos na região da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (BHRAM) apresentam diferentes dimensões territoriais, conforme pode ser verificado na Figura 1. Cabe ressaltar o caráter genérico dessa delimitação em função da escala de mapeamento adotada (1: 250.000) e a adoção do componente geomorfológico como fundamento para a compartimentação. As feições geomorfológicas de menor dimensão territorial foram incorporadas aos sistemas geomorfológicos ao qual estavam inscritas. Foi o caso dos platôs que foram acoplados aos maciços residuais e dos *inselbergs* que foram incorporados a depressão sertaneja. Essas mudanças têm como objetivo ajustar os sistemas ambientais (Figura 2) à escala pretendida de análise.

Figura 1 – Percentual de abrangência dos sistemas ambientais na região da BHRAM.



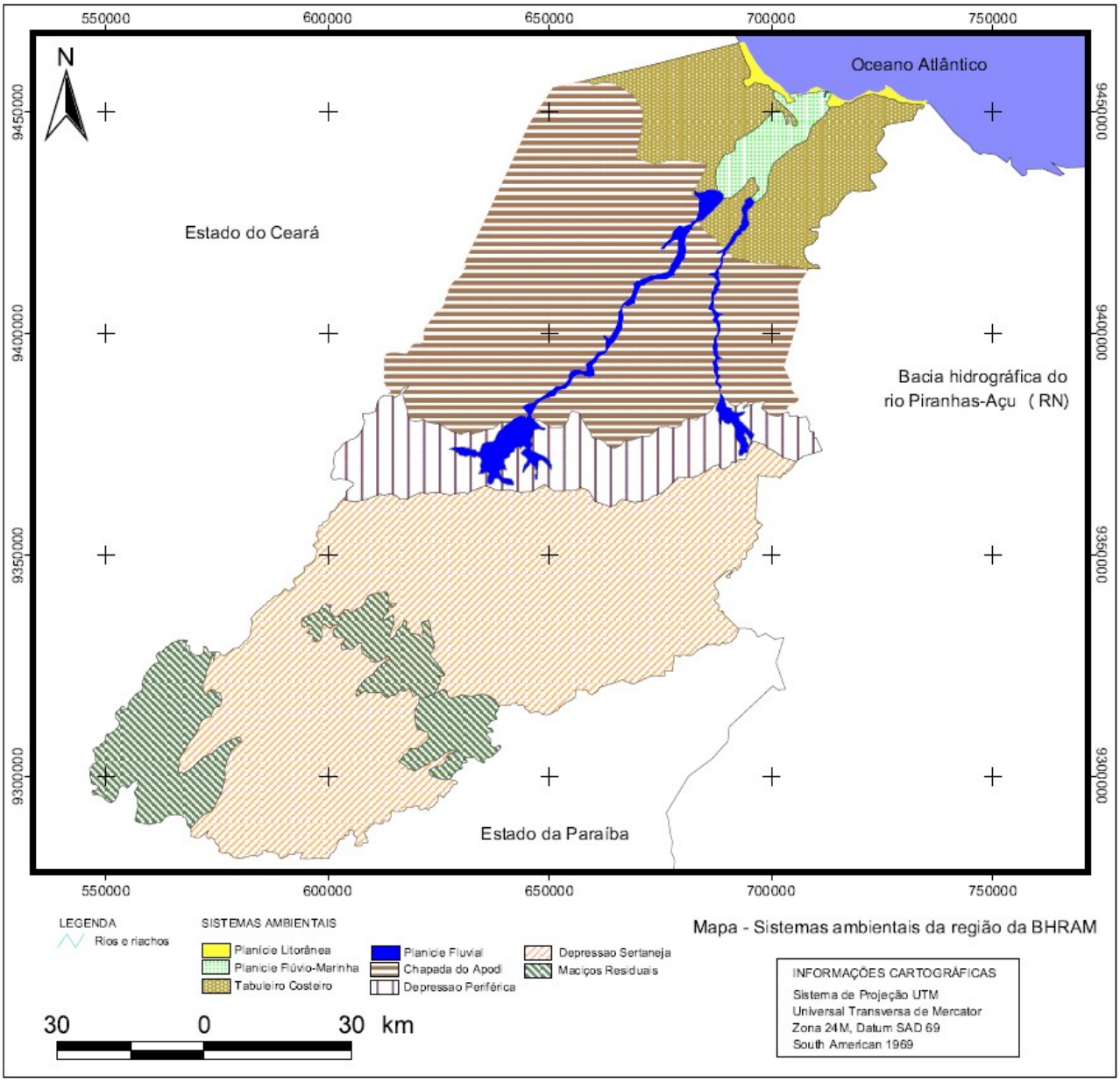
Fonte: Adaptado de Carvalho (2011).

Os sistemas ambientais da BHRAM têm na chapada do Apodi e na depressão sertaneja as maiores áreas territoriais. Juntas, essas unidades representam 68% da área total. A depressão periférica (9%), os maciços residuais (9%) e o tabuleiro costeiro (9,6%) representam juntos 27,6% da área. Já a planície litorânea, a planície fluvial e a planície flúvio-marinha, respectivamente, com 0,4%, 2,3% e 1,7%, são as unidades de menor dimensão territorial.

Apesar da grande quantidade de cursos d'água superficiais, a planície fluvial considerada como sistema ambiental se refere aos setores marginais do rio Apodi-Mossoró e do rio do Carmo quando estes adentram a chapada do Apodi e assumem uma maior dimensão territorial. Destaca-se que a escala de análise cartográfica não permitiu considerar as áreas de planície fluvial restantes, por possuírem uma dimensão territorial incompatível com sua representação no mapeamento.

O Quadro 1 apresenta uma contextualização sobre os componentes abióticos (rochas, relevo, clima, recursos hídricos e solos) e bióticos (vegetação) dos sistemas ambientais da região da BHRAM. A situação da estrutura geoambiental nos sistemas deriva da combinação de fatores e processos naturais ocorridos ao longo do tempo geológico, especialmente no Mesozóico e Cenozóico, sendo a organização ambiental derivada de duas principais morfoestruturas: a Bacia Sedimentar Potiguar com influência no setor centro-norte; e o embasamento cristalino com influência no centro-sul da área em questão.

Figura 2 – Compartimentação dos sistemas ambientais da região da BHRAM.



Fonte: Adaptado de Carvalho (2011).

Quadro 1 – Contexto geoambiental da região da BHRAM.

SISTEMAS AMBIENTAIS	**GEOLOGIA/ GEOMORFOLOGIA**	**CLIMA/ RECURSOS HÍDRICOS**	**SOLOS/ VEGETAÇÃO**
PLANÍCIE LITORÂNEA	Depósitos arenosos inconsolidados de idade Quaternária. Amplas faixas de praia, terraços marinhos, morfologias dunares de gerações variadas.	Pluviometria variando entre 400 e 800 mm. Ocorre a infiltração quase que completa da água, alimentando o aqüífero dunar, por vezes aflorando na forma de lagoas interdunares.	Neossolos Quartzarênicos e quartzarênicos marinhos. Vegetação do complexo litorâneo, predominando a vegetação pioneira psamófila e associações de espécies da caatinga.
PLANÍCIE FLÚVIO-MARINHA	Depósitos recentes com predominância de material argiloso, silte, areia fina e detritos orgânicos. Ampla planície de acumulação de sedimentos flúvio-marinhos.	Pluviometria variando entre 400 e 800 mm. Ambiente submetido a hidrodinâmica do rio Apodi-Mossoró e fluxo marinho. Solos encharcados e salinos.	Gleissolos. Predomínio de vegetação de mangue.
TABULEIRO COSTEIRO	Sedimentos terciários diversos da Formação Barreiras. Relevos baixos (máximo de 40 m) e planos a suavemente ondulados.	Pluviometria variando entre 500 e 800 mm. Drenagem superficial mais adensada, presença de lagoas naturais e recarga do aquífero barreiras.	Neossolo Quartzarênico e Latossolos. Vegetação associada a espécies da caatinga.
PLANÍCIE FLUVIAL	Depósitos constituídos por materiais de diversos calibres.	Pluviometria variada devido ao caráter alongado da área. Superfície sujeita a inundações periódicas com boa potencialidade de águas subterrâneas.	Neossolos Flúvicos revestidos por mata de galeria. Destaque para as florestas de carnaúba, que já se encontram bastante degradadas.
CHAPADA DO APODI	Sedimentos Mesozóicos da Formação Jandaíra, calcarenitos e calcilutitos bioclásticos. Relevo plano, com suave inclinação na direção do litoral (1º a 3º).	Pluviometria variando entre 600 e 800 mm. Drenagem superficial escassa. Aquífero com boa capacidade, em profundidades variadas, de 100 a 1500m.	Cambissolos e Chernossolos. Vegetação de caatinga, caducifólia.
DEPRESSÃO PERIFÉRICA	Arenito de origem continental e idade Mesozóica da Formação Açu. Faixa estreita de terra, alongada de leste para oeste. Relevo ondulado.	Pluviometria variando entre 600 e 800 mm. Recursos hídricos superficiais adensados, com direções variadas. Relevo medianamente dissecado.	Argissolos, Latossolos e Planossolos. Vegetação caducifólia de caatinga.
DEPRESSÃO SERTANEJA	Rochas cristalinas pré-cambrianas, como o granito, migmatitos e gnaisse. Relevo composto por superfícies de pediplanação e distribuição esparsa de inselbergs.	Pluviometria variando entre 500 e 800 mm. Recursos hídricos superficiais adensados, com padrão de drenagem dentrítico. Relevo medianamente dissecado nos pediplanos e com fortes inclinações em inselbergs distribuídos na área.	Argissolos, Neossolos Regolíticos e Litólicos, Luvissolos. Vegetação caducifólia de caatinga.
MACIÇOS RESIDUAIS	Rochas cristalinas com características de maior resistência aos processos erosivos. Apresentam declividades diversificadas, variando entre 10º e 45º de inclinação das vertentes.	Pluviometria variando entre 800 e 1200 mm. Recursos hídricos superficiais submetidos a fortes inclinações. Presença de nascentes e cachoeiras, acumulações superficiais e subterrâneas mais pronunciadas nas áreas de platô.	Argissolos, Neossolos Litólicos. Vegetação subcaducifólia, arbustiva e arbórea. Associação de espécies da caatinga.

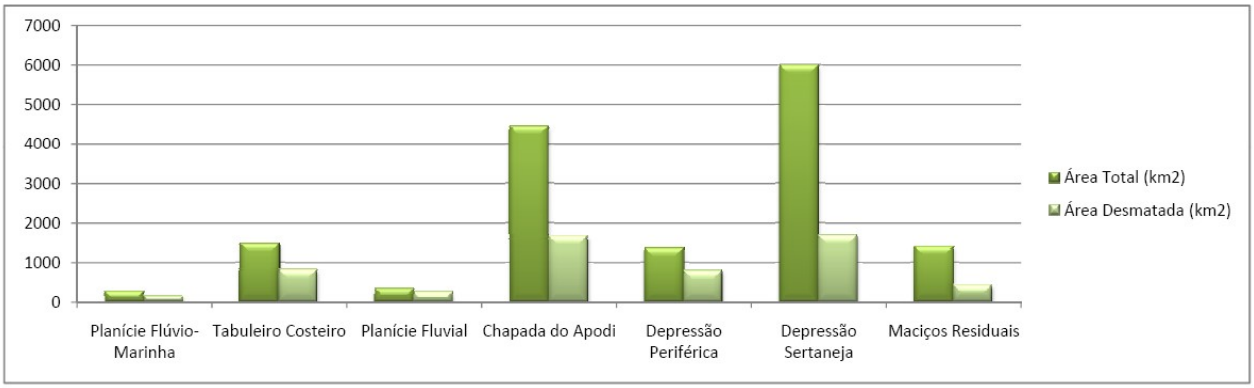
Fontes: EMPARN [200-?a]; EMPARN [200-?b]; Nunes (2006). Elaborado por Rodrigo G. de Carvalho.

Sistemas ambientais e o desmatamento na região da BHRAM

Para a análise do desmatamento na região da BHRAM descartou-se o sistema ambiental planície litorânea, visto que essa unidade de paisagem possui pouca representatividade dimensional, assim como, pouco revestimento vegetal.

Os sete sistemas ambientais restantes possuíam, até o ano de 2008, no total, 5.790 km² de áreas desmatadas, o que representa 37,8% da região da BHRAM. Esse percentual é sustentado pelos dois maiores sistemas ambientais em questão (Figura 3), quais sejam: a depressão sertaneja e a chapada do Apodi, respectivamente com 28% e 37% de áreas desmatadas.

Figura 3 – Valores absolutos aproximados da área territorial dos sistemas ambientais e das áreas desmatadas na região da BHRAM.

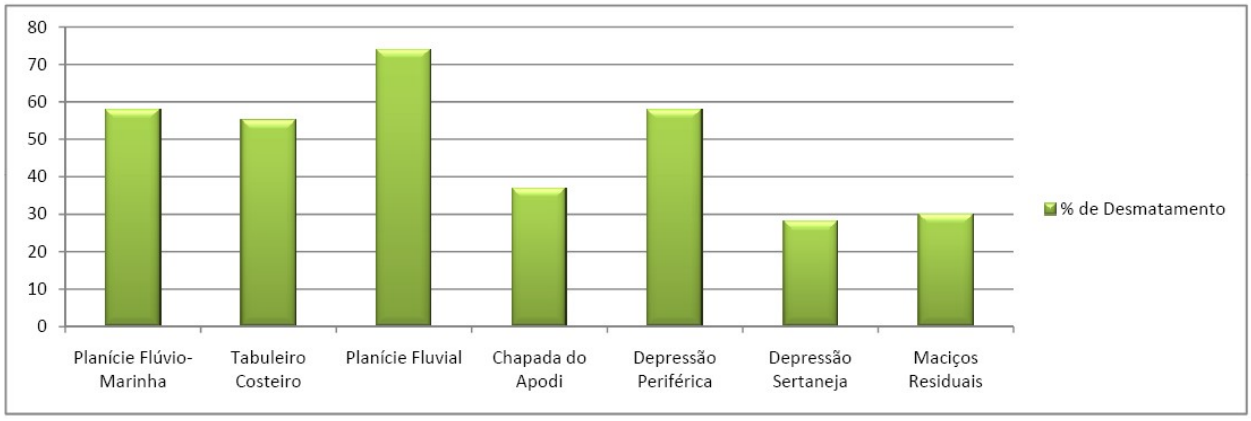


Fonte: Adaptado de Carvalho (2011).

Já a planície flúvio-marinha, o tabuleiro costeiro, a planície fluvial e a depressão periférica apresentam, respectivamente, 58%, 55%, 74% e 58% de áreas desmatadas (Figura 4). Estudos realizados em bacias e microbacias hidrográficas, em diferentes biomas brasileiros, constatam que o excesso de desmatamento é um dos principais problemas ambientais, difusor de efeitos como a erosão, o assoreamento e a desertificação (NASCIMENTO, 2009; CARPI JUNIOR; MALAQUIAS JUNIOR, 2008; CAVALCANTE; ARRUDA, 2008; SOBRINHO; ROSS, 2007; SOUSA; LIMA, 2007). Esse fato é agravado quando o desmatamento incide sobre sistemas ambientais fortemente instáveis, como é o caso da planície flúvio-marinha e da planície fluvial.

Os maciços residuais apresentam um percentual de 30% de áreas desmatadas. Comparativamente aos outros sistemas ambientais, os maciços residuais se tornam importantes por apresentarem terrenos fortemente dissecados, com declividades variando entre 10º e 45º. Essa característica impõe sérias restrições ao uso da terra, especialmente quando esse uso resultar em desmatamentos de áreas com declividades acentuadas.

Figura 4 – Percentual de desmatamento nos sistemas ambientais da região da BHRAM.



Fonte: Carvalho, 2011.

Considerando os diversos impactos e os desequilíbrios gerados em bacias hidrográficas pelo desmatamento, torna-se fundamental para a sustentabilidade dos sistemas ambientais em questão o monitoramento do desmatamento, a proposição de formas adequadas de manejo da vegetação, do solo e da água, a recuperação de áreas degradadas, a manutenção de áreas de preservação permanente e a criação de unidades de conservação.

Silva e Ferreira Júnior (2010) apontam que o monitoramento da vegetação, associada à análise de outros fatores como, por exemplo, de ordem política, econômica ou social são indispensáveis a efetiva gestão territorial e ambiental. Trigueiro, Oliveira e Bezerra (2009), estudando um município no semiárido brasileiro, enfatizaram que atividades como a agropecuária e o extrativismo vegetal, sem o devido manejo, provocam o desgaste e o empobrecimento do solo, sendo fundamental a adoção de técnicas compatíveis com a conservação da qualidade dos solos.

Evolução socioeconômica da BHRAM

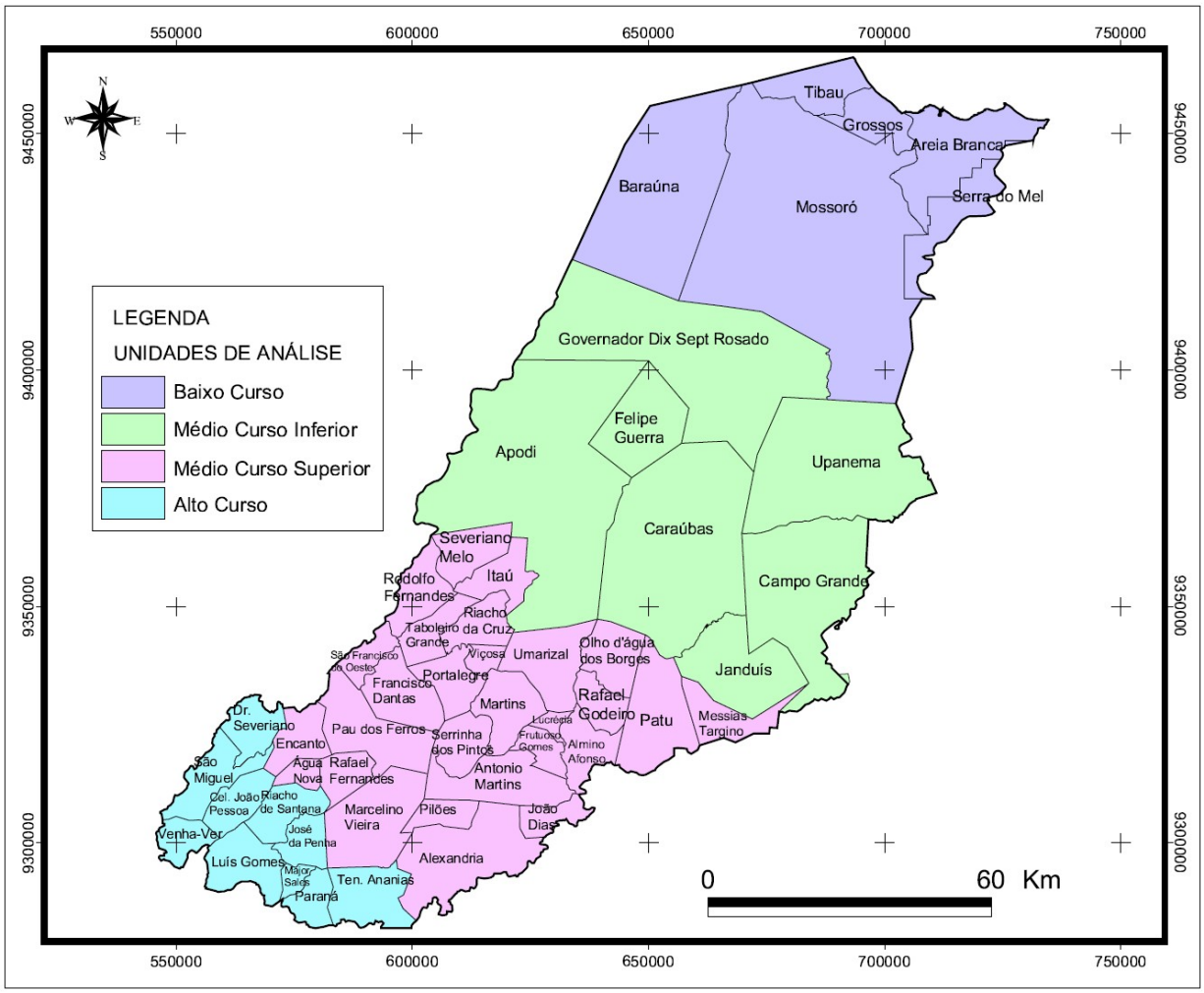
A bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró é a maior bacia inserida completamente no estado do Rio Grande do Norte. Apresenta uma grande importância econômica impulsionada pelas atividades de extração de petróleo, produção de sal marinho, utilização dos solos para agricultura e fruticultura irrigada, pecuária extensiva e mineração de calcário. Destarte a maior parte dos 51 municípios da BHRAM serem de pequeno porte, o município de Mossoró, localizado no baixo curso da bacia (Figura 5), se destaca por congregar um circuito de atividades econômicas responsáveis por dinamizar a economia da Região Oeste. (CARVALHO, 2011).

Mossoró apresenta em seus indicadores sociais e econômicos, geralmente, valores muito superiores aos dos outros municípios da área de estudo. Essa

diferença fica nítida quando correlacionados os dados de População Total e Produto Interno Bruto (PIB) do município de Mossoró com a soma total dos valores dos outros 50 municípios pertencentes à área de estudo.

No tocante à população, Mossoró agregava em 2000, conforme dados do IBGE (2000; 2010), 35% da população total estimada para a área de estudo, passando esse percentual a 38% no ano de 2010. A taxa de urbanização de Mossoró era de 93,1% em 2000 e passou a 91,3% em 2010, continuando uma das maiores entre os municípios da BHRAM. De acordo com os dados do PIB do ano de 2000, esse município era responsável por 53% de tudo que era produzido pela economia contra 47% do somatório dos 50 municípios restantes. Esse percentual permaneceu o mesmo em 2010. Essa disparidade coloca Mossoró como um município polarizador da Região Oeste, corroborando para destacar sua importância no cenário social e econômico do RN.

Figura 5 – Municípios da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró distribuídos em unidades de análise.

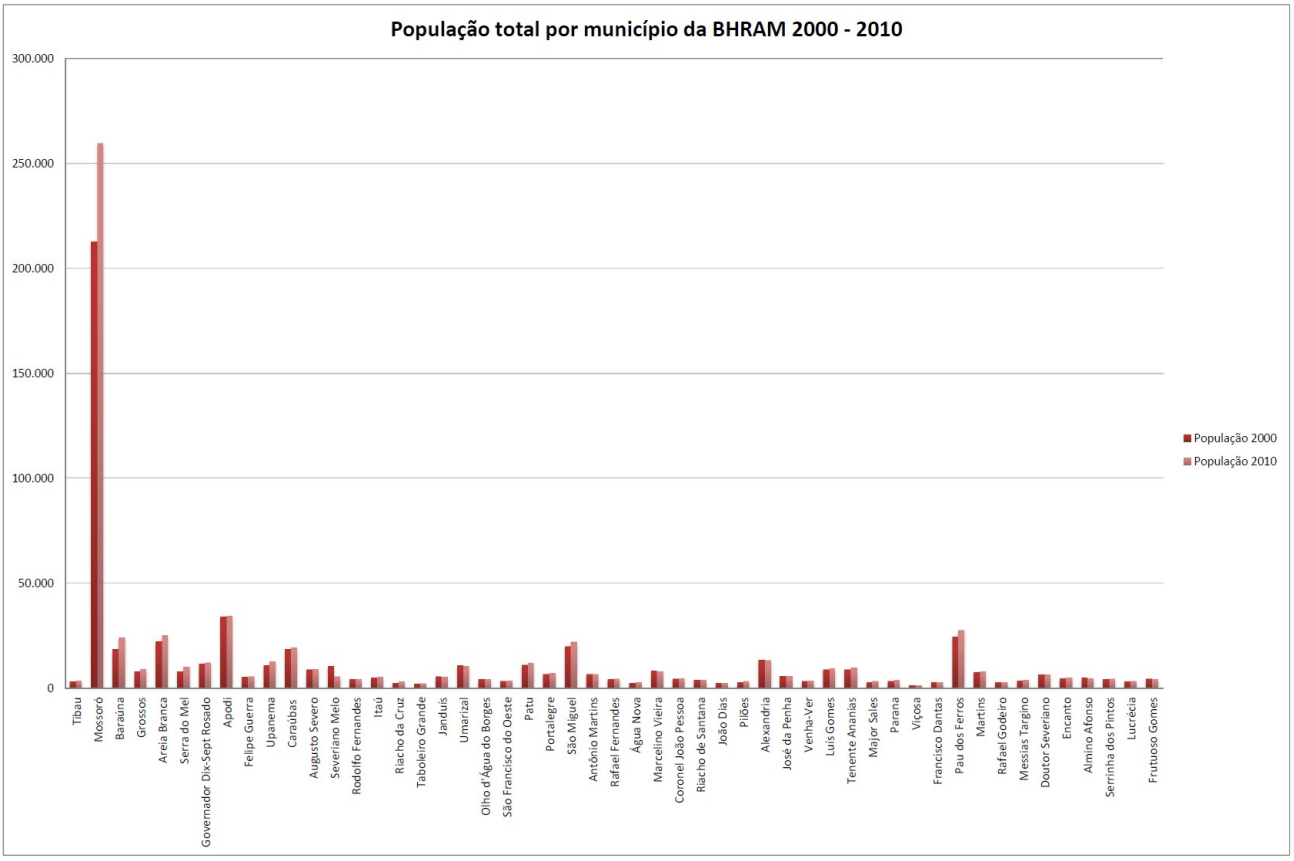


Ao verificar os dados de população dos municípios da BHRAM nos últimos 10 anos, percebe-se que a soma da população dos municípios que era de 608.245 habitantes no ano de 2000, passou a 678.946 habitantes em 2010, o que

representa um aumento absoluto de 70.701 habitantes e um aumento percentual de 12%. Só em Mossoró, o aumento registrado foi de 46.758 habitantes no período mencionado, o que representa 66% do aumento total de habitantes em toda a BHRAM.

Na Figura 6 pode ser verificada a variação da população nos municípios da BHRAM entre os anos de 2000 e 2010. Percebe-se a importância do município de Mossoró na concentração de grande parte dos habitantes da BHRAM. Municípios como Baraúna, Areia Branca, Apodi, São Miguel e Pau dos Ferros apresentam em 2010 uma concentração de pessoas entre 20.000 e 35.000 habitantes e o incremento entre 2000 e 2010, foi de respectivamente 5.502, 2.757, 625, 2.037 e 3.126 habitantes.

Figura 6 – População total dos municípios da BHRAM, anos de 2000 e 2010.

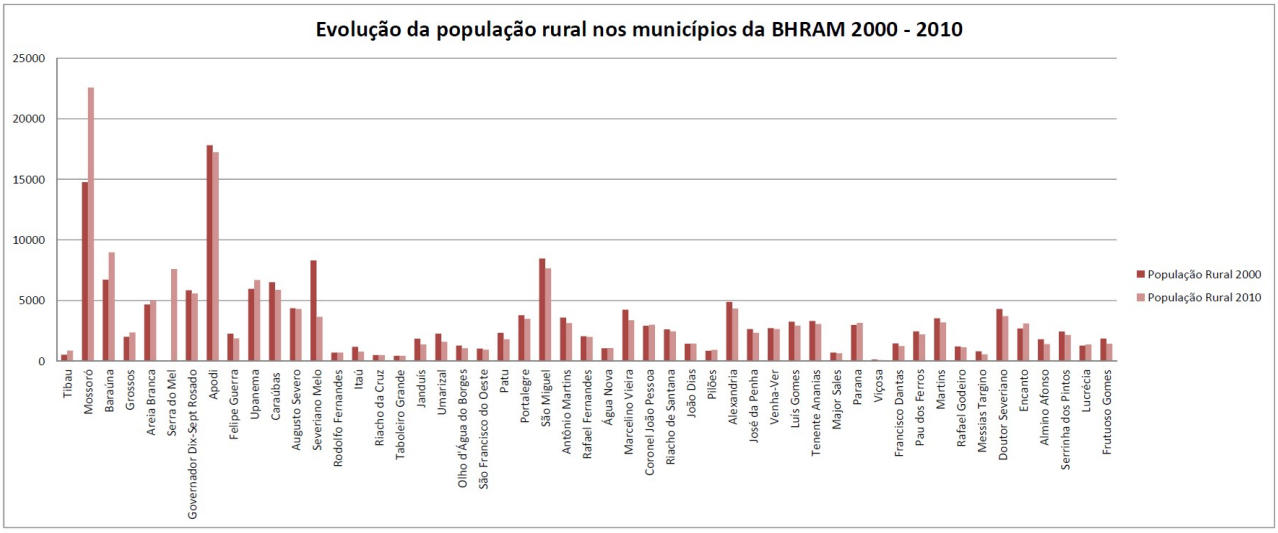


Fonte dos dados: IBGE (2000; 2010)

Em 2000 a população rural total da BHRAM representava 27% da população total, já em 2010, esse percentual passou para 25%, sendo observado um decréscimo de dois pontos percentuais. Do total de 51 municípios, 42 apresentavam em 2010 uma população rural inferior a 5.000 habitantes. Os dois municípios com maior população rural são Mossoró e Apodi, no primeiro houve um incremento de 7.818 habitantes, passando a 22.574 habitantes em 2010 e no

segundo houve um decréscimo de 581 habitantes passando a 17.232 habitantes em 2010 (Figura 7).

Figura 7 – População rural dos municípios da BHRAM, anos de 2000 e 2010.

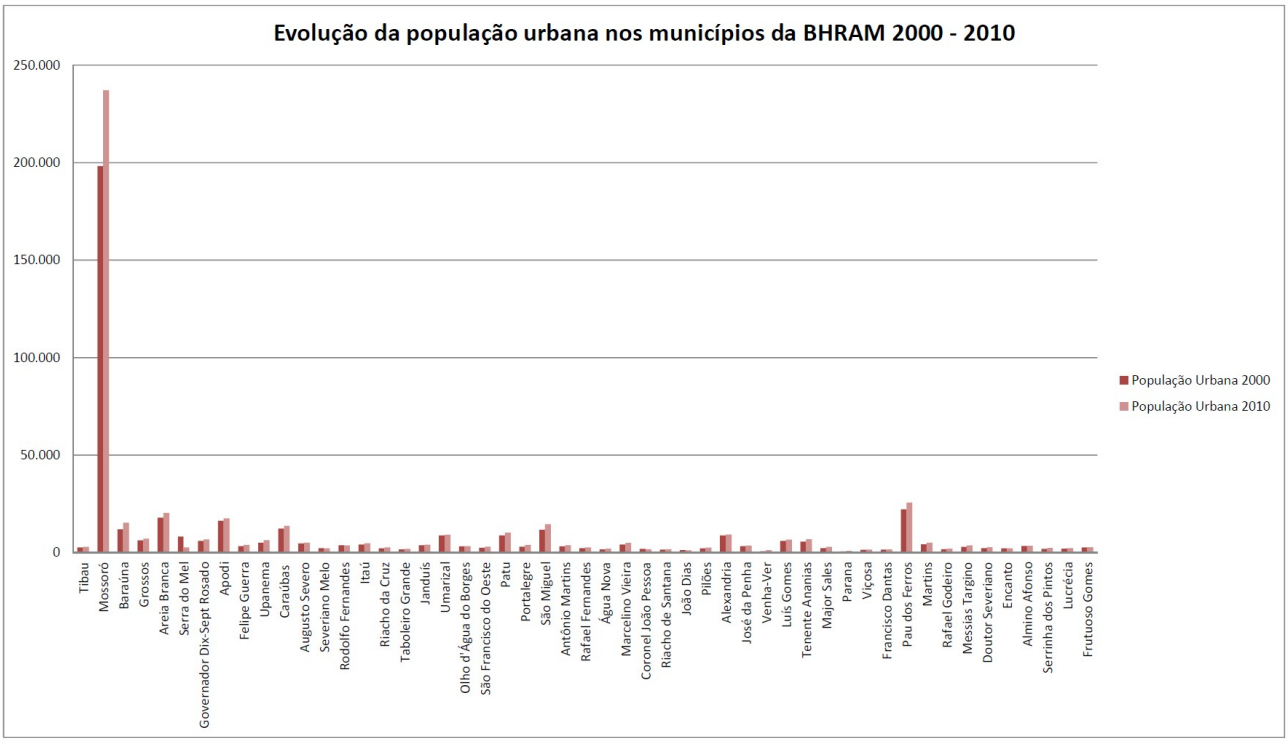


Fonte dos dados: IBGE (2000; 2010)

Em 2000 a população urbana total da BHRAM representava 73% da população total, já em 2010, esse percentual passou para 75%, sendo observado um acréscimo de dois pontos percentuais. Do total de 51 municípios, 50 apresentavam em 2010 uma população urbana inferior a 26.000 habitantes. O município que concentra a maior população urbana da BHRAM é Mossoró que passou de 198.301 habitantes em 2000 para 237.241 habitantes em 2010 (Figura 8). Nesse mesmo ano, a população urbana de Mossoró representava 47% da soma de toda a população urbana dos municípios da BHRAM.

Considerando a distribuição espacial da população urbana entre os anos de 2000 e 2010 (Figura 9) percebe-se que não houve uma modificação acentuada de 2000 a 2010. Os municípios com uma menor população urbana concentram-se nos cursos superiores da BHRAM e o maior destaque é Mossoró no baixo curso. Outros municípios que merecem ser mencionados em termos de população urbana absoluta são Areia Branca, Apodi e Pau dos Ferros, contudo, Apodi é o de menor taxa de urbanização com apenas 50%, contra 80% em Areia Branca e 92% em Pau dos Ferros no ano de 2010.

Figura 8 – População urbana dos municípios da BHRAM, anos de 2000 e 2010.

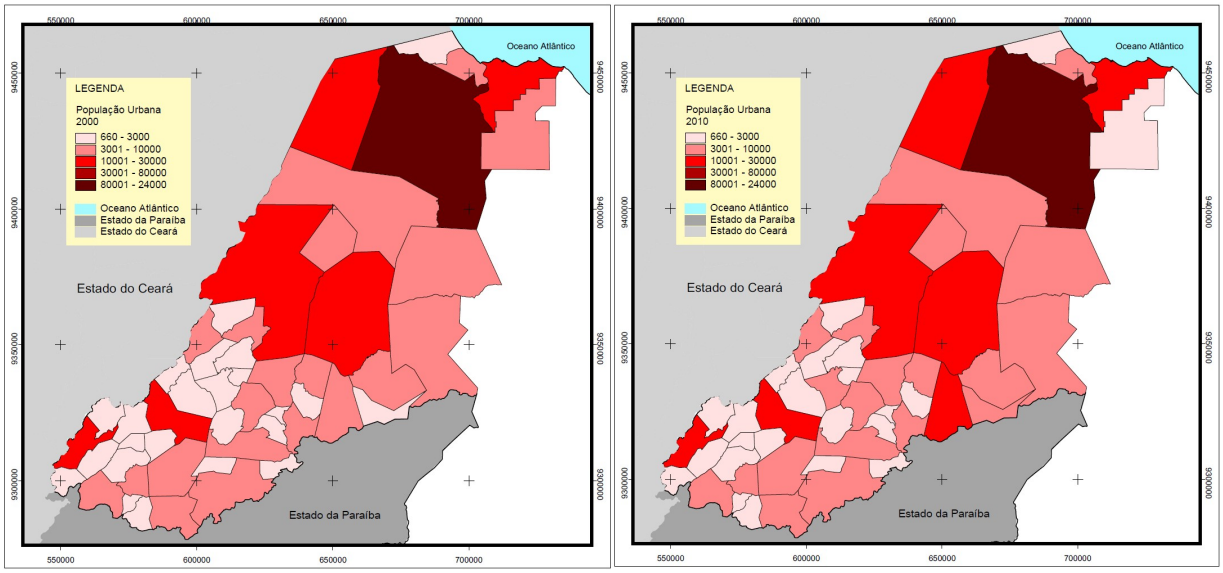


Fonte dos dados: IBGE (2000; 2010)

Na formação do Produto Interno Bruto (PIB) na BHRAM, observa-se a importância do setor de serviços que é responsável por 58% do PIB total tanto em 2000 como em 2010. A indústria contribui com 32% no ano de 2000 e com 27% em 2010, sendo o segundo setor mais importante para formação do PIB. Os impostos representam 7% em 2000 e 10% em 2010 ocupando a terceira colocação em termos de contribuição para o PIB. A agropecuária passou de 3% em 2000 para 5% em 2010 ficando em último lugar na formação do PIB da BHRAM.

É evidente que as atividades ligadas ao petróleo, as salinas e as empresas de cimento têm uma forte contribuição no incremento do PIB industrial. O setor agropecuário vem mostrando uma evolução positiva, com uma forte influência dos municípios de Mossoró e Baraúna onde foi expandido nos últimos dez anos o setor do agronegócio.

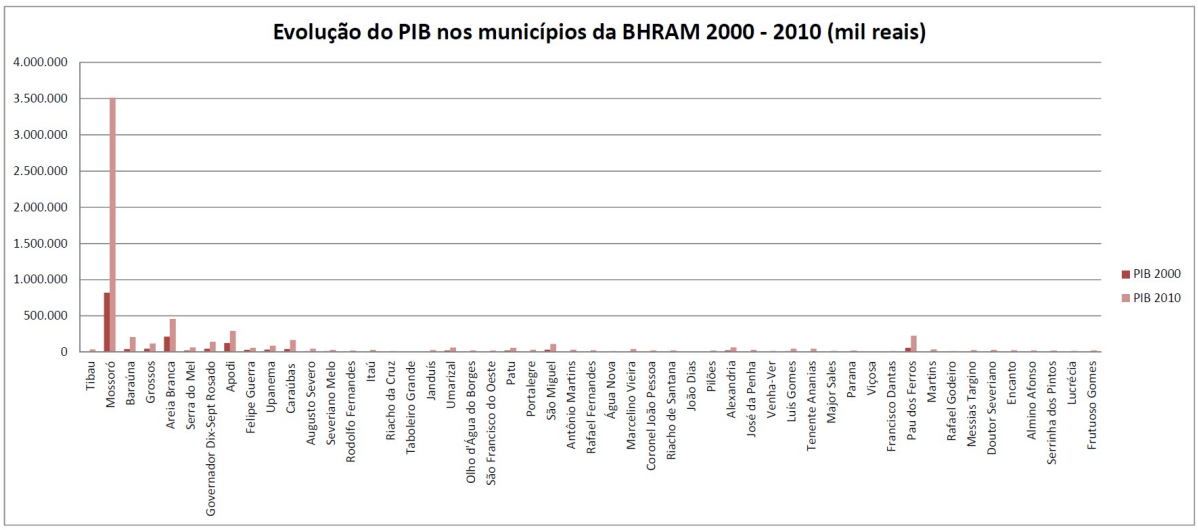
Figura 9 – Distribuição espacial da população urbana dos municípios da BHRAM, anos de 2000 e 2010.



Fonte dos dados: IBGE (2000; 2010)

Na Figura 10 pode ser observada a supremacia de Mossoró com relação aos outros municípios no que se refere a produção de riquezas. Destaca-se também o forte incremento do PIB no município de Mossoró entre os anos de 2000 e 2010, onde esse passou de R$ 818.311.000,00 em 2000 para R$ 3.514.550.000,00 no ano de 2010, um aumento aproximado de 329%. Já em 2018 o PIB de Mossoró subiu para, aproximadamente, R$ 6.500.000,00. Outros municípios que apresentaram aumentos significativos do PIB foram Baraúna (393% de aumento), Areia Branca (113% de aumento), Apodi (137% de aumento) e Pau dos Ferros (290% de aumento).

Figura 10 – Valores do PIB nos municípios da BHRAM, anos de 2000 e 2010.

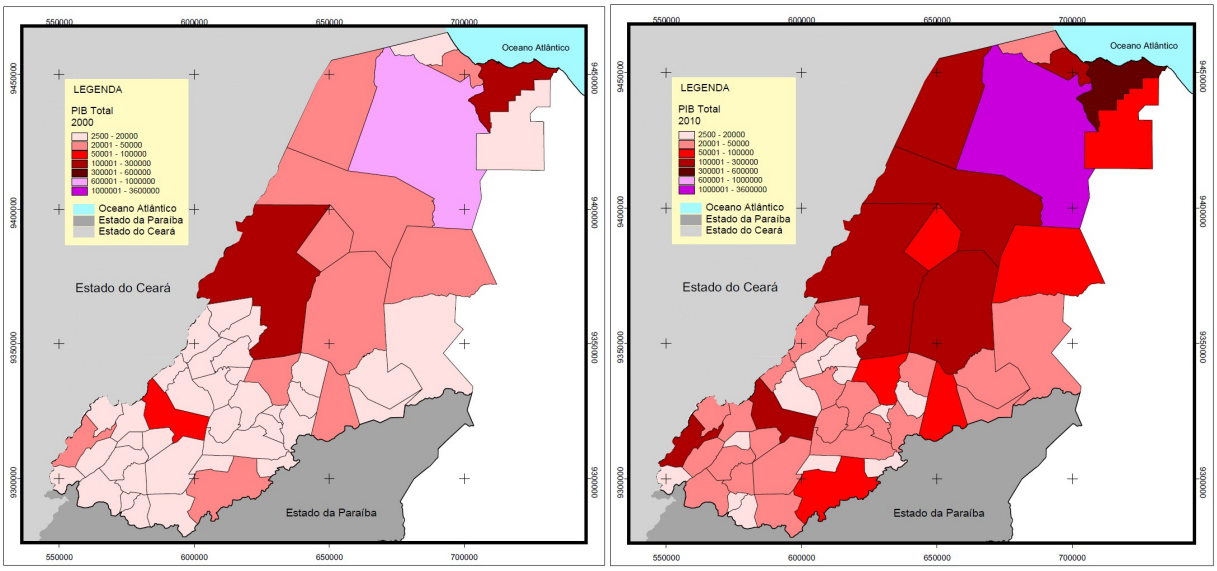


Fonte dos dados: IBGE (2000; 2010)

Na Figura 11 pode ser observada a distribuição espacial do PIB nos municípios da BHRAM e a evolução deste indicador entre os anos de 2000 e 2010. No ano de 2000 pode ser notado no cartograma que os municípios com maiores valores de PIB estão concentrados na Chapada do Apodi (médio curso inferior e baixo curso da BHRAM) e os municípios que estão nas classes inferiores de PIB representam a maior parte dos municípios do médio curso superior e alto curso da BHRAM. Uma exceção na região do médio curso superior, o município de Pau dos Ferros estava na classe de até R$ 100.000.000,00 do valor do PIB em 2000 e passou para a classe de até R$ 300.000.000,00 em 2010.

De um modo geral, verificando as mudanças do cartograma do ano 2000 e do ano de 2010, percebe-se um incremento do PIB na maior parte dos 51 municípios da BHRAM, com destaque para os municípios de Baraúna, Areia Branca, Governador Dix Sept Rosado, Caraúbas e Mossoró.

Figura 11 – Distribuição espacial do PIB nos municípios da BHRAM, anos de 2000 e 2010 em mil reais.



Fonte dos dados: IBGE (2000; 2010)

O Plano de Recursos Hídricos e a necessidade de zoneamento[1]

A Lei 9.433 de 1997 estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e deu diretrizes gerais para a gestão da água no Brasil. Entre os aspectos que merecem destaque, a referida lei tem como um dos seus fundamentos a adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial para sua implantação. Mesmo centralizada no recurso natural água, percebe-se que a legislação em tela já considera a necessidade de gestão de outros componentes naturais da bacia e a integração entre gestão dos recursos hídricos e gestão ambiental.

[1] Texto adaptado do artigo: As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 26-43, 2014.

O Art. 3º apresenta diretrizes gerais de ação para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, entre as quais:

- ✓ a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- ✓ a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;

As diretrizes destacadas expõem a necessidade de articulação entre a PNRH e a PNMA, considerando especialmente o instrumento de gestão territorial que é o ZEE, responsável por normatizar o uso do solo com a finalidade de equacionar a exploração econômica e a conservação ambiental.

No Art. 5º apresenta o Plano de Recursos Hídricos como um instrumento para a gestão das bacias hidrográficas. São planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e devem apresentar um diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; a análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas a proteção dos recursos hídricos, entre outras informações.

Mais uma vez pode ser percebida a importância do zoneamento para o PRH, uma vez que este deve propor a criação de áreas sujeitas a restrição de uso. Argumentando a favor da necessidade de articulação entre PRHs e o zoneamento, Lima (2006) destaca que é:

> [...] um tanto óbvio dizer que a relação entre o que se faz numa bacia hidrográfica em termos de ocupação, uso dos recursos naturais, movimentação de solo, erosão, impermeabilização, desmatamentos, emissão de poluentes, exerce impactos diretos na quantidade e qualidade da água disponível na bacia. (LIMA, 2006, p. 143)

Ainda nessa perspectiva cita-se que:

> O zoneamento das águas e o zoneamento do território guardam relação direta, pois seria impossível manter as águas que se prestam a usos mais nobres com a liberalização do uso do território. (SANTOS, 2001, apud LIMA, 2006, p. 149).

A forma como estão dispostos hoje os instrumentos PRHs (da PNRH) e o ZEE (da PNMA), caminhando paralelamente, sem articulações necessárias e muitas vezes concorrendo para o mesmo fim que é a gestão do território, representa em última instância uma ineficiência da gestão pública que deposita recursos financeiros apoiando ações que muitas vezes se sobrepõem dificultando a gestão das bacias hidrográficas e criando inseguranças jurídicas. Lima (2006) considera vital a integração entre os estudos do ZEE com os PRH. “E, se assim

deve ser, a criação de mecanismos interinstitucionais de composição e de processamento dessa correlação é condição para os objetivos tanto de um quanto de outro." (LIMA, 2006, p. 150).

Considerações finais

As questões de ordem natural, socioambiental, econômicas, legais e políticas abordadas neste capítulo transparecem a complexidade envolta ao desafio do planejamento ambiental integrado da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Uma bacia economicamente importante e com grande potencial ainda a ser explorado no que se refere ao uso sustentável dos recursos naturais, mas que vem experimentando um modelo de exploração desordenado e que coloca em risco a sustentabilidade em médio e longo prazos.

A transposição das águas do rio São Francisco precisa ser encarada como uma oportunidade para a revisão do modelo de exploração da bacia, considerando questões que passam pela melhor distribuição dos investimentos e da geração de renda em todos os setores da bacia, pelo fortalecimento da gestão participativa, pela observância dos limites de exploração dos sistemas ambientais, pela integração do Plano de Recursos Hídricos com o Zoneamento Ecológico-Econômico, pelo saneamento, em especial, nas zonas urbanas com forte densidade demográfica, pela atenção e cumprimento às legislações ambientais e pela adoção do princípio da sustentabilidade como fundamento para o planejamento e gestão da bacia.

Referências

BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 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 nos 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.Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 10 de novembro. 2012.

_____ Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 12 de outubro de 2010.

GUERRA, A. J. T. Reflexões sobre a geografia física no Brasil.Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

CARNEIRO, P. R. F. et al. A Gestão Integrada de Recursos Hídricos e do Uso do Solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí, na Baixada Fluminense. Ambiente & Sociedade. Campinas v. XIII, n. 1 p. 29-49. jan.-jun, 2010.

CARPI JUNIOR, S.; MALAQUIAS JUNIOR, J. R. Dinâmica ambiental em microbacias hidrográficas de Monte Mor – SP: propostas para o plano diretor. OLAM – Ciência e Tecnologia. Rio Claro – SP. v. 8, nº 3, p. 85 – 110, jul – dez, 2008.

CARVALHO, R. G. Análise de sistemas ambientais aplicada ao planejamento: estudo em macro e mesoescala na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Tese de Doutorado em Geografia. Universidade Federal do Ceará, 2011.

CAVALCANTE, M. B.; ARRUDA, L. V. O planejamento dos recursos hídricos na caatinga: um olhar sobre as condições ambientais do rio Calabouço – PB/RN. Revista Caminhos de Geografia. Uberlândia – MG. v. 9, n. 28, p. 221 – 231, dez., 2008.

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Mapa de Temperatura Anual. [200-?a]. Acesso em 16/08/2010. Disponível em http://www.emparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/emparn/arquivos/meteorologia /climatologia/temperatura.htm

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Mapa de Precipitação Anual. [200-?b]. Acesso em 16/08/2010. Disponível em http://www.emparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/emparn/arquivos/meteorologia /climatologia/PrecClimatologica/anochuva.htm

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2010. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 mar. 2014

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2000. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/censo/>. Acesso em: 12 mar. 2014

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário, 2006. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=>. Acesso em: 31 mar. 2014.

LIMA, A. Zoneamento Ecológico Econômico à luz dos direitos socioambientais. Curitiba: Juruá, 2006.

MAGALHÃES JR., A. P. Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MAGALHÃES, D. S. Zoneamento ecológico econômico versus planos de recursos hídricos, com aplicação na região norte do estado de Tocantins. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

MATEO, J. La cuestión ambiental desde uma vición sistémica. Revista Ideias Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales, Nov. 2005.

NASCIMENTO, F. R. Identificação de áreas susceptíveis à desertificação em bacia intermitente sazonal no simi-árido brasileiro. Boletim Goiano de Geografia. Goiania – GO. v. 29, nº 2, p. 71 – 82, jul / dez, 2009.

NUNES, E. Geografia Física do Rio Grande do Norte. Natal: Imagem Gráfica, 2006.

SILVA, E. B.; FERREIRA JUNIOR, L. G. Taxas de desmatamento e produção agropecuária em Goiás – 2003 a 2007. Revista Mercator. Fortaleza – CE. ano 9, n. 18, 2010.

PORTO, M. F. A.; PORTO R. La L. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados 22 (63), 2008.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da geoecologia da paisagem. In. FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E (org.). Diálogos em geografia física. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUEZ, J.M.M; SILVA, E.V. Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edição UFC, 3ª edição, 2018.

ROSS, J. L. S. Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SCHEIBE, L.F; DORFMAN, A. Ensaios a partir de a natureza do espaço. Florianópolis: Fundação Boiteux, 2007.

SILVA, E.V; RODRIGUEZ, J.M.M; MEIRELES, A.J.A – (Organizadores) Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas. Edições UFC: Fortaleza, 2011.

SOBRINHO, J. F.; ROSS, J. L. S. O processo de erosão em ambiente de superfície sertaneja – Varjota (CE). Revista GEOUSP – Espaço e Tempo. São Paulo – SP. n 21, 2007.

SOUSA, A. S.; LIMA, C. V. Capacidade de uso das terras como suporte ao planejamento ambiental na bacia hidrográfica do ribeirão Santo Antônio – Iporá-GO. Boletim Goiano de Geografia. Goiania – GO. v. 27, nº 3, p. 91 – 101, jul / dez, 2007.

TRIGUEIRO, E. R. DA C.; OLIVEIRA, V. P. V.; BEZERRA, C. L. F. Indicadores biofísicos e a dinâmica da degradação / desertificação no bioma caatinga: estudo de caso no município de Tauá, Ceará. REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA. Fortaleza – CE. v. 3, n. 1, p. 62 – 82, jun., 2009.

CAPÍTULO 8

CONSERVAÇÃO DAS NASCENTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ

Clara Lívia Câmara e Silva

José Mairton Figueiredo de França

Luênia Kaline Tavares da Silva

João Vinícius Cruz Barbosa

Introdução

No Brasil, os recursos hídricos têm sido uma das principais preocupações com relação as problemáticas ambientais, principalmente no atual cenário onde foi vivenciadas períodos de estiagem em diferentes regiões (Norte no ano de 2005, sudeste entre os anos de 2014 e 2015 e na região Nordeste dos anos 2012 a 2017) (DE NYS, et al, 2016). Na região Nordeste, aspectos como o crescimento populacional, poluição, desmatamento e a escassez de chuvas em algumas regiões tem comprometido a qualidade e a quantidade de água disponíveis.

O estado do Rio Grande do Norte (RN) possui um total de 16 bacias hidrográficas, algumas federais e outras estaduais. A maioria destas inseridas no Bioma Caatinga, que tem como características a alta temperatura aliada aos grandes índices de evapotranspiração natural da região nordeste (IGARN, 2009).

Uma das principais características das bacias inseridas inteiramente no semiárido são os cursos d'água intermitentes, onde durante o período seco suas águas deixam de fluir naturalmente. Mas, no código florestal (Lei Nº 12.651 / 2012) esse tipo de rio é considerado grande relevância.

Na referida lei as nascentes perenes ou intermitentes são consideradas como áreas de preservação permanente, cuja área de vegetação ciliar em seu entorno deve conter um raio mínimo de 50 m.

As nascentes são conceituadas de forma a diferenciar as perenes e as intermitentes. As perenes são denominadas de NASCENTE e são conceituadas como "afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água". Já as intermitentes são denominadas OLHOS D'ÁGUA e seu conceito é "afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente" (BRASIL, 2012).

De toda forma, as nascentes e os olhos d'água veem diminuindo suas vazões ou, em muitos casos, até deixando de aflorar. Os córregos, rios e demais corpos d'água também sofrem os mesmos problemas, pois dependem das nascentes e olhos d'água para sua manutenção e sobrevivência (FERREIRA et al 2011).

São notórias a fragilidade natural das áreas onde se encontra nascentes e a intensidade das interferências antrópicas nas áreas de preservação permanente, como as atividades agropecuárias, o uso de defensivos agrícolas, as queimadas, a supressão vegetal, os processos erosivos e a ocupação urbana (NERES, 2014).

Além de compreender a grande importância das nascentes, é fundamental reconhecer a sua fragilidade diante das agressões às quais estão sujeitas, principalmente, em decorrência das atividades humanas. Pensando nisso, o governo do Estado do Rio Grande do Norte, por meio da Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), desenvolveu o Projeto Plantadores de Água, o qual visa conhecer, proteger e auxiliar no processo de recuperação ambiental das nascentes no RN.

O projeto dispõe de um conjunto de medidas para contribuir no reestabelecimento do ecossistema que foi degradado, atuando não só como ponto de partida estratégico para recuperação da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, mas também na conscientização dos envolvidos sobre a importância da conservação da biodiversidade, da estabilidade geológica, do fluxo gênico de fauna e flora, do solo, da geração de trabalho, da manutenção e ampliação da beleza cênica de uma paisagem e do bem-estar das populações humanas. A primeira etapa do projeto compreendeu o diagnóstico técnico e participativo, que localizou 63 pontos de nascentes na Bacia hidrográfica Apodi-Mossoró, em 7 municípios visitados. As visitas de campo contemplaram, não somente o georreferenciamento dessas nascentes, como também a identificação dos principais problemas que ameaçam suas existências.

Levantamento e estado de conservação das nascentes

Coronel João Pessoa

O município possui quatro nascentes identificadas, são elas: nascente do Coité, da Mata Redonda, Saco dos Oitis e da Pescaria (Figura 1), todas localizadas na zona rural e consideradas perenes, ou seja, se manifestam durante o ano todo,

mas as vazões podem variar ao longo dele. Dessas nascentes, três estão localizadas em propriedades privadas.

As nascentes do Coité, da Mata Redonda e Saco dos Oitis apresentam baixo nível de preservação devido às interferências antrópicas das comunidades circunvizinhas. A maioria dessas interferências são provocadas pela presença do gado e cultivos agrícolas. O acesso até a nascente da Pescaria não foi possível devido à densa vegetação, o relevo íngreme e o solo pedregoso, entretanto, nas proximidades encontram-se riachos que se originam no alto da serra, descem e desaguam num reservatório de aproximadamente 420m^2, conhecido popularmente como Poço Corredor. O difícil acesso a nascente e os riachos atestam que o nível de antropismo no entorno da nascente é mínimo.

Figura 1 - A - Nascente do Coité; B - Nascente da Mata Redonda; C - Nascente Saco dos Oitis; D - Riacho da nascente da Pescaria.



Fonte: SEMARH (2018)

Doutor Severiano

O município possui seis nascentes identificadas, são elas: nascente do Comprido, da Castanhola, da Ingazeira, dos Correia, Trapiá e do Baldo (Figura 2). Todas localizadas em propriedades privadas, na zona rural e consideradas perenes.

As nascentes do Comprido, Castanhola e Ingazeira, estão cerca de 100 metros próximas uma da outra e possuem acesso facilitado através de trilhas abertas

com presença de pessoas e animais frequentando o local, porém, não apresentam danos graves no que se refere à conservação.

A nascente dos Correia encontra-se a aproximadamente a 70 m de uma área voltada para atividades de agricultura e pecuária, porém as águas apenas para dessedentação animal.

A nascente do Trapiá encontra-se distante de áreas povoadas, estando cerca de 5km distante da zona urbana do município, portanto, a interferência no local é mínima, com exceção de uma mangueira de longo alcance com objetivo de captar água para abastecimento rural na comunidade mais próxima.

A nascente do Baldo apresenta antropização devido a uma cacimba construída ao lado da nascente e que era usada para diversos fins. Atualmente é utilizada apenas para pequenas atividades agropecuárias.

Figura 2 - A - Nascente do Comprido; B - Nascente da Castanhola; C - Nascente da Ingazeira; D - Nascente dos Correa; E - Nascente do Trapiá e F - Nascente do Baldo.



Fonte: SEMARH (2018)

Luís Gomes

Devido a vegetação densa, o relevo íngreme e o solo pedregoso ao longo do caminho para se chegar a maioria das nascentes do município, a equipe técnica da SEMARH e da UFERSA chegou apenas até a nascente da Cacimba (Figura 3), localizada próxima a entrada principal da zona urbana. Além da nascente da Cacimba, os moradores da região informaram a existência de duas nascentes,

uma na Comunidade de Ovelhas, outra num sítio de propriedade do Senhor Luís Belo, ambas inacessíveis.

A área onde se encontra a nascente da Cacimba apresenta-se degradada, com vegetação removida ou substituída e solo compactado. Isso se deve ao acesso facilitado e a proximidade com a zona urbana, possibilitando que pessoas e animais frequentem o local de afloramento. É importante destacar que esta nascente possui uma relação histórica e cultural com a comunidade do município, haja vistas os longos períodos de estiagem enfrentados pela população onde somente a nascente da cacimba abastecia toda a comunidade.

Figura 3 – A - Trilha de acesso a nascente e B - APP e cerca de proteção da nascente.



Fonte: SEMARH (2018)

Martins

O município possui seis nascentes identificadas, são elas: nascente do Lamarão, da Dona Rita, do Senhor Silvério, da Gruta de João Barreto, da Forquilha e do Hotel Serrano (Figura 4). Todas localizadas em propriedades privadas, sendo cinco delas na zona rural e apenas uma na zona urbana, com regime de afloramento considerado nas três primeiras perene e nas três últimas temporário.

A nascente do Lamarão está localizada a cerca de 300 metros de distância da zona urbana municipal. A nascente apresenta baixa interferência antrópica e à montante existem residências com atividades agropecuárias, havendo a possibilidade de escoamento de resíduos, contaminando a água.

A nascente da Dona Rita localiza-se em área de difícil acesso distante da zona urbana. Há um poço construído em seu entorno e a água é impedida de escoar vertente abaixo. A água já foi utilizada para abastecer a comunidade, porém, hoje, encontra-se abandonada.

A nascente do Senhor Silvério encontra-se a 360 metros de distância da rodovia RN 117. A vegetação do entorno apresenta alto grau de perturbação e o solo apresenta-se erodido. Existe uma pequena área voltada para agropecuária, a montante da nascente, cerca de 250 metros de distância.

A nascente da Gruta de João Barreto localiza-se numa região de terreno íngreme a jusante, de uma área com residências. Não foi possível constatar fluxo de água devido ao assoreamento do local de drenagem. Na APP foram encontradas marcas de drenagem de água pluvial e resíduos possivelmente advindos das residências citadas anteriormente.

A nascente da Forquilha encontra-se numa área pouco povoada e fica à 2,5 km da zona urbana. Atualmente encontra-se seca, possivelmente, conforme relatos da comunidade, devido à perfuração de poços na região. No entorno da nascente o solo apresenta ravinas e a vegetação indícios de ações antrópicas.

A nascente do Hotel Serrano está localizada no terreno do Hotel num local cercado, porém, de fácil acesso para a população. A nascente encontra-se seca e havia presença de efluentes domésticos, bem como resíduos sólidos no local. A infraestrutura do hotel está localizada a 75 metros de distância da APP.

Portalegre

O município possui dez nascentes identificadas, são elas: nascente do Brejo, da Dona Letícia, da Bica, da Cacimba, da Lavanderia, do Simão Dias 1 e Simão Dias 2, do Cafundó, do Estrondo e do Palé (Figuras 5 e 6). As sete primeiras citadas estão próximas, ou inseridas na zona urbana, as restantes na zona rural. Todas são perenes, exceto as nascentes Simão Dias 2 e Estrondo, que são temporárias.

As nascentes do Brejo e de Dona Letícia encontram-se próximas entre si, cerca de 150 metros de distância, e estão localizadas em propriedades privadas onde as práticas agropecuárias são constantes e próximas ao local de afloramento, elevando o nível de degradação no entorno da nascente. As águas das nascentes são utilizadas para abastecimento rural e doméstico. Na do Brejo, a água que aflora é represada e puxada através de bombas.

Figura 4 – A - Nascente do Lamarão; B - Nascente de Dona Rita; C - Nascente da Gruta de João Barrento; D - Nascente da Forquilha; E - Nascente do Senhor Silvério e F - Nascente do Hotel Serrano.



Fonte: SEMARH (2018)

As nascentes da Bica e da Cacimba também se encontram próximas entre si, aproximadamente 180 metros de distância. A nascente da Bica está inserida numa Unidade de Conservação e é utilizada também como ponto turístico, favorecendo a antropização da área de proteção ambiental. Apesar da proximidade com a nascente da Bica, a nascente da Cacimba apresenta-se mais preservada, pois se localiza distante da área com infraestrutura voltada ao público.

A nascente da Lavanderia está localizada às margens da rodovia que leva a área urbana municipal. Aflora num local onde depois foi construída uma lavanderia pública para se aproveitar a água da nascente. O local apresenta-se abandonado, com presença de resíduos, vegetação natural degradada no entorno e solo com erosão acentuando o declive de drenagem.

A nascente Simão Dias 1 está localizada numa propriedade privada e o acesso se dá através de uma pousada, distante cerca de 170 metros a montante da nascente. É cercada por tijolos, represada, e no local há bombas de sucção para utilização da água no abastecimento da pousada e do mirante, ponto turístico do município.

Na nascente Simão Dias 2 foi possível identificar dois pontos de afloramento na área indicativa da nascente. No primeiro não havia água e foram encontrados ossos de animais. No segundo o acesso foi impossibilitado devido ao terreno íngreme e vegetação densa.

A nascente do Cafundó encontra-se numa região conhecida como Serrinha, distante cerca de 7 km da zona urbana municipal. A vegetação nativa no entorno possui características de mata atlântica e caatinga em bom estado de conservação. O açude Serrinha está a 120 metros do olho d'água.

A nascente do Estrondo está localizada a cerca de 6 km da zona urbana municipal. Existem plantações de milho e feijão numa distância de 50 metros a oeste do olho d'água.

Na nascente do Palé existem dois barramentos construídos para o represamento das águas da nascente. A nascente encontra-se num sítio onde se pratica atividades agrícolas e há a presença constante de animais domésticos e de criação nas proximidades do olho d'água.

Figura 5 – A - Nascente do Brejo; B - Nascente de Dona Letícia; C - Nascente da Bica; D - Nascente da Cacimba; E - Nascente da Lavanderia Pública e F - Nascente de Simão Dias.



Fonte: SEMARH (2018)

Figura 6 – A - Nascente de Simão Dias 2; B - Nascente do Cafundó; C - Nascente do Estrando e D - Nascente do Palé.



Fonte: SEMARH (2018)

São Miguel

No município foram identificadas 12 nascentes, são elas: cacimba da Prefeita, cacimba Manuel Vieira, cacimba Manuel Vieira 2, cacimba Alto de Santa Tereza, cacimba Luizinho das Areias, cacimba Terezinha Felix (Figura 7), cacimba do Potó, nascente do Buracão 1, nasceste do Buracão 2, nascente de Sitio de Bentinho, Olho d'água Dantas 1 e Olho d'água Dantas 2.

As sete primeiras citadas estão inseridas na zona urbana, as restantes na zona rural. As nascentes têm fluxo perene, com exceção da cacimba Alto de Santa Tereza. Algumas estão em sua forma natural e outras protegidas por estrutura de alvenaria em forma de poços ou cacimbas. Por estar dentro da zona urbana, a vegetação no entorno e as zonas de recarga estão comprometidas.

As nascentes do Buracão 1 e 2 estão localizadas a 7 km da zona urbana do município e estão distantes 40 metros uma da outra. A primeira encontra-se seca. Na segunda foi possível encontrar água, porém não há informações sobre o uso. Apresentam baixa interferência antrópica, tendo vegetação e zona de recarga preservada.

A nascente do Sítio Bentinho está localizada a 6 km de distância da zona urbana. Segundo o proprietário do sítio, a nascente apresenta-se seca desde 2015. A água era utilizada para dessedentação animal, através da construção de uma cacimba. A zona de recarga encontra-se preservada, e a vegetação do entorno está levemente alterada.

Os olhos d'água Dantas 1 e 2 estão localizados numa propriedade privada a 9 km de distância da zona urbana. Possuem fluxo de água perene e a vegetação dentro da APP indica baixo grau de intervenção antrópica. A BR-226 está distante 100 metros, a montante do olho d'água Dantas 1, e algumas residências distantes cerca de 400 a 500 metros, a margem da BR. A oeste, cerca de 65 metros, há uma pequena barragem para represar água vinda do olho d'água Dantas 2.

Figura 7 - A - Cacimba da Prefeita; B - Cacimba Manuel Vieira 1; C - Manuel Vieira 2; D - Cacimba Alto de Santa Tereza; E - Cacimba Luisinho das Azarias e F - Cacimba de Teresinha Félix.



Fonte: SEMARH (2018)

Tenente Ananias

No município foram identificadas 16 nascentes, são elas: nascentes Vila Mata 1 e 2, da Grota Funda 1 e 2, de São Braz 1 e 2, da Serra Negra 1, 2 e 3 (Figura 8) e Albuquerque 1 à 7. Todas localizadas na zona rural e em propriedade privada.

As nascentes Vila da Mata 1 e 2 possuem fluxo temporário e estão localizadas próximas a comunidade Vila Mata. Em ambas não há registro quanto a utilização

da água e foi possível observar a presença excremento de animais próximos as nascentes. Dentro da zona de influência há prática de pecuária.

Com relação a Grota Funda 1 e 2 são perenes e estão localizadas a cerca de 2 km da zona urbana do município. Não há evidências quanto ao uso das nascentes. Dentro da APP foram encontrados excrementos de animais de criação.

As nascentes São Braz 1 e 2 estão localizadas na região conhecida como São Braz, as duas tem fluxo d'água temporário. O acesso às nascentes se dá através de uma fazenda distante 450 metros da nascente São Braz 01. O solo e a vegetação nos 50 metros de APP encontram-se preservados, pois o acesso é dificultado pela vegetação densa.

As nascentes Serra Negra 1 possui fluxo temporário e a 2 e 3 são perenes. As nascentes são próximas entre si, por isso apresentam características ambientais semelhantes. Marcas de pneus no solo e resíduos sólidos foram encontradas na trilha de acesso, dentro da APP e zona de influência.

A região da Serra de Albuquerque possui sete nascentes, sendo cinco delas, Albuquerque 1 a 5 localizadas em um vale a aproximadamente 8 km da zona urbana municipal. As cinco nascentes citadas encontram-se às margens de uma estrada carroçável que passa ao longo do vale onde elas afloram, evidenciando o fácil acesso e a influência antrópica sobre elas.

Não foi possível chegar até as nascentes 6 e 7 devido ao difícil acesso e periculosidade do local. De acordo com o guia, as áreas onde as nascentes se encontram estão preservadas, pois a influência antrópica é mínima. As zonas de recarga estão preservadas, com pequenas intervenções antrópicas devido a presença de caçadores.

Figuras 8 – A - Riacho da nascente Vila Mata 1; B - Nascente Vila Mata 2; C - Nascente Grota Funda 1; D - Nascente Grota Funda 2; E - Riacho da nascente São Braz 1; F - Nascente Serra Negra 2; G - Nascente Serra Negra 3 e H - Nascente Serra Negra 1.



Fonte: SEMARH (2018)

Considerações finais

Ao todo foram encontrados 63 pontos de nascentes na Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró, dessas, a maioria perene, possui sua Área de Preservação Permanente sem cerca de proteção ou placa indicativa. Há evidências do uso das águas desses afloramentos para dessedentação animal, abastecimento rural, atividades agropecuárias e de lazer. Foram encontradas ainda a presença de bombas de sucção e poços perfurados nas áreas dessas nascentes.

Foi identificado que as nascentes de fluxo perene e constante, inclusive na estação seca, são localizadas em região de depressão, o que denota o surgimento do afloramento em decorrência da inclinação da camada impermeável ser menor do que a da encosta, permitindo que o lençol freático aflore até a superfície.

Foi possível observar por meio do alto grau de degradação das nascentes e mediante informação coletadas no processo do diagnóstico aqui relatado, a relação entre as nascentes e as comunidades, que cresceram no entorno dos olhos d'água. Muitas comunidades foram abastecidas unicamente por essas nascentes nos longos períodos de estiagem, comuns no semiárido nordestino.

É importante ressaltar a necessidade da preservação e da recuperação das nascentes da Bacia Hidrográfica Apodi-Mossoró de maneira que haja a participação e o envolvimento das comunidades locais, tornando possível a conscientização e a promoção do manejo adequado e sustentável dessas áreas de relevante valor ambiental e social para esses municípios.

Referências

Brasil. 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 01 jul 2019.

DE NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. Secas no Brasil: política e gestão proativas. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos- CGEE; Banco Mundial, 2016. 292 p.

FERREIRA, R. A. et al . Nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim, estado de Sergipe: da degradação à restauração. Rev. Árvore, Viçosa , v. 35, n. 2, p. 265-277, Apr. 2011 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000200011&lng=en&nrm=iso>. access on 13 Jul 2019. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000200011.

IGARN - Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. Disponível em http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/doc/DOC000000000028892.PDF. Acessado em 05 jul 2019.

NERES, SUELLEN CRISTIANE TAVARES. Nascentes da região serrana de Martins e Portalegre, Rio Grande Do Norte: aspectos hidrodinâmicos e macroscópicos como subsídio à conservação. Dissertação de Mestrado (Ciências Naturais). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró, RN, 2014

SEMARH - Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (2018). Projeto Plantadores de Água. Diagnóstico das nascentes da Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Natal-RN. Disponível em: http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/semarh/DOC/DOC000000000189153.PDF acessado em 01 jul 2019.

CAPÍTULO 9

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MAPEAMENTO DOS ESPELHOS D'ÁGUA DE RESERVATÓRIOS DO RIO GRANDE DO NORTE

Antônio Helton da Silva Barbosa

Miguel Dragomir Zanic Cuellar

Melquisedec Medeiros Moreira

Kátia Alves Arraes

Camila Saiury Pereira Silva

Introdução

Nos últimos anos em meio à crise hídrica que afetou várias regiões do Brasil, em particular a região semiárida no período de 2012 a 2017, as reservas hídricas superficiais vêm sendo constantemente monitoradas, devido a sua importância como suporte à vida e ao desenvolvimento socioeconômico.

Por se tratar de um tema de grande relevância, visto que os recursos hídricos são imprescindíveis para a humanidade, o monitoramento periódico dos sistemas hídricos é essencial para promover o gerenciamento adequado das águas. Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto oferece uma gama de alternativas para a observação contínua deste recurso natural, permitindo diversas aplicações, como a detecção, o mapeamento, e a caracterização bio-óptica dos corpos d'água em larga escala (BARBOSA; NOVO; MARTINS, 2019). Além disso, ainda é capaz de analisar extensas áreas em menor tempo e com melhor custo-benefício.

A utilização do Sensoriamento Remoto para o estudo e monitoramento dos recursos hídricos é bastante diversificado e de grande relevância. Um exemplo são as aplicações em pesquisas para o monitoramento do volume de água em reservatórios utilizando imagens do satélite Landsat 8 (NAMIKAWA, 2015),

mapeamento dos espelhos d'água do Brasil (MARTINS *et al*., 2007) e mapeamento e análise dos espelhos d'água dos principais reservatórios do semiárido do Rio Grande do Norte (BARBOSA *et al*., 2019).

Outro exemplo, para o Rio Grande do Norte, foi a Tese de Doutorado "Mapeamento geotécnico e reconhecimento dos recursos hídricos e do saneamento da área urbana do Município de Natal-RN: subsídios para o plano diretor" (MOREIRA, 2002 e MOREIRA *et al*., 2018), em que foram usadas técnicas de Sensoriamento Remoto/Geoprocessamento para poder traçar um modelo do aquífero que abastece a cidade. Com essas informações espacializadas em ambiente de geoprocessamento, é possível fazer simulações no sentido de garantir à boa utilização do aquífero.

Assim, os produtos do Sensoriamento Remoto têm apresentado grandes aplicabilidades para o monitoramento e gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi mapear e analisar, por meio de Sensoriamento Remoto, a dinâmica de expansão e redução dos espelhos d'água dos principais reservatórios das bacias hidrográficas dos rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu a fim de investigar a dinâmica de ganho e perda de superfície de água apresentada pelos reservatórios durantes os últimos seis anos de seca, compreendendo o período de 2012 a 2017.

Metodologia

Caracterização da área de estudo

A área objeto deste estudo (Figura1) são os principais reservatórios das duas maiores bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Norte, as bacias hidrográficas dos Rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu. Inseridas geograficamente na Região Semiárida Brasileira, estas duas bacias ocupam quase 70% do semiárido potiguar.

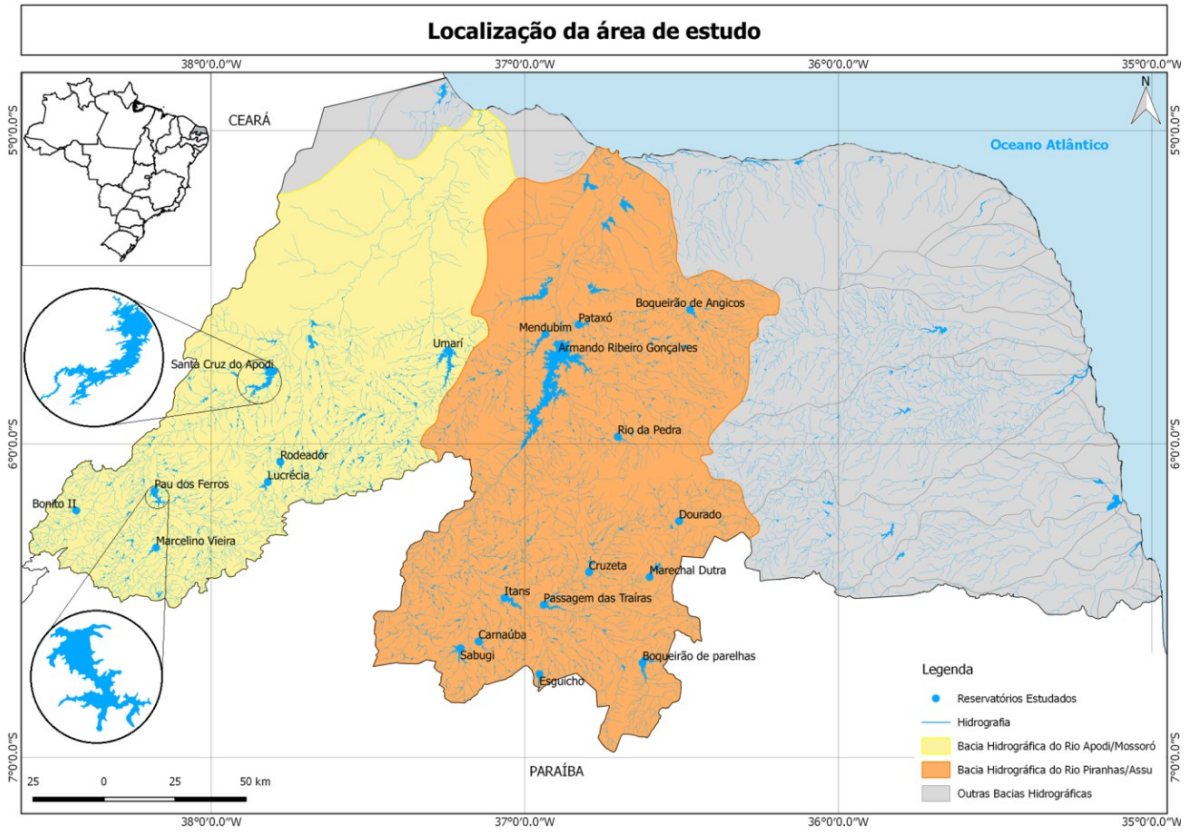
Atualmente, o Estado do Rio Grande do Norte é subdividido em dezesseis bacias hidrográficas, sendo a bacia do Rio Apodi/Mossoró (14.276,00 Km^2) e do Rio Piranhas/Assu (17.498,50 Km^2) as maiores em área bem como em disponibilidade hídrica superficial.

Sob esse aspecto, as bacias hidrográficas dos Rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu concentram respectivamente cerca de 21,5% e 76,1% da disponibilidade hídrica superficial do Estado, representando um montante de aproximadamente 97,6% (ANA, 2005).

Considerando a relevância hídrica de tais bacias hidrográficas para Estado, foram construídos, ao longo do tempo, vários reservatórios a fim de garantir e promover o uso múltiplo das águas nesta região. Com isso, alguns trechos dos Rios Apodi/Mossoró e Piranhas/Assu foram perenizados a jusante das

barragens com maior capacidade hídrica, ou seja, as barragens Santa Cruz do Apodi e Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves.

Figura 1 - Localização dos reservatórios estudados, com destaque para as barragens de Santa Cruz do Apodi e Pau dos Ferros



Fonte: Adaptado da SEMARH (2019).

Nesse estudo, foram considerados como principais reservatórios aqueles julgados estratégicos para o abastecimento da porção semiárida do Estado do Rio Grande do Norte e que possuem capacidade hídrica acima de 10 milhões de metros cúbicos. Tais informações foram coletadas a partir de dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH).

Geoprocessamento dos dados

Para realizar o mapeamento espacial e temporal do comportamento das principais reservas hídricas superficiais do semiárido potiguar durante o período de 2012 a 2017, no qual foram registradas precipitações abaixo da média, utilizou-se a plataforma do Google Earth Engine (GEE) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) por meio do software livre e gratuito QGIS. Como produtos do Sensoriamento Remoto foram utilizados conjuntos de imagens dos satélites Landsat 7 e Landsat 8.

No GEE, foram carregadas imagens dos satélites Landsat 7 para os anos de 2012 e 2013 e, Landsat 8 para os anos de 2014 a 2017, todas referentes ao mês de janeiro, em virtude deste mês marcar o início do período chuvoso na região. Logo depois, foi realizada a composição colorida R/G/B 3/4/5 para as imagens do satélite Landsat 7 e 6/5/4 para o Landsat 8.

Em seguida, para determinar áreas com superfície de água, denominados "espelhos d'água" foi utilizado o método de converter a imagem RGB para HSV (IHS ou HLS) (*Intensity, Hue, Saturation*), e criar uma imagem pancromática utilizando a componente *Hue* (DARWISH; LEUKERT; REINHARDT, 2003).

A extração dos corpos d'água por meio desta técnica consiste em desagregar a informação espectral das componentes matiz (*Hue*) e saturação (*Saturation*), e a espacial na componente intensidade (*Intensity*), contribuindo no realce de objetos e feições (FLORENZANO, 2011).

Dessa forma, foi utilizada a banda matiz, ou seja, o componente *Hue* para gerar uma imagem pancromática com informações sobre os alvos de superfície onde os corpos d'água se diferenciam dos outros alvos, facilitando o processo de identificação e extração dos espelhos d'água.

Posteriormente, foram exportados do GEE as imagens correspondentes aos valores de *Hue* e água (espelhos d'água) da área de estudo. Em sequência, os dados matriciais foram importados para o sistema de informação geográfica QGIS para a etapa de processamento e quantificação das áreas dos espelhos d'água. Assim, foi possível realizar uma análise visual preliminar sobre a dinâmica de contração e expansão dos corpos d'água ao longo dos seis anos mapeados, bem como subsidiar as análises quantitativas de tais mudanças.

Por fim, de posse dos dados de área ocupada, foram elaborados gráficos e mapas temáticos sobre o comportamento espacial e temporal dos espelhos d'água. O mapeamento e a quantificação das áreas permitiram examinar a dinâmica dos espelhos d'água na região estudada.

Ao todo foram mapeados vinte e um reservatórios hídricos, sendo sete na bacia do Rio Apodi/Mossoró e quatorze na bacia do Rio Piranhas/Assu. Os resultados de todo o mapeamento realizado estão disponíveis no site institucional do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Centro Regional do Nordeste (INPE/CRN), por meio do link: http://geopro.crn.inpe.br/RH_reser_RN.htm.

Resultados e discussão

Os resultados das análises indicaram que dos sete reservatórios mapeados na bacia do Rio Apodi/Mossoró, apenas as barragens de Santa Cruz do Apodi, Rodeador e Umari mantiveram os espelhos d'água durante o período analisado.

Entre os reservatórios citados, Rodeador apresentou a maior redução, chegando a perder quase 80% de sua área total.

A Tabela 1 expõe a capacidade hídrica dos reservatórios estudados na bacia do Rio Apodi/Mossoró, bem como mostra área ocupada anualmente por cada espelho d'água mapeado e a redução em percentual dessas áreas durante o período estudado.

Tabela 1 - Capacidade hídrica e área dos espelhos d'água dos reservatórios da bacia hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró.

Reservatórios	Capacidade (m^3)	Área Km^2 dos Espelhos D'Água						% Área Reduzida
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Bonito II	10.865.000	0.66	0.24	0.14	-	-	-	100.00
Lucrécia	24.754.574	2.64	1.54	1.11	0.09	-	-	100.00
Marcelino Vieira	11.200.125	1.86	1.39	1.13	0.25	-	-	100.00
Pau dos Ferros	54.846.000	5.82	2.42	0.84	-	-	-	100.00
Santa Cruz do Apodi	599.712.000	21.02	18.14	16.74	13.46	11.25	9.80	53.38
Rodeador	21.403.850	1.63	1.42	1.33	1.00	0.78	0.33	79.75
Umari	292.813.650	17.32	16.64	13.44	8.06	4.79	5.11	70.50

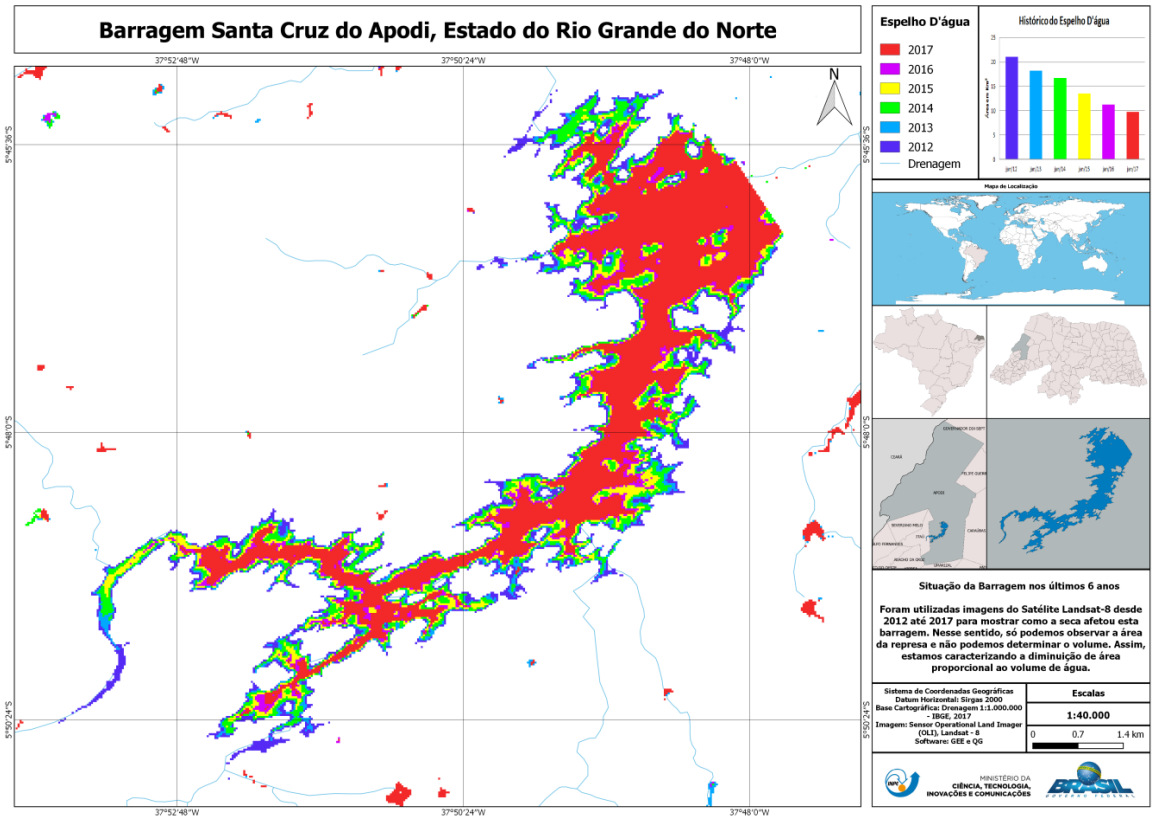
Fonte: Dados da Pesquisa.

O reservatório de Santa Cruz do Apodi (Figura 2) apresentou uma redução de aproximadamente 54% da área do espelho d'água. Já o reservatório de Umari demonstrou uma redução de cerca de 70%. Cabe destacar que ambos os reservatórios possuem as maiores capacidades hídricas desta bacia, 599 milhões de metros cúbicos e 292 milhões de metros cúbicos respectivamente, estando localizadas no médio curso da bacia hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró. A quantidade de água armazenada nesses mananciais é, sem dúvida, um dos fatores que contribuíram diretamente para o cenário de manutenção dos espelhos d'água durante o período analisado.

A montante das barragens citadas anteriormente, no alto curso do rio Apodi/Mossoró, as barragens de Bonito II e Pau dos Ferros (Figura 3) apresentaram ausência do espelho d'água a partir do período de 2015, e assim se mantiveram até janeiro de 2017. Já os reservatórios de Lucrécia e Marcelino Vieira retrataram esse cenário de perda total somente para o período de 2016 e 2017.

As informações de ausência de espelho d'água verificadas nesta pesquisa corroboram com os dados de falta d'água e dos níveis críticos de volume dos reservatórios do semiárido potiguar disponibilizadas pelo sistema Olho n'Água (INSA, 2018). Deste modo, esses reservatórios secaram completamente durante o período de análise e/ou apresentaram área inferior à resolução espacial utilizada.

Figura 2 - Mapa dos espelhos d'água do reservatório de Santa Cruz do Apodi, bacia Apodi/Mossoró.



Fonte: Resultados da Pesquisa.

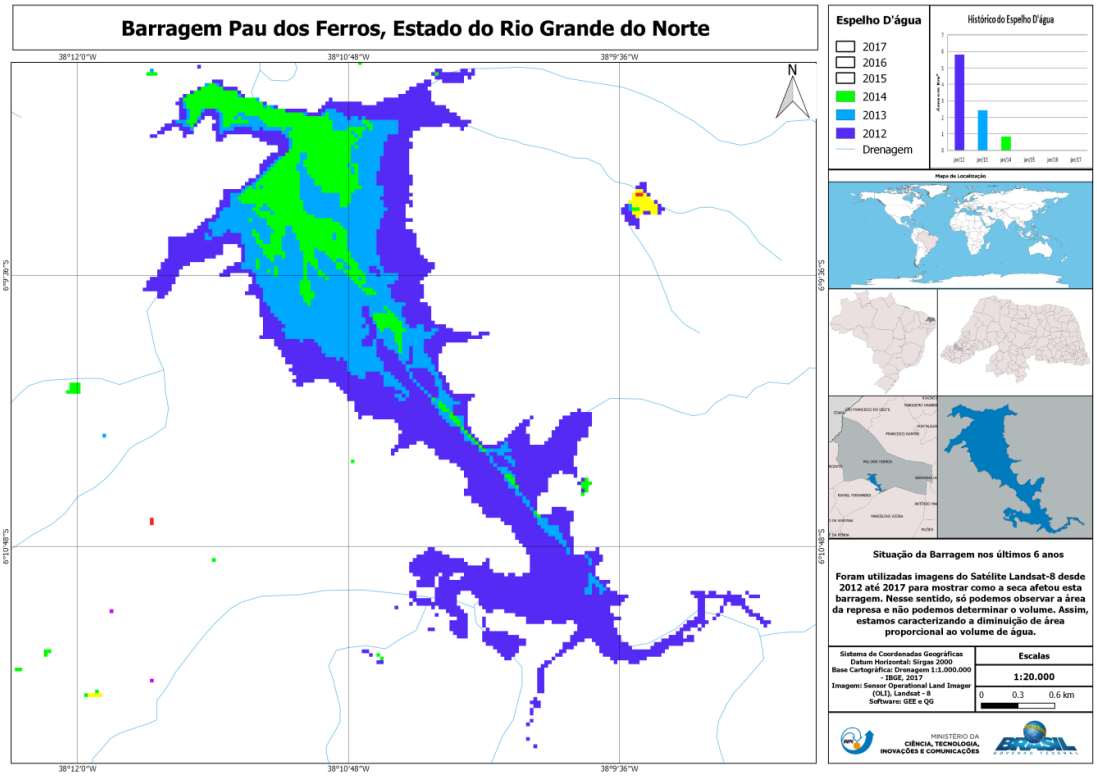
Da mesma maneira, pesquisas recentes reafirmam o baixo nível dos reservatórios ao analisar o volume de água existente nos principais açudes e barragens do Estado do Rio Grande do Norte (TROLEIS; SILVA, 2018).

A realidade é que, além da ocorrência de precipitações abaixo da média e intensificação da seca nos últimos anos, a baixa capacidade hídrica em relação aos demais reservatórios, pouco mais de 50 milhões de metros cúbicos, pode ser a explicação para o quadro de escassez de água nas reservas hídricas.

No contexto geral, é necessário destacar que na bacia do Rio Apodi/Mossoró somente o reservatório de Umari apresentou aumento de seu espelho d'água, fato ocorrido no ano de 2017 em relação ao de 2016. Esse comportamento, pode estar relacionado a eventos de chuvas concentradas nas sub-bacias ligadas a esse reservatório.

Na bacia hidrográfica do Rio Piranhas/Assu, a maior bacia do Estado, foram analisados quatorze reservatórios. A exemplo do que houve na bacia do Rio Apodi/Mossoró, os reservatórios com baixa capacidade hídrica da bacia Piranhas/Assu também apresentaram grande dificuldade para manter seus espelhos d'água ao longo do período analisado. Assim, mais da metade dos reservatórios apresentaram reduções superiores a 70%, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Figura 3 - Mapa dos espelhos d'água do reservatório de Pau dos Ferros, bacia Apodi/Mossoró.



Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 2 - Capacidade hídrica e área dos espelhos d'água dos reservatórios da bacia hidrográfica do rio Piranhas/Assu.

Reservatórios	Capacidade (m³)	Área Km² dos Espelhos D'Água						% Área Reduzida
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Eng. Armando Ribeiro Gonçalves	2.400.000.000	140.36	98.65	89.19	74.91	60.08	50.05	64.34
Boqueirão de Angicos	16.018.308	2.31	1.19	0.72	0.44	0.31	0.43	81.39
Boqueirão de Parelhas	84.792.119	6.89	4.25	3.83	2.61	3.64	2.91	57.76
Carnaúba	25.710.900	1.27	0.22	0.07	0.02	0.01	0.29	77.17
Cruzeta	23.545.745	3.78	0.98	0.43	0.49	0.09	-	100.00
Dourado	10.321.600	1.24	0.23	0.02	-	1.20	0.27	78.23
Esguicho	27.937.310	2.32	1.18	0.73	0.38	0.26	0.20	91.38
Itans	81.750.000	7.23	3.38	2.27	1.15	0.33	0.14	98.06
Marechal Dutra	44.421.480	5.14	2.14	1.01	0.03	0.15	0.02	99.61
Mendubim	76.349.500	7.15	5.60	4.82	3.35	2.15	5.75	19.58
Passagem das Traíras	49.702.394	4.89	1.52	0.83	0.15	0.30	0.10	97.96
Pataxó	15.017.379	2.70	1.33	0.62	3.30	2.53	3.13	5.15
Rio da Pedra	13.602.215	1.62	0.87	0.66	0.34	0.14	0.03	98.15
Sabugi	65.334.880	6.35	2.18	2.03	1.84	0.88	1.32	79.21

Fonte: Dados da Pesquisa.

Os reservatórios de Cruzeta e Dourado, ambos com capacidade hídrica inferior a 25 milhões de metros cúbicos, apresentaram redução total em seus espelhos d'água durante o período analisado. O primeiro reservatório, secou completamente no ano de 2017. Já o segundo, apesar de ter apresentado redução total no ano de 2015, veio a exibir grande crescimento de seu espelho

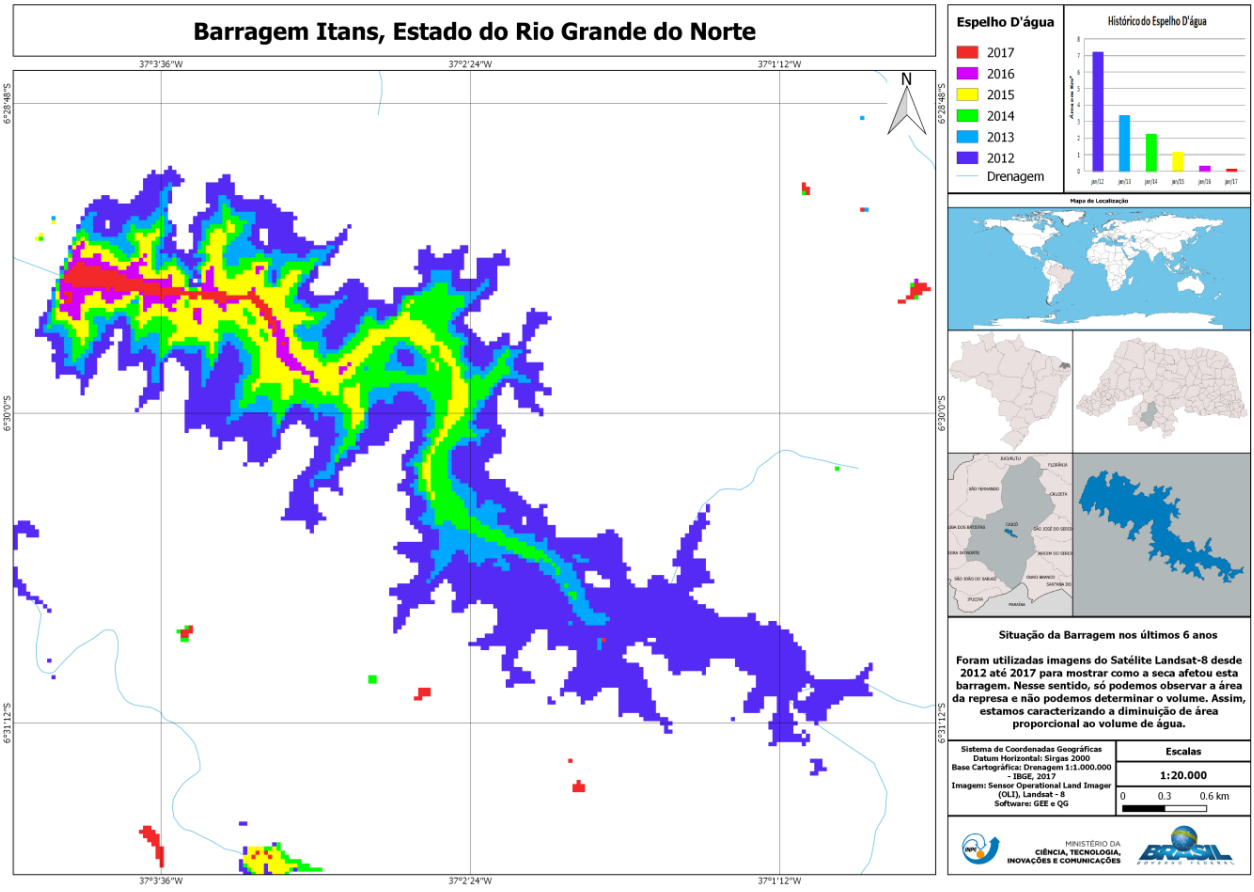
d'água no ano de 2016, chegando a valores próximos aos exibidos em 2012, conforme exposto na Tabela 2.

Ainda com relação à dinâmica de ganho e perda de área dos espelhos d'água, o reservatório de Pataxó revelou um expressivo crescimento nos três últimos anos. Esses eventos de crescimento, contribuíram para que ele exibisse a menor redução de área, pouco mais de 5%, entre todos os reservatórios analisados, mesmo possuindo capacidade hídrica inferior a 16 milhões de metros cúbicos. Esse fato isolado, pode ter ocorrido como resultado de precipitações concentradas em suas regiões hidrográficas durante o período analisado.

Sob a perspectiva da expansão do espelho d'água, outros reservatórios apresentaram crescimento ponderado em relação às perdas dos anos anteriores, são eles: Boqueirão de Angicos, Boqueirão de Parelhas, Carnaúba, Marechal Dutra, Mendubim, Passagem das Traíras, Pataxó e Sabugi.

Por outro lado, os reservatórios de Rio da Pedra, Itans (Figura 4) e Esguicho, apresentaram reduções gradativas de seus espelhos d'água ao longo do período estudado. Essa conjuntura, provocou reduções significativas, acarretando na diminuição de mais de 90% de áreas ocupadas pelos espelhos d'água.

Figura 4 - Mapa dos espelhos d'água do reservatório de Itans, bacia Piranhas/Assu.



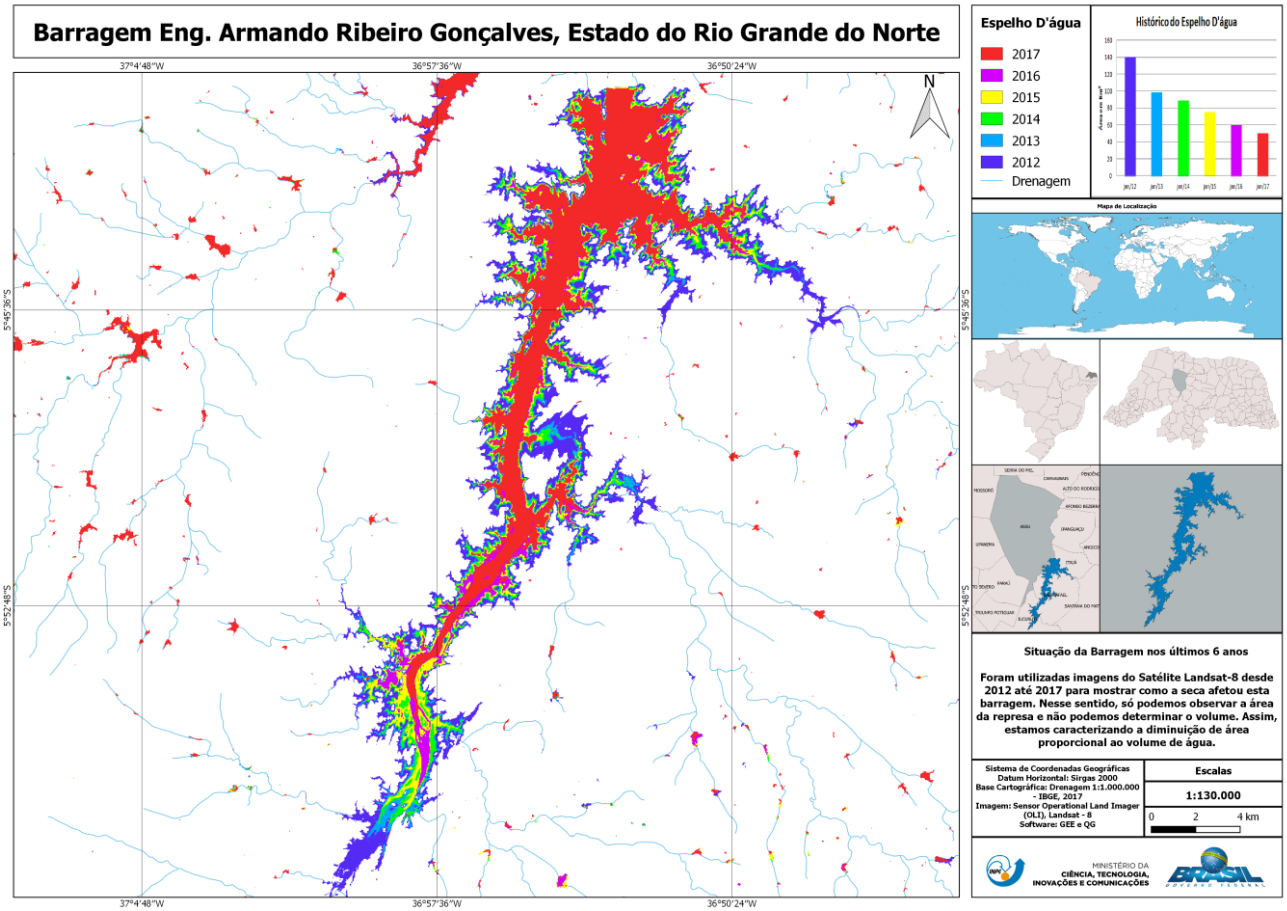
Fonte: Resultados da Pesquisa.

Comportamento semelhante de redução progressiva provocou também a diminuição de mais de 64% do espelho d'água do reservatório Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves (Figura 5), maior do Estado, com aproximadamente 2 bilhões e 400 milhões de metros cúbicos.

O fato é que a dinâmica de expansão e redução dos espelhos d'água foram relacionados nesta pesquisa como uma consequência direta aos eventos de precipitações, sejam elas acima ou abaixo da média. Contudo, as características climáticas, geológicas, hidrológicas e do tamanho das áreas de drenagem de cada bacia, assim como suas formas de usos múltiplos, podem ter contribuído diretamente para os cenários apresentados.

Além disso, medidas operacionais de controle de vazão ou até mesmo restrições de uso, racionamentos etc., produzem efeitos diretos sobre as reservas hídricas superficiais. Assim, a perspectiva de baixa disponibilidade e escassez de água nos reservatórios pode levar a perdas econômicas e trazer insegurança alimentar para a região.

Figura 5 - Mapa dos espelhos d'água do reservatório de Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, bacia Piranhas/Assu.



Fonte: Resultados da Pesquisa.

Conclusões

A análise da dinâmica espaço-temporal de expansão e redução dos espelhos d'água por meio de Sensoriamento Remoto, demonstrou-se relevante na compreensão de como os reservatórios estão respondendo aos eventos de baixas precipitações provocadas pela seca histórica que atingiu o semiárido brasileiro no período de 2012 a 2017.

De maneira geral, todos os vinte e um reservatórios estudados tiveram alguma redução em seus espelhos d'água em momentos distintos no período analisado. Desse montante, dez apresentaram redução progressiva ao longo do tempo, no qual seis reservatórios mantiveram a presença do espelho d'água: Santa Cruz do Apodi, Rodeador, Eng. Armando Ribeiro Gonçalves, Esguicho, Itans e Rio da Pedra; e quatro secaram completamente suas lâminas d'água, a saber: Bonito II, Lucrécia, Marcelino Vieira e Pau dos Ferros.

Os resultados deste estudo podem contribuir para a compreensão do comportamento das reservas hídricas superficiais sob eventos de seca extrema e, com isso, auxiliar na tomada de decisão e gerenciamento das águas, subsidiando políticas e planejamentos de abastecimento, como por exemplo, a construção de novos sistemas de adutoras e açudes, o que pode aumentar a capacidade de enfrentar problemas relacionados à escassez de recursos hídricos.

Referências

ANA. Agência Nacional de Águas. Programa Estadual de Desenvolvimento Sustentável e Convivência com o Semiárido Potiguar: Relatório de Avaliação do Programa. Governo do estado do Rio Grande do Norte. Secretaria do estado dos Recursos Hídricos. «Projeto Para a água/Semiárido». Natal, nov. de 2005.

BARBOSA A. H. S. *et al*., Sensoriamento Remoto Aplicado a Análise dos Espelhos D'água dos Principais Reservatórios do Rio Grande do Norte. In: ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2019, Santos. Anais eletrônicos... Campinas, GALOÁ, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/sensoriamento-remoto-aplicado-a-analise-dos-espelhos-d-agua-dos-principais-reservatorios-do-rio-grande-do-norte>. Acesso em: 26 jun. 2019.

BARBOSA, C. C. F; NOVO, E. M. L; MARTINS, V.S. (2019). Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos. INPE São José dos Campos - SP, 178 p.

DARWISH, A; LEUKERT K; REINHARDT, W. Image segmentation for the purpose of object based classification. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, Neubiberg: 2003.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 11 p.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. Sistema Olho N'Água. Disponível em: <https://olhonagua.insa.gov.br>. Acesso em: 06 de set. 2018.

MARTINS, E. S. P. R. *et al*. (2017). "Utilização de imagens CBERS para mapeamento dos espelhos d'água do Brasil" in Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Abril. 2007, pp. 969-976.

MOREIRA, M. M. (2002). Mapeamento Geotécnico e Reconhecimento dos Recursos Hídricos e do Saneamento da Área Urbana do Município de Natal-RN: Subsídios para o Plano Diretor. Tese (Doutorado em Geotécnica), Universidade de Brasília, Brasília, DF. 282 p.

MOREIRA, M. M; *et al*. (2018). "Caracterização Geológico-Geotécnica e Piezometria do Aquífero Semi-Confinado Barreiras do Município de Natal - RN" In Anais do XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas/XXI Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, Campinas, Nov. 2018, pp. 1-4.

NAMIKAWA, L. M. Imagens landsat 8 para monitoramento de volume de água em reservatórios: estudo de caso nas barragens Jaguari e Jacareí do Sistema Cantareira. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2017.

TROLEIS, A. L; SILVA, B. L. A crise hídrica e a produção produtiva no Rio Grande do Norte. Confins, 34, 2018. Artigos, p. 5400-5407.

CAPÍTULO 10

PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO: A ARTE RUPESTRE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ

Valdeci dos Santos Júnior

Filipe da Silva Peixoto

Introdução

A arqueologia estuda os vestígios culturais materiais ou imateriais deixados pelas sociedades presentes ou pretéritas visando obter informações que possam auxiliar a reconstituir partes de seus modos de vida. No Brasil, embora seja uma divisão totalmente arbitrária, normalmente quando há referências no meio arqueológico às cronologias de grupos do passado, costuma-se segregar essas sociedades em dois grupos: arqueologia pré-histórica (vestígios arqueológicos deixados por sociedades que existiram antes da chegada dos portugueses) e arqueologia histórica (vestígios arqueológicos pertencentes as sociedades que existiram da chegada dos portugueses em diante).

Os vestígios arqueológicos deixados pelas sociedades pré-históricas possuem diversas tipologias, mas geralmente a predominância de localização desses vestígios se reduz, em grande parte, a três categorias: líticos (artefatos com matéria prima rochosa), cerâmica (artefatos elaborados tendo argilas como matéria prima principal) e arte rupestre (registros simbólicos deixados em formações rochosas diversas).

A bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró está inserida na mesorregião Oeste do Rio Grande do Norte, que compreende 6 microrregiões (Chapada do Apodi, Médio Oeste, Mossoró, Pau dos Ferros, Serra de São Miguel e Umarizal) e onde foram identificados (até 2019) um total de 66 sítios arqueológicos com arte rupestre distribuídos em 19 municípios.

Esse artigo busca sintetizar conjunto de sítios arqueológicos com relação as suas dimensões técnica, temática e de apresentação cenográfica, assim como suas inserções no ambiente natural da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.

As dimensões de análise da arte rupestre

Em quase todos os recantos do planeta existe sítios arqueológicos com arte rupestre deixada pelas sociedades pretéritas. As primeiras perguntas que surgem na pessoa que se depara com um suporte rochoso contendo esses grafismos comumente são: quem fez isso, por que fez e quando foi feito? Essas indagações decorrem naturalmente de alguns níveis de interpretação cognitiva que são geralmente alcançáveis por qualquer ser humano.

O primeiro nível de interpretação visual é perceber que aquela criação composta por traços geométricos foi feita pelo homem e não pela natureza. Naturalmente que existe alguns elementos na natureza que devido até mesmo ao fator casual sugerem alinhamentos ou tonalidades nos suportes rochosos. Fatores hidroclimáticos, principalmente são atuantes na produção do intemperismo, promovendo, por exemplo, inserção de linhas de águas nas rochas. Mas geralmente, a ação determinante desses fatores é facilmente reconhecida através de um olhar mais aprofundado, sobretudo pelo reconhecimento de formas geométricas típicas da criatividade humana.

Em um segundo nível de interpretação, na maioria das vezes, é possível distinguir numa simples observação visual, qual foi a técnica de execução existente na elaboração das representações rupestres, se pinturas ou gravuras, ou seja, se os grafismos foram pintados (com colocação de tinta orgânica ou inorgânica diretamente sobre o suporte) ou se foram gravados através das técnicas de raspagens, incisões, picotagens ou polimentos efetuados também diretamente no suporte rochoso.

Finalmente, num terceiro nível de interpretação, as pessoas começam a entrar no cognitivo através do reconhecimento temático e tentar associar imediatamente os símbolos elaborados com o arcabouço ideológico que pertença ao seu universo de ideias corriqueiro ou que ele tenha visualizado em algum momento de sua vida. Daí surge às primeiras tentativas de identificações naturais (através de associações e semelhanças morfológicas), tais como: isso se parece com um animal; isso é semelhante a uma figura humana; isso lembra um sol; isso é tal utensílio; isso eu não sei o que é. Essas interpretações variam naturalmente dependendo do olhar de cada observador e do seu sistema de ideias, provocando uma diversidade de conclusões e discussões quase sempre estéreis sobre o significado desse simbolismo.

Uma etapa inicial do estudo é perceber a fragilidade no processo de extrair informações mais detalhadas dos painéis gráficos, tendo em vista, principalmente, o caráter intrínseco de atemporalidade (dificuldades para

estabelecer datações e estabelecer estratigrafias) e vestigial (são apenas fragmentos de um universo cultural que ficou perdido no passado) dos registros. Nesse estágio que engloba o segundo nível de interpretação já mencionado, a ideia foi dividir inicialmente essas representações gráficas em dois grandes grupos: os registros pintados e os registros gravados.

Já no plano de reconhecimento temático (terceiro nível de interpretação referente ao cognitivo) é possível segregar em dois grandes eixos de reconhecimento simbólico: as representações que podem ser chamadas de grafismos reconhecíveis (também chamados de motivos figurativos ou naturalistas), tais como representações de figuras humanas, animais, vegetais e objetos, que permitem uma identificação morfológica imediata com o sistema de ideias contemporâneo ou com a natureza que nos rodeia; e os chamados grafismos não reconhecíveis (também chamados de grafismos puros ou abstratos) que não permitem uma identificação segura ou aproximada, em termos de significado simbólico, diante da nossa realidade sensível.

O intuito final desses ordenamentos preliminares era a busca das autorias, em última instância, da segregação de identidades gráficas, onde através da análise do conjunto e recorrência desses padrões de apresentação gráfica observados numa determinada área arqueológica, fosse possível caracterizar a identidade gráfica do acervo rupestre contido no espaço geográfico dessa área.

Para segregar essas identidades gráficas é necessário obter uma classificação/hierarquização tipológica que mostrasse particularidades de determinados grupos sociais na elaboração dos registros rupestres. Para isso, pode-se trabalhar observando três dimensões do estudo gráfico que podem funcionar como parâmetros para o estabelecimento de classificações preliminares. Essas seriam a dimensão técnica, a dimensão temática e as formas de apresentação cenográfica das representações rupestres onde a variação dos temas, das maneiras de apresentá-los em épocas diferentes e as formas de aperfeiçoamento das técnicas gráficas, configuram uma fonte de dados essencial para identificar a diversidade de códigos de apresentação e, portanto, de comunicação social (GUIDON, 1989).

Na dimensão técnica deve-se atentar para algumas escolhas feitas pelos autores dos registros quando de sua execução, tais como: o aproveitamento dos recursos oferecidos pelo meio ambiente (tintas minerais ou vegetais), tipo de suporte rochoso utilizado para a criação dos grafismos, altura dos painéis gráficos, tipos de pincéis ou artefatos utilizados.

Na dimensão temática as representações podem apresentar inumeráveis opções diversas dos autores dos registros, desde prováveis cenas do cotidiano, como a caça para a sobrevivência, lutas, atos sexuais, cerimoniais próprios do grupo ou abstrações diversas, assim como eles podem variar, de acordo com as opções feitas pelos grupos que as executaram e a períodos cronológicos diferentes.

A dimensão de apresentação cenográfica seria o componente fundamental na análise, pois podem ser percebidos, por exemplo, possíveis momentos temporais de elaboração dos painéis gráficos ao se verificar as sobreposições e se os autores efetuaram os registros com determinados gestos e posturas de apresentação que faziam parte de seus padrões culturais; portanto, ao elaborarem os registros rupestres com representações contendo antropomorfos, ou zoomorfos e antropomorfos, ou antropomorfos, zoomorfos e fitomorfos, ou somente símbolos culturais não identificados em nossa realidade sensível, ou ainda a mistura de todos esses componentes, eles nos transmitiram informações culturais que também auxiliam na segregação de identidades gráficas, principalmente nas formas de apresentação desses arranjos gráficos, em suas variações e na repetição de determinados conjuntos simbólicos.

A análise dos sítios arqueológicos com arte rupestre

Todos os registros dos sítios arqueológicos encontrados até o ano de 2019 na mesorregião Oeste do Rio Grande do Norte estão contidos na Quadro 1:

Quadro 1 – Sítios arqueológicos com arte rupestre na mesorregião Oeste do RN.

Nº	Sítio Arqueológico	Município	Nº	Sítio arqueológico	Município
01	Fidalgo	Alexandria	34	Sítio do Letreiro	José da Penha
02	Pedra de Santana	Alexandria	35	Picos	Marcelino Vieira
03	Fazenda Prado	Apodi	36	Riacho do Letreiro	Marcelino Vieira
04	Lajedo do Soledade	Apodi	37	Saquinho	Marcelino Vieira
05	Areias (Pedra de Dona Zefinha)	Antônio Martins	38	Serrote do João Brandinho I	Marcelino Vieira
06	Boi Morto	Antônio Martins	39	Serrote do João Brandinho II	Marcelino Vieira
07	Casanova (Pico Branco)	Antônio Martins	40	Cacimba de Baixo	Messias Targino
08	Junco	Antônio Martins	41	Encanto	Messias Targino
09	Melancias I	Antônio Martins	42	Junco	Messias Targino
10	Melancias II	Antônio Martins	43	Pedra do Chico da Galinha	Messias Targino
11	Ramada	Antônio Martins	44	Tanque da Véia Chica	Messias Targino
12	Timbaúba	Antônio Martins	45	Jatobá - Canafístula	Paraú
13	Vila Pintada	Antônio Martins	46	Madeira	Paraú
14	Furna do Letreiro	Baraúna	47	Marinheiro I	Patu
15	Toca da Mangueira	Baraúna	48	Marinheiro II	Patu
16	Cachoeira dos Desenhos	Campo Grande	49	Marinheiro III	Patu
17	Creca	Campo Grande	50	Serrote do Letreiro (Jatobá)	Patu
18	Nova Vida	Campo Grande	51	Sítio Poço Verde	Pilões
19	Pedra Ferrada	Campo Grande	52	Furna do Letreiro	Portalegre
20	Pedra do Anjinho	Campo Grande	53	Furna do Pelado	Portalegre
21	Pedra do Moleque	Campo Grande	54	Fazenda São Pedro	Riacho da Cruz
22	Santa Maria	Campo Grande	55	Velhacaria I	Serrinha dos Pintos
23	Córrego da Tereza	Caraúbas	56	Velhacaria II	Serrinha dos Pintos

24	Fazenda Belém	Caraúbas	57	Velhacaria III	Serrinha dos Pintos
25	Pedra Pintada	Caraúbas	58	Lajedo do Mirador	Tabuleiro Grande
26	Ancoreta	Francisco Dantas	59	Taperinha	Tabuleiro Grande
27	Congo I	Francisco Dantas	60	São Braz de Cima	Tenente Ananias
28	Congo II	Francisco Dantas	61	Aroeira I	Upanema
29	Congo III	Francisco Dantas	62	Aroeira II	Upanema
30	Furna do Noberto	Francisco Dantas	63	Pombas	Upanema
31	Poço do Letreiro	Itaú	64	Serrotão de Cima	Upanema
32	Boa Vista	Janduís	65	Serrote das Cachorras	Upanema
33	Serrote do Letreiro (Pedra da Biluqueza)	Janduís	66	Umari	Upanema

Na análise da dimensão técnica foi possível observar que cinco sítios arqueológicos desse conjunto tiveram somente a pintura (Figura 1 - A) como técnica adotada: Pedra de Santana (Alexandria), Furna do Letreiro e Toca da Mangueira (Baraúna), Pedra do Moleque (Campo Grande) e Madeira (Paraú). Quatro sítios arqueológicos possuem as técnicas da pintura e da gravura associados (Figura 1 - B) em seus suportes rochosos: Lajedo do Soledade (Apodi), Creca e Santa Maria (Campo Grande) e Pedra Pintada (Caraúbas). Nos demais cinquenta e sete sítios arqueológicos somente foram utilizadas as técnicas de gravuras (Figura 2).

Figura 1 – A - Técnica de pintura no sítio arqueológico Pedra do Moleque – Campo Grande-RN; B - Técnicas de pintura e gravura no sítio arqueológico Creca – Campo Grande-RN

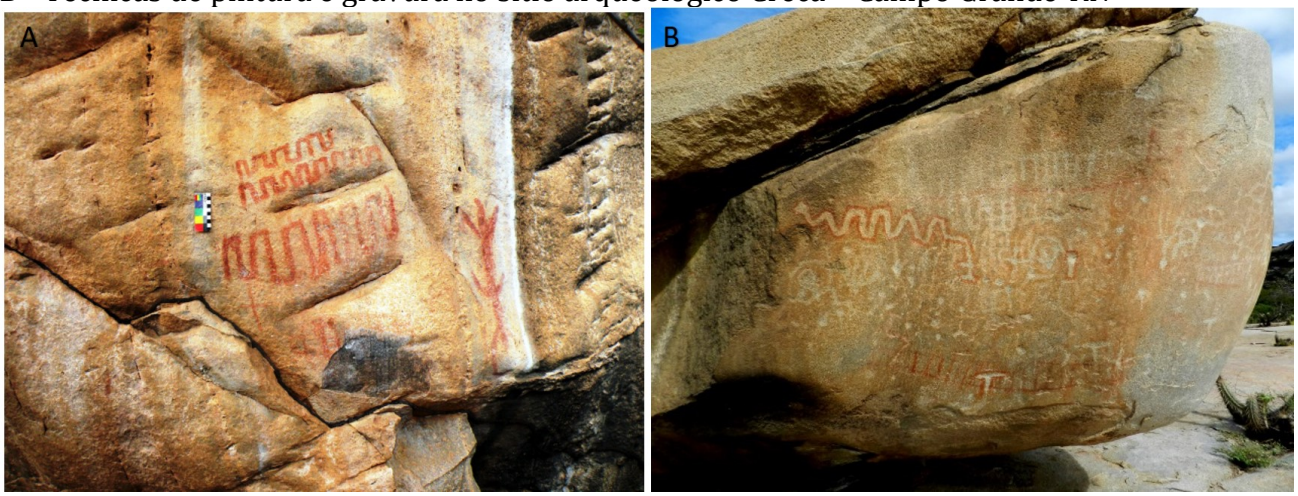


Figura 2 - Técnicas de gravura no sítio arqueológico Furna do Letreiro – Portalegre - RN



Foram utilizados três tipos de suportes rochosos para a elaboração dos registros gráficos: suportes calcários (Ravinas de dissolução – exemplo na Figura 3 - A), suportes graníticos (Afloramentos sub-horizontais – exemplo na Figura 3 - B) e suportes areníticos (Afloramentos verticais - exemplo na figura 4). A maioria dos suportes rochosos está situada às margens de cursos de água da bacia do Rio Apodi-Mossoró com tipologias morfológicas de abrigos, semiabrigos ou em afloramentos graníticos sub-horizontais.

Figura 3 – A - Suporte rochoso em ravina de dissolução cárstica Sítio arqueológico Lajedo do Soledade – Apodi – RN; B - Suporte rochoso em afloramento granítico subhorizontal no sítio arqueológico Poço do Letreiro – Itaú – RN.

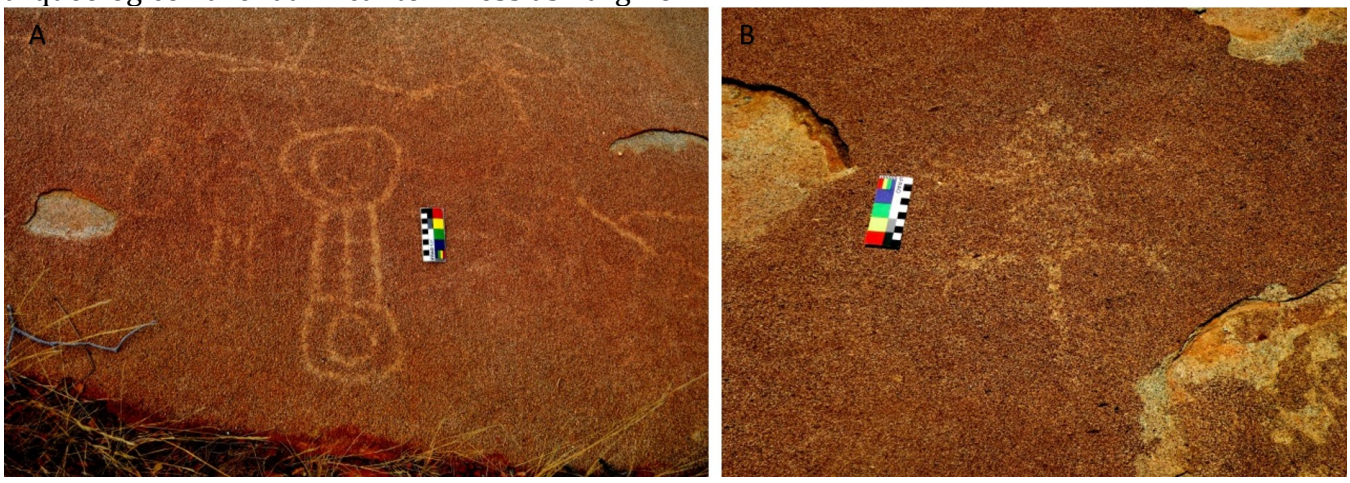


Figura 4 - Suporte rochoso de arenito em forma de abrigo no sítio arqueológico Congo – Francisco Dantas – RN



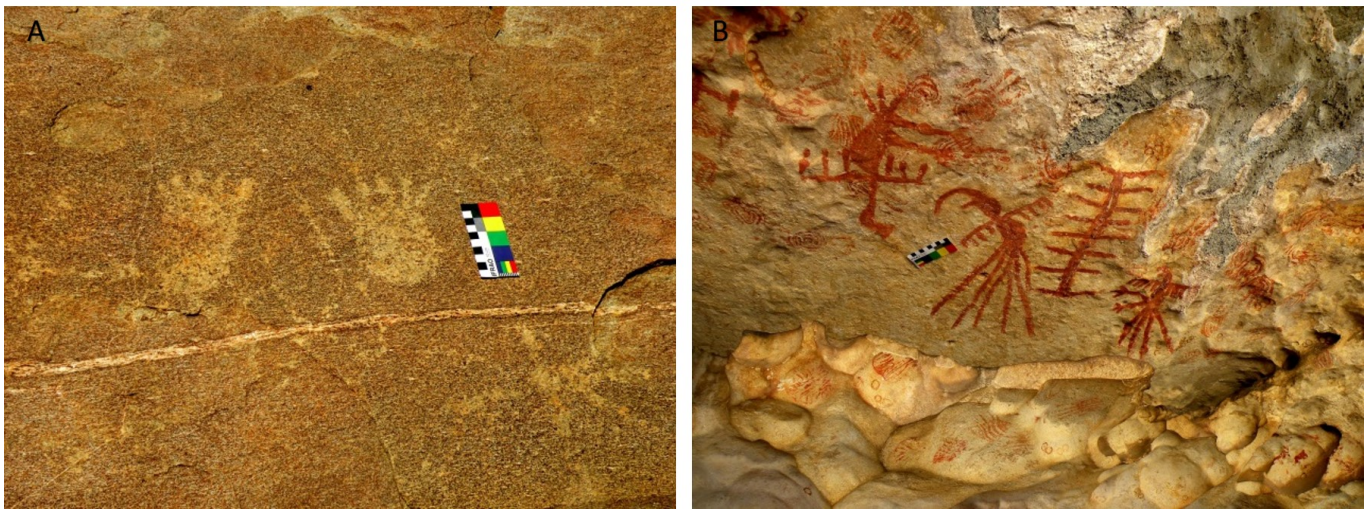
Na análise da dimensão temática foi possível observar que a predominância quase absoluta dos registros rupestres na mesorregião Oeste está constituída por grafismos não reconhecíveis (exemplo na Figura 5-A), aparecendo somente raros grafismos reconhecíveis (exemplo na Figura 5-B), principalmente quando foram elaborados com a técnica de gravuras.

Figura 5 – A - Exemplo de grafismos não reconhecíveis - Sítio arqueológico Poço Verde – Pilões – RN.; B Exemplo de grafismo reconhecível (representação zoomorfa) no sítio arqueológico Fazenda Encanto – Messias Targino – RN.



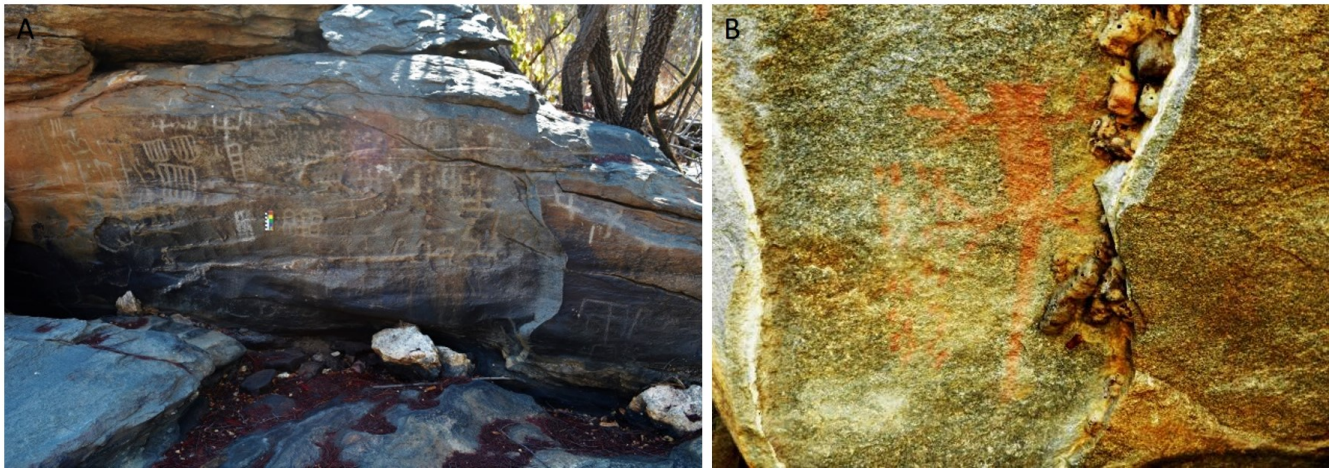
Nas temáticas representadas com a técnica de gravuras, aparecem também grafismos reconhecíveis com representações antropomorfas de pés e de mãos (exemplo na Figura 6-A), indicando aspectos relacionados às possíveis tentativas de deixarem marcadas as identidades simbólicas de seus autores. Quanto a técnica de pinturas, aparecem somente grafismos reconhecíveis com representações zoomorfas (exemplo na Figura 6-B).

Figura 6 – A - Exemplo de grafismos reconhecíveis com partes (pés) de representações antropomorfas - Sítio arqueológico Poço do Letreiro – Itaú – RN; B - Exemplo de grafismos reconhecíveis com representações zoomorfas (aves) - Sítio arqueológico Lajedo do Soledade – Apodi – RN.



Na análise da dimensão cenográfica foi possível observar frequentes recorrências (predominância) de sobreposições (exemplo na Figura 7-A) dos grafismos representados com a técnica de gravuras, não ocorrendo um respeito às delimitações de espaços nas representações. Já com relação à técnica de pinturas, foi possível observar representações isoladas e sem sobreposições gráficas (exemplo na Figura 7-B).

Figura 7 – A - Exemplo de sobreposições dos grafismos com a técnica de gravuras - Sítio arqueológico Ramada – Antônio Martins – RN; B - Exemplo de grafismo isolado com a técnica de pintura - Sítio arqueológico Santa Maria – Campo Grande – RN.



As inserções dos sítios arqueológicos com arte rupestre no ambiente natural da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.

Os sítios arqueológicos e a análise de fatores ambientais

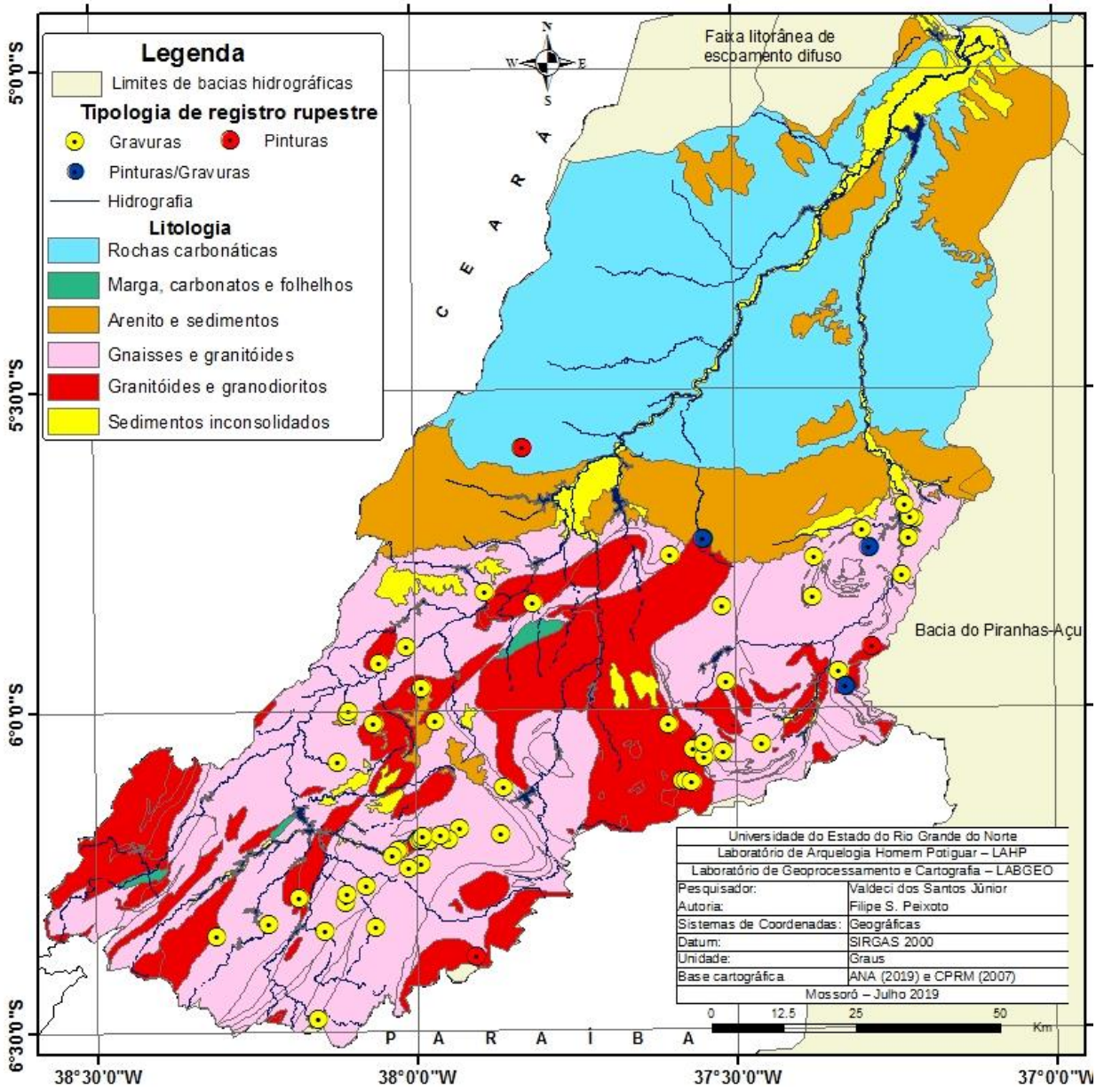
Desse conjunto de sítios arqueológicos existentes na bacia do rio Apodi-Mossoró, no sentido geológico (Figura 8), cinquenta e sete sítios com arte rupestre estão situados em litologia cristalina, apresentando suportes rochosos em granitoides, granodioritos e gnaisses, com uma concentração maior no alto e médio oeste, vários deles, próximos de nascentes do Rio Apodi Mossoró e de seus afluentes.

Apenas seis sítios arqueológicos (os sítios ancoreta, congo 1, 2 e 3, localizados em Francisco Dantas e os sítios Furna do Letreiro e Furna do Pelado, em Portalegre) estão localizados em áreas de rochas e sedimentos clásticos (todos eles apresentam somente a técnica de gravuras) e três sítios estão localizados em áreas de rochas carbonáticas (o sítio Lajedo do Soledade em Apodi e os sítios Furna do Letreiro e Toca da Mangueira, localizados em Baraúna). Todos os sítios com suportes de rochas carbonáticas apresentam a técnica de pinturas realizadas em abrigos ou semiabrigos.

Quanto à preferência morfológica dos suportes rochosos, foi observada uma predominância de afloramentos de rochas granitoides sub-horizontais (conhecidos popularmente como lajedos a céu aberto) ou verticais (abrigos e semiabrigos) localizados nas proximidades (margens) ou no leito de cursos de água. Esse tipo de escolha influencia na escolha da técnica de elaboração dos grafismos a ser efetuada, haja vista que a as pinturas (principalmente as de origem orgânica) realizadas diretamente nos afloramentos de rochas granitoides sub-horizontais que tendem a sofrer um processo de intemperismo mais acentuado (devido a exposição aos agentes do intemperismo atuantes no desgaste da própria rocha), acabando por desaparecer com o tempo; daí a preferência pela técnica de gravuras que tende a durar bem mais tempo.

Nas áreas próximas da foz do rio Apodi-Mossoró (municípios de Mossoró, Areia Branca e Grossos), não existem sítios arqueológicos com arte rupestre devido as rochas sedimentares pouco litificadas de aspecto friável, e ocorrência de sedimentos recentes associados a dinâmica eólica; embora tenham afloramentos carbonáticos, mas devido a sua própria constituição externa, não eram apropriadas para a elaboração de grafismos rupestres, exceto, as efetuadas em ravinas de dissolução cárstica no município do Apodi e Baraúna.

Figura 8 - Mapa geológico simplificado da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró com a inserção dos sítios arqueológicos com arte rupestre.



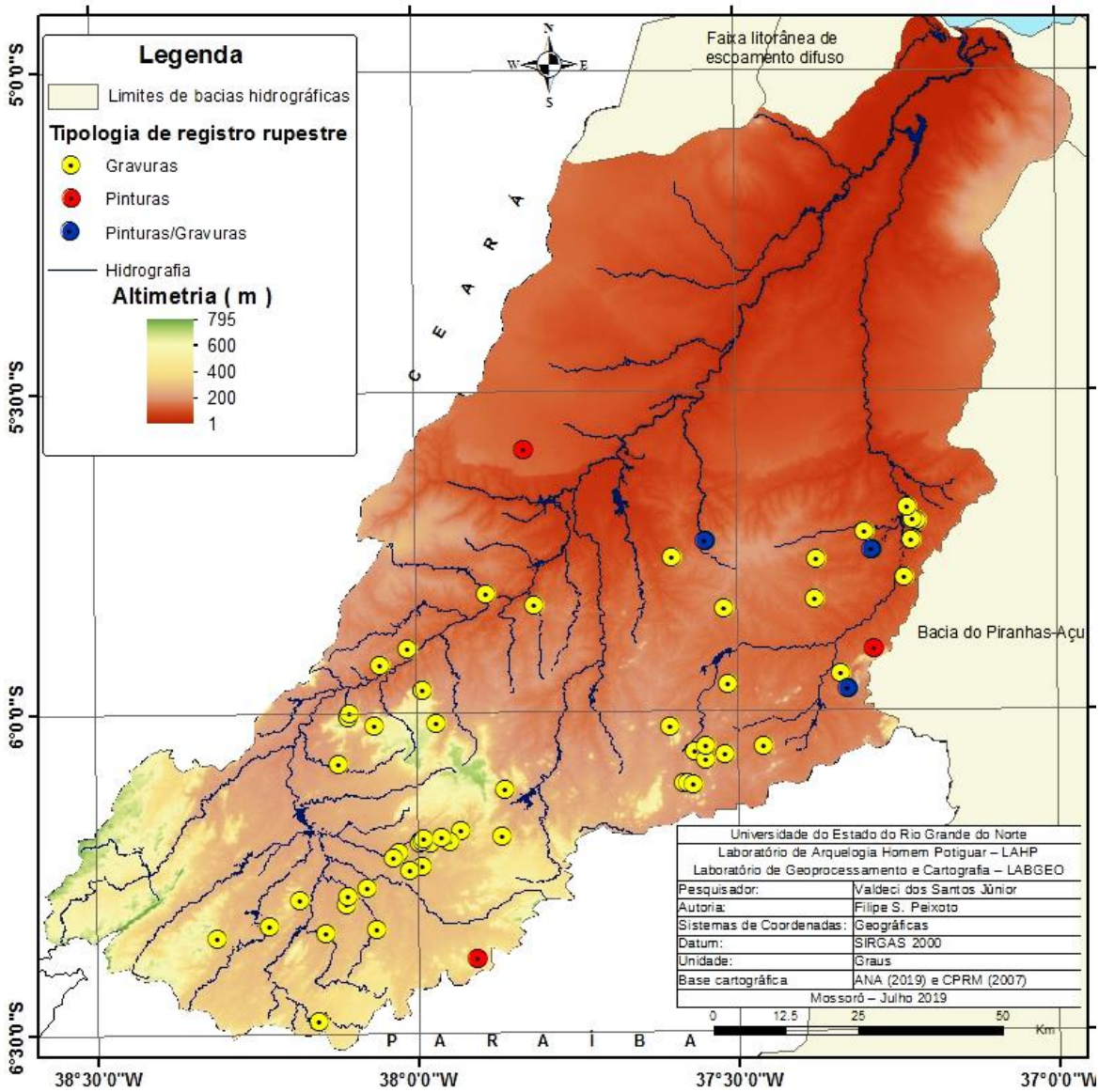
No sentido altimétrico (Figura 9), a maior parte desse conjunto de sítios arqueológicos está situada no intervalo entre 200 a 500 metros ao nível do mar, no médio e alto oeste potiguar, em áreas de depressão interplanáltica semiárida, formadas por complexo gnaisse migmatítico e granitoides de idade predominantemente apleoproterozóica (2,1 bilhões de anos), entrecortadas por planícies fluviais de rios de vales encaixados, em sua maioria, e pequenas elevações do embasamento (intituladas de serrotes), formadas por rochas graníticas e granodioríticas de idade neoproterozóicas (500 milhões de anos), cuja gênese está ligada ao ciclo de tectonismo transbrasiliano.

Apenas uma pequena parte (nove) do conjunto de sítios arqueológicos (localizados nos municípios de Portalegre, Francisco Dantas e Serrinha dos Pintos) possuem cotas altimétricas superiores a 500 metros, todos eles

elaborados com a técnica de gravuras. Os suportes rochosos nesse setor ocorrem por meio de afloramentos areníticos, na borda dos planaltos que formam as serras de Martins e Portalegre; em áreas com cotas altimétricas superiores a 800 metros, tais como, Martins, Luís Gomes e Venha-Ver, ainda não foi localizado sítio arqueológico com arte rupestre.

Foi possível perceber também uma clara influência da geomorfologia local para a determinação da técnica de elaboração (pintura ou gravura) a ser adotada. Nos suportes rochosos granitoides rentes ao solo (lajedos) das regiões do Oeste, Médio Oeste e Alto Oeste potiguar, expostos diretamente ao sol em todos os períodos do dia, por exemplo, os grafismos apresentam sempre a técnica de gravuras com raspagem simples, evidenciando um tempo menor de trabalho na execução dos registros e uma economia ao máximo de energia humana (SANTOS JÚNIOR, 2009).

Figura 9 - Mapa altimétrico simplificado da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró com a inserção dos sítios arqueológicos com arte rupestre.



É possível apenas perceber algumas recorrências específicas nas dimensões analisadas que indicam determinadas preferências geomorfológicas desses grupos pretéritos nos critérios de escolhas dos suportes rochosos para elaboração das técnicas de pinturas ou gravuras, ou seja, era o ambiente que determinava de certa forma, o formato de suas criações simbólicas e onde elas deveriam ser feitas.

Nesse sentido, a partir da análise das dimensões técnica, temática e de apresentação cenográfica, assim como dos fatores ambientais vinculados especificamente à geologia e altimetria, do conjunto de sítios arqueológicos com arte rupestre identificados na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, foi possível elaborar um perfil técnico preliminar desse patrimônio arqueológico (Quadro 2):

Quadro 2 - Perfil gráfico preliminar do conjunto de sítios arqueológicos com arte rupestre da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró.

Características/aspectos predominantes da arte rupestre existente nos sítios arqueológicos da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró			
Tipo de registro	Dimensão técnica	Temáticas	Apresentação cenográfica
Gravuras	Lajedos granitoides subhorizontais e próximos a riachos (predominância) Formações granitoides próximas a riachos abrigos e semi-abrigos	Grafismos não Reconhecíveis (predominância) Raros grafismos reconhecíveis	Presença recorrente de sobreposições gráficas
Pinturas	Ravinas calcárias	Grafismos não reconhecíveis (predominância) - Raros grafismos reconhecíveis	Grafismos isolados
Aspectos ambientais			
Geologia		Altimetria	
Gravuras	Suportes rochosos em granitoides, granodioritos e gnaisses (predominância)	Suportes rochosos existentes no intervalo entre 200 a 500 metros ao nível do mar (predominância) Proximidade de fontes/cursos de água	
Pinturas	Suportes rochosos carbonáticos (predominância)	Cotas altimétricas entre 150 a 250m (predominância) Proximidade de fontes/cursos de água	

Considerações finais

Uma indagação muito comum das pessoas que visualizam esse simbolismo nos sítios arqueológicos com arte rupestre da bacia hidrográfica é querer saber há quanto tempo elas foram feitas. Embora existam datações arqueológicas que já comprovam a presença humana no Estado do Rio Grande do Norte desde 9.400

anos atrás (MARTIN, 1997), no município de Carnaúba dos Dantas, na região do Seridó, mas não foram efetuadas datações diretas dos grafismos pintados em nenhum sítio arqueológico do Rio Grande do Norte, ou seja, podem ter centenas ou milhares de anos; portanto não sabemos há quanto tempo foram realizadas.

Alguns autores (GUIDON, 1989; MARTIN, 1997; PROUS, 1992) chegaram a defender inicialmente os conceitos de tradições rupestres, tais como Tradição Agreste e Nordeste (para pinturas) e Tradição Itacoatiaras (para as gravuras), mas as pesquisas arqueológicas mais recentes tendem a desconsiderar esse tipo de classificação e priorizam o estudo de estilos próprios, específicos e regionais, na elaboração dessas criações simbólicas.

Entretanto, em 2016 foi possível obter uma datação de 5.040 anos para gravuras rupestres elaboradas no sítio arqueológico Fazenda Pedra Pintada, no município de Caraúbas, no médio oeste da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, pelo método de datação direta de granitoides (SANTOS JÚNIOR, V; VALLE, R. B. M; SULLASI, H. L; OLIVEIRA, D. L; BEDNARIK, R, 2018); portanto, a prática da arte rupestre nessa área retroage há milênios e os suportes rochosos foram ocupados e reocupados por grupos cronológicos diferenciados, com simbolismos e estilos também diferenciados.

A análise das semelhanças e diferenças gráficas do conjunto de sítios arqueológicos com arte rupestre da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró permite inferir a existência de variados grupos pré-históricos que se deslocavam do interior para o litoral e vice-versa, utilizando os suportes rochosos existentes ao longo de seus tributários e a calha do rio principal como vias naturais em suas migrações. O ponto principal desses deslocamentos dos grupos humanos nesses períodos cronológicos talvez passe pela oferta de água e alimento, assim como pelas flutuações climáticas globais que tiveram influência no regional que engloba a bacia hidrográfica considerada (MARTINS, A. J. A.; SANTOS JÚNIOR, V; 2017; SANTOS JÚNIOR, 2008).

Esses grupos utilizavam os variados cursos d'água da bacia hidrográfica e aproveitavam as formações rochosas para expressar um pouco do simbolismo ideológico e de seu cotidiano, onde, de certa forma, estabeleceram um elo permanente entre o passado e o presente através desse sistema de comunicação.

Referências

GUIDON, Niéde. Tradições rupestres da área arqueológica de São Raimundo Nonato, PI. Revista Clio n. 5, (Pernambuco), vol.1, 1989

MARTIN, Gabriela. Pré-História do Nordeste do Brasil. 2ª edição atual. Editora Universitária da UFPE: Recife, 1997.

MARTINS, A. J. A.; SANTOS JÚNIOR, V. As gravuras rupestres na região serrana dos municípios de Francisco Dantas e Portalegre,na microrregião de Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil. Revista Noctua, v. II, p. 96-111, 2017.

PESSIS, Anne-Marie. Imagens da Pré-História. Parque Nacional Serra da Capivara. Ed. I, FUMDHAM/PETROBRÁS; São Paulo, SP: A&A Comunicação, 2003.

PROUS, André. Arqueologia Brasileira. Brasília. Ed. UNB, 1992.

SANTOS JÚNIOR, V.; VALLE, R. B. M.; SULLASI, H. L.; OLIVEIRA, D. L.; BEDNARIK, R. Direct Dating of Petroglyphs in Rio Grande do Norte, Brazil. ROCK ART RESEARCH, v. 35, p. 85-97, 2018.

SANTOS JÚNIOR, V. As gravuras rupestres da região oeste do Rio Grande do Norte. CLIO. Série Arqueológica (UFPE), v. 24, p. 83-99, 2009.

_____ As técnicas de execução das gravuras rupestres do Rio Grande do Norte. FUMDHAMentos, v. VII. 2008.

VALLE, Raoni Bernardo Maranhão. (2003) Gravuras pré-históricas da Área Arqueológica do Seridó potiguar/paraibano: um estudo técnico e cenográfico. Dissertação de mestrado em História, UFPE, Recife-PE. 105 p.

CAPÍTULO 11

ANÁLISE ESPACIAL DA COBERTURA VEGETAL NA REGIÃO SERRANA DE MARTINS E PORTALEGRE – ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE[2]

Antônio Helton da Silva Barbosa

Rodrigo Guimarães de Carvalho

Ramiro Gustavo Valera Camacho

Introdução

Atualmente, dentre as diversificadas técnicas de processamento de imagens que possibilitam a exploração dos dados de sensores remotos, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o qual permite identificar a presença de vegetação e caracterizar sua distribuição espacial e sua evolução no decorrer do tempo (ROSEMBACK; FRANÇA; FLORENZANO, 2005; LOBATO *et al*., 2010).

O NDVI, foi proposto por Rouse *et al*. (1973), a partir da normalização do Índice de Vegetação da Razão Simples para o intervalo de -1 a +1. A normalização consiste numa relação entre as medidas espectrais de duas bandas, a infravermelho próximo e a vermelha (PONZONI; SHIMABUKURO, 2012). Nesse seguimento, é o índice de vegetação mais comumente empregado em estudos sobre vegetação, sendo uma aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores de satélites (MELO *et al.*, 2011).

Embora a literatura científica destaque as potencialidades e limitações de mais de 50 índices de vegetação; todavia, os dois mais comumente utilizados são: Razão Simples (RVI) e o NDVI (MOREIRA, 2003). Desse modo, o NDVI é

[2] Artigo originalmente publicado na Revista do Departamento de Geografia da USP em 2017, V. 33.

amplamente utilizado em praticamente todos os biomas terrestres, sendo aplicado para os mais variados estudos ambientais. Uma das primeiras tentativas de classificação de cobertura terrestre derivadas de NDVI em escala global foi realizada por Defries e Townshend (1994).

Em ambientes áridos e semiáridos de todo o mundo, vários são os estudos que utilizaram este índice de vegetação para a classificação da cobertura terrestre com base nas variáveis ambientais (clima, solo, geologia) que influenciam a variação das características fenológicas das plantas. Nesse contexto, são destacadas as pesquisas de Weiss *et al*. (2004) que utilizou o NDVI para analisar 11 anos (1990-2000) de variabilidade sazonal e interanual no centro do Novo México, EUA e Karnieli (2000), que aplicou o NDVI para monitorar durante dois anos a cobertura vegetal no deserto de Negev, Israel.

Na Mesorregião Oeste do Estado do Rio Grande do Norte ocorre um relevo montanhoso onde estão situados dois principais municípios: Martins e Portalegre. Em função da importância da Região Serrana de Martins e Portalegre (RSMP) no contexto ambiental do semiárido brasileiro, a localidade foi classificada, de acordo com a Portaria nº 223, de 21 de junho de 2016 (MMA, 2016), como uma área de importância biológica extremamente alta e prioridade de conservação extremamente alta. As principais características apontadas para região, que justificaram essa classificação, se referem a mesma apresentar chapadas e serras, possuir cavernas de mármore e ocorrência de espécie de ave ameaçada de extinção (*Picumnus limae*), além da presença de brejos de altitude (MMA, 2007; MMA, 2016).

Diante das características ambientais apresentadas e visando contribuir para o conhecimento fitogeográfico, a pesquisa buscou analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) aplicado em uma imagem RapidEye do ano de 2012. Deste modo, esta pesquisa representa uma contribuição à conservação e ao conhecimento da cobertura vegetal da região, principalmente dos brejos de altitude, que são verdadeiras ilhas de vegetação úmida serrana em meio ao domínio do semiárido.

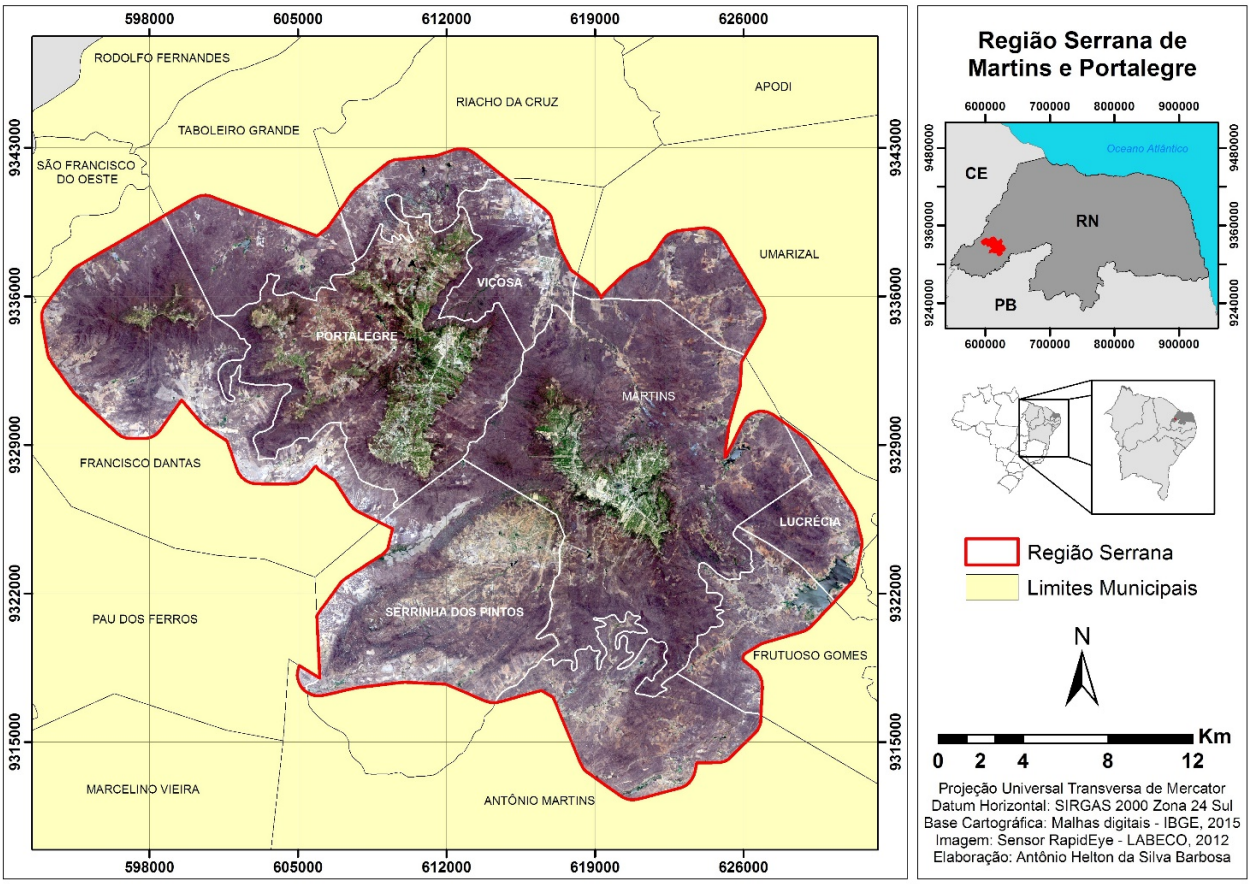
Localização e características geoambientais da área de estudo

A Região Serrana de Martins e Portalegre (RSMP) se destaca como uma paisagem de exceção dentro do contexto semiárido do estado do Rio Grande do Norte. Dentro do bioma Caatinga, a região está inserida em um seleto grupo de áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira.

Esse compartimento montanhoso encontra-se basicamente dividido em dois relevos serranos similares que constituem as serras de Martins e de Portalegre e do ponto de vista político-administrativo (Figura 1), está localizada na

Mesorregião Oeste Potiguar e, especificamente, nas microrregiões Umarizal e Pau dos Ferros. Sob a perspectiva de gestão da água, situa-se no médio curso da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, funcionando como um dispersor de águas. Em linha reta, dista 150 km do litoral setentrional do RN, na foz do rio Apodi-Mossoró no município de Areia Branca (CARVALHO, 2011).

Figura 1 - Mapa de localização da Região Serrana de Martins e Portalegre.



A pesquisa está compreendida em uma área de aproximadamente 64.953 ha, abrangendo parte dos municípios de Antônio Martins, Frutuoso Gomes, Lucrécia, Taboleiro Grande, Riacho da Cruz, Umarizal, Martins, Portalegre, Serrinha dos Pintos, Francisco Dantas e Viçosa.

O maciço cristalino foi utilizado como critério para a delimitação da área de estudo, não obedecendo aos limites políticos e administrativos municipais. A unidade estrutural representa um enclave de exceção ao conjunto das áreas sertanejas adjacentes e, por isso, a delimitação da área de estudo incorpora desde o maciço até as áreas sertanejas do entorno próximo visando possibilitar uma análise comparativa.

Dos aspectos físicos da região, cabe destacar que na Mesorregião Oeste predominam as precipitações com valores entre 600 a 800 mm, com exceção de algumas áreas localizadas nas serras, onde a precipitação ultrapassa 900 mm (PINHEIRO *et al.*, 2010).

A variação das cotas altimétricas do relevo serrano e de sua precipitação diferenciada em relação as áreas sopedôneas, condicionam um microclima diferenciado do contexto regional. Esse conjunto de fatores físicos, aliado a outros elementos como solo e hidrografia, condicionam o aparecimento de diferentes tipos de cobertura vegetal.

Do ponto de vista geomorfológico, a região forma platôs da ordem de 700 metros de altitude. Trata-se de maciços de topo plano, parcialmente recobertos por arenitos laterizados da Formação Serra do Martins. Esta formação ocorre como chapadas de relevo plano a levemente ondulado, com escarpas abruptas e contornos irregulares (MAIA, 2016).

As áreas mais elevadas das serras do Martins e Portalegre são os setores tabulares do topo, morfoestruturalmente condicionados pela Formação Serra do Martins. Já as áreas sertanejas circunvizinhas se encontram em cotas abaixo de 300 m. Os contatos entre as áreas elevadas das serras e os sertões se dão de forma abrupta, com declives acentuados e, em muitos casos, escarpados em vertentes graníticas e/ou cornijas areníticas (BASTOS *et al.,* 2016).

Segundo o mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte, a RSMP encontra-se sobre as seguintes formações geológicas: Formação Jucurutu e Unidade Caicó, composta por rochas metamórficas e ígneas; Complexos Caicó e Jaguaretama, formado por rochas metamórficas e sedimentares; Suíte Poço da Cruz, composta por rochas metamórficas; Suítes Intrusivas Itaporanga e Umarizal, compostas por rochas ígneas; Formação Serra do Martins e Depósitos colúvio-eluviais, compostas por rochas sedimentares e sedimentos inconsolidados (ANGELIM *et al*., 2006).

Com relação aos solos e levando em conta a interpretação do mapa pedológico do Estado do Rio Grande do Norte (JACOMINI *et al*., 1971), a RSMP encontra-se sobre quatro domínios pedológicos. Após a atualização das classes e nomenclaturas realizadas por Santos *et al*. (2013), as quatro classes de solos encontrados na RSMP são os Latossolos no topo dos maciços, associados à Formação Serra do Martins; Neossolos Litólicos nas encostas íngremes esculpidas nos granitóides e arenitos e, por fim, a associações de Argissolos e Luvissolos nas áreas da depressão sertaneja circunvizinha.

Nesse sentido, além da vegetação típica do Bioma Caatinga, há para a região o registro de uma cobertura vegetal que se desenvolve nas partes mais elevadas das serras de Martins e Portalegre e são assinalas popularmente como “brejos” (NETTO; LINS; COUTINHO, 2008).

Para Ab’saber (1999) na cultura popular dos sertões é costume reconhecer-se por brejo qualquer subsetor mais úmido existente no interior do domínio semiárido. O termo se projetou para todo um subconjunto de paisagens e de ecossistemas relacionados às serras úmidas, caracterizado pela presença de ilhas de vegetação exótica encontradas dentro das áreas dos diferentes domínios morfoclimáticos e geobotânicos, e só podem ser explicadas pela existência local

de fatores de exceção de ordem litológica, hidrológica, topográfica e paleobotânica (AB'SABER, 2003).

Materiais e métodos

Índice de vegetação

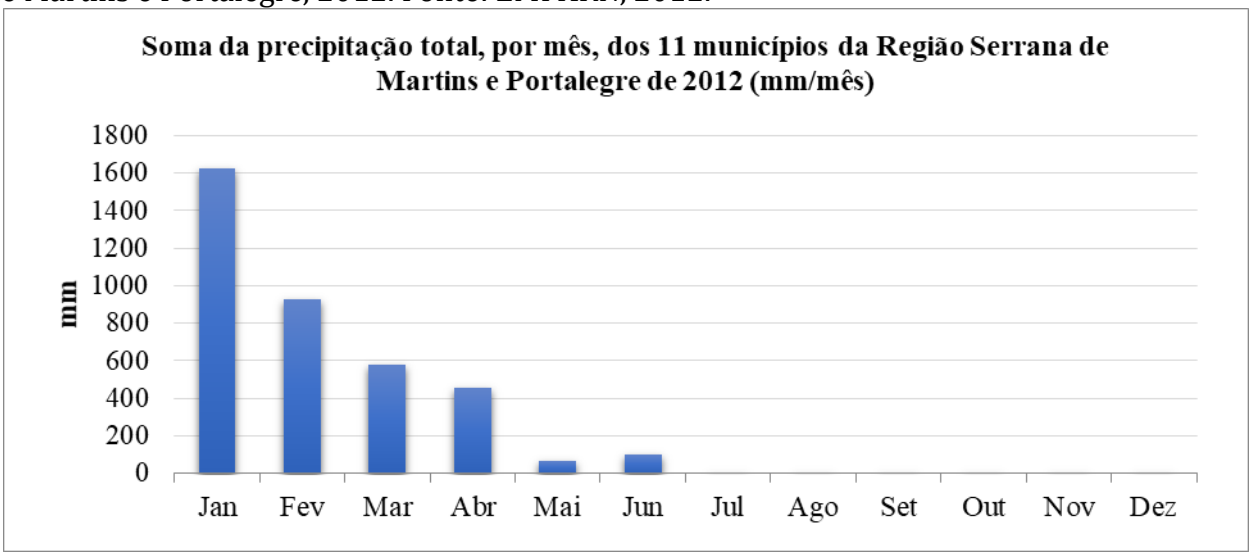
Todos os procedimentos foram realizados em ambiente SIG, utilizando o *software* ArcGis 10.2. Para geração do NDVI foi utilizado uma imagem RapidEye processada, ou seja, ortorretificada e com correção atmosférica, datada de 13 setembro de 2012, com resolução espacial 5 metros. A imagem foi adquirida com nível de processamento 3A. As imagens de satélite dessa classe são oferecidas nos mais altos níveis de processamento disponíveis. A data corresponde ao período médio da estação seca, com ausência de precipitações para a região nesse período, como mostra a Figura 2.

As informações pluviométricas são muito importantes para a análise e compreensão da distribuição espacial da cobertura vegetal por meio do NDVI, devido a sua relação direta com a atividade fotossintética e produção de biomassa vegetal no bioma Caatinga. Assim, é possível compreender o comportamento e dinâmica fenológica da vegetação de caraterística decídua durante a estação seca, tornando possível comparações futuras da resposta espectral da vegetação entre períodos secos e chuvosos.

Na etapa de geoprocessamento dos dados foram utilizadas as bandas espectrais 3 e 5 onde apresentam, respectivamente, valores de refletância nos comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo e favorecem a visualização de diferenças entre respostas espectrais para a vegetação.

A relação existente entre o NDVI e as bandas espectrais supracitadas se baseia na assinatura espectral das plantas. Dessa maneira, as porções absorvidas no vermelho e refletidas no infravermelho variam de acordo com as condições das plantas. Quanto mais verdes, nutridas, sadias e bem supridas do ponto de vista hídrico for a planta maior será a absorção do vermelho e maior será a reflectância do infravermelho. Dessa forma, a diferença entre as reflectâncias das bandas do vermelho e do infravermelho será tanto maior quanto mais verde for a vegetação.

Figura 2 - Soma da precipitação total, por mês, dos 11 municípios inseridos na Região Serrana de Martins e Portalegre, 2012. Fonte: EMPARN, 2012.



Para obtenção do NDVI, foi aplicado o algoritmo (ROUSE *et al*., 1973) que consiste na diferença da refletância no infravermelho próximo e a refletância no vermelho dividido pela soma dessas duas bandas como mostra a seguinte equação:

$$NDVI = ((R\ ivp - R\ v)/(R\ ivp + R\ v))$$

Onde:

R = reflectância;

ivp = espectro eletromagnético infravermelho;

v = espectro eletromagnético vermelho.

Os resultados variam de -1 a +1 por pixel, de modo que quanto mais próximo de +1, maior a densidade da vegetação. Na medida em que esse valor diminui, a vegetação vai ficando mais rala, e quanto mais próxima de -1, maior indício de presença de solos descobertos e rochas. Já a água, por sua vez, apresenta valores negativos, próximos a -1, o mesmo ocorrendo com áreas de sombra de nuvem (POELKING; LAUERMANN; DALMOLIN, 2007; MELO; SALES; OLIVEIRA, 2011).

Os dados obtidos foram divididos em 6 intervalos de reflectância, pois essa quantidade de intervalos exibiu o melhor agrupamento das classes de acordo com a resposta espectral dos alvos. As classes foram agrupadas com o auxílio do algoritmo Natural Breaks (Jenks), método de classificação padrão do ArcGIS. Esse método baseia-se em agrupamentos naturais inerentes nos dados. Assim,

são divididos em classes cujos limites são definidos onde existem relativamente grandes diferenças nos valores de dados.

Com relação a classe de Áreas sem Vegetação (uso antrópico) e sua definição, foram considerados os setores onde havia predominância de alvos com comportamentos espectrais característicos de áreas urbanas, sítios, áreas de urbanização incipiente, comunidades rurais, vias de acesso, agricultura de sequeiro e/ou itinerante, bem como outras áreas onde houve supressão da cobertura vegetal e foram modificadas pelas ações humanas.

Trabalhos de campo para averiguação das características estruturais da cobertura vegetal

Para subsidiar uma análise mais precisa das informações apresentadas pelo NDVI, foram realizadas visitas *in loco* para reconhecimento da verdade terrestre, correlacionando os dados digitais com os de campo. Ao todo foram coletados 103 pontos utilizando um receptor do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), cabendo destacar também o uso das imagens de alta resolução disponibilizadas pelo *software* Google Earth PRO para subsidiar as análises dos pontos coletados em campo e seus respectivos alvos.

Os trabalhos de campo tiveram início no mês de fevereiro de 2016, com o intuito de observar a cobertura vegetação durante a estação chuvosa e se estenderam até o mês de novembro, período que marca o final da estação seca, quando é possível distinguir os aspectos que envolvem a cobertura vegetal no que concerne as características da estacionalidade foliar das plantas quanto a perda de folhas na estação seca.

Cabe destacar que, a precipitação acumulada para o ano de 2016 foi semelhante ao ano da imagem utilizada (2012), com nível pluviométrico concentrado no primeiro semestre e baixo nível de precipitação para o segundo. Com relação a soma total da precipitação acumulada no mês de setembro 2016, foi registrado apenas 1 mm para os municípios inseridos na área de estudo.

Sobre a dinâmica do atributo folhagem no bioma Caatinga, influenciada pelos fatores de pluviosidade e umidade do solo, foram utilizadas para caracterizar a cobertura vegetal da região e auxiliar a sua classificação. Nesse contexto, a classificação, com particular ênfase para a cobertura de folhas, utilizou as terminologias de Perenifólia, Semidecídua e Decídua, para correlacionar as classes de NDVI aos seus respectivos alvos de superfície, tendo em vista a pouca relação deste índice com o atributo fisionômico.

O uso das terminologias aplicadas na pesquisa, foram baseadas no sistema de classificação da vegetação brasileira de Fernandes (1998), no qual considera a fitofisionomia da vegetação com relação ao porte e à influência climática/edáfica. Tal sistema, descreve a vegetação perenifólia (perenifólio) como uma vegetação que apresenta uma natural durabilidade foliar como

resposta biológica direta ao ambiente. Essa condição é alcançada quando a total permanência da cobertura vegetal ou queda de até 10% do sistema foliar (FERNANDES, 2007).

A vegetação semidecídua (semicaducifólio) é descrita como uma vegetação que apresenta alguma deciduidade foliar, nos limites de 10%-60% da cobertura de folhas. Já a vegetação decídua (caducifólio), caracteriza-se por apresentar uma caducidade acima de 60% de queda foliar (FERNANDES, 2007). Segundo o mesmo autor, quando a deciduidade da cobertura florística é total, salienta-se o contraste fisionômico, bem acentuado, entre os extremos vegetativos assumidos na estação chuvosa e no período de estiagem.

Resultados e discussões

Os intervalos de reflectância do NDVI distribuídos espacialmente na Figura 3, revelam que os elementos visuais mais representativos são os de valores positivos, o que sugere a presença de cobertura vegetal, os valores de NDVI foram agrupados em seis classes e seus respectivos alvos de superfície identificados em campo (Tabela 1). Conforme sugerido pelo índice, os valores negativos agrupam as áreas sem vegetação, representados pelos corpos d'água (Classe 1) e áreas sem vegetação (Classe 2).

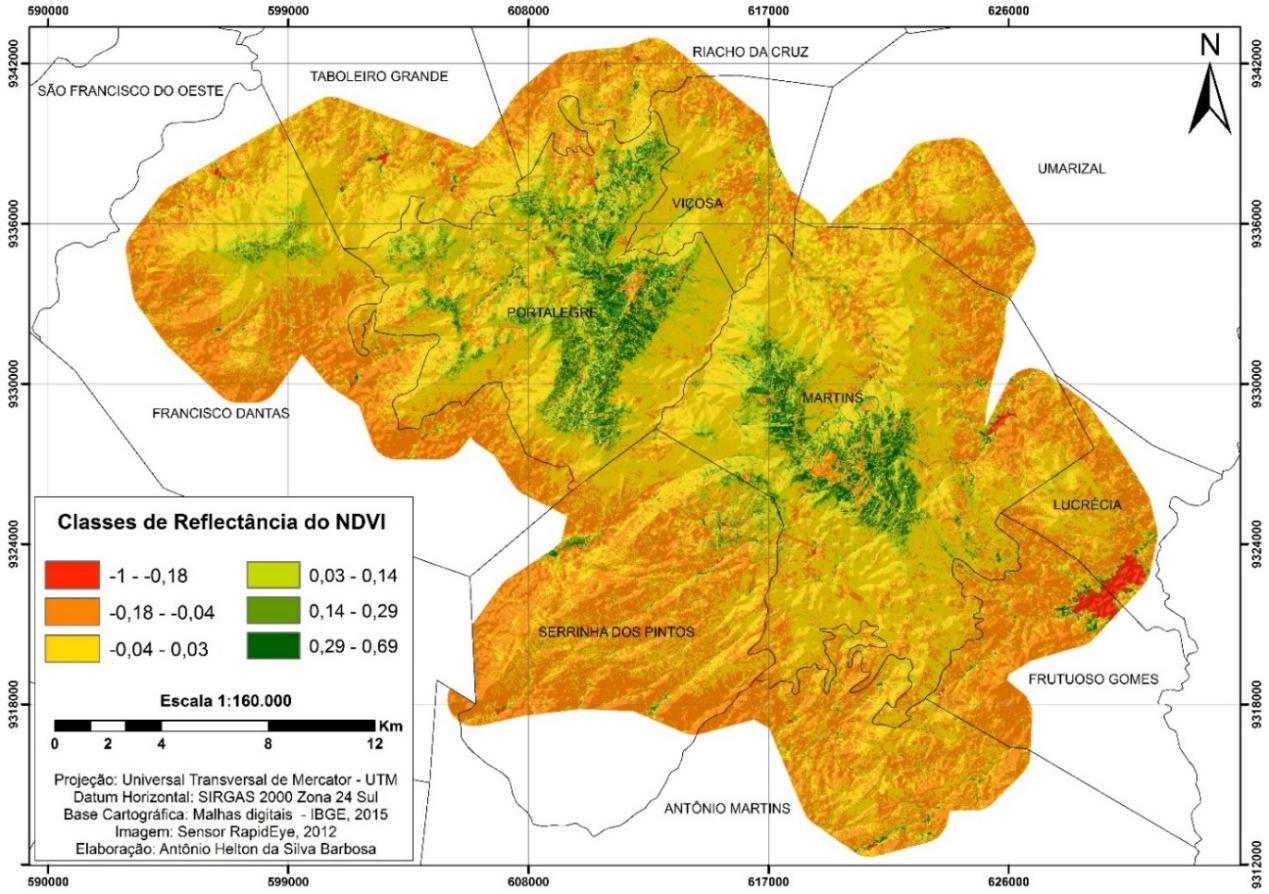
As demais classes, que correspondem aos valores positivos para o índice e são indicativos para a presença de cobertura vegetal, foram baseadas na vegetação fotossinteticamente ativa e de sua relação com a ausência e presença de folhas verdes, uma vez que o NDVI é muito sensível a atividade da clorofila.

Tabela 1 - Intervalos de NDVI correspondente a suas respectivas classes e alvos de superfície.

Intervalos NDVI	Classes	Alvos de superfície
-1 – -0,18	Classe 1	Corpos d'água
-0,18 – -0,04	Classe 2	Áreas sem Vegetação
-0,04 – 0,03	Classe 3	Vegetação decídua menos densa
0,03 – 0,14	Classe 4	Vegetação decídua mais densa
0,14 – 0,29	Classe 5	Vegetação Semidecídua
0,29 – 0,69	Classe 6	Vegetação Perenifólia

A áreas com coloração variando entre os tons de verde claro e escuro, são indicativas de vegetação com maior atividade fotossintética. Nesse seguimento, a coloração amarela é indicativa de vegetação de baixa atividade fotossintética. Os alvos de superfície representados pela cor laranja são indicativos de ausência de cobertura vegetal. Já os alvos exibidos na coloração vermelha são indicativos para a existência de corpos d´água, de acordo com este índice.

Figura 3 - Distribuição espacial do NDVI da Região Serrana de Martins e Portalegre/RN.



A classe temática 1 apresentou valores de NDVI negativos, bem próximos a -1. Os valores variaram entre (-1 – -0,18) e são indicativos da presença de corpos d'água por essa razão, assim como pelas geoformas desses alvos. Estão localizadas principalmente nas áreas circunvizinhas as serras de Martins e Portalegre, nas áreas rebaixadas da unidade geomorfológica da Depressão Sertaneja.

Assim como a classe 1, a classe 2 é indicativa de superfícies sem vegetação. Os seus valores variaram entre (-0,18 – -0,04), exibindo comportamento espectral correspondente a presença de solos descobertos, rochas, áreas urbanizadas e outras áreas sem vegetação. Além disso, as geoformas poligonais desses alvos também reforçam a ideia de zonas de uso antrópico. A distribuição espacial desta classe ocorre de forma dispersa ou agrupada, localizadas principalmente na unidade geomorfológica Depressão Sertaneja, região circunvizinha dos platôs de Martins e Portalegre.

No tocante as classes vegetadas, na classe 3 estão agrupados os intervalos de transição entre valores positivos e negativos de NDVI (-0,04 – 0,03). São indicativos da presença de baixa atividade fotossintética, com alvos de superfície onde ocorrem a mistura espectral das áreas sem vegetação com áreas de cobertura vegetal menos densa. Já a classe temática 4 apresentou valores de

NDVI inseridos totalmente na escala de valores positivos, variando entre (0,03 – 0,14), indicando um nível de cobertura vegetal superior a classe 3, porém ainda incipiente no que diz respeito a atividade fotossintética e presença de clorofila, de acordo com os parâmetros deste índice. Estão distribuídas espacialmente por todas as feições do relevo, principalmente nas vertentes das serras.

A classe 5 refere-se às áreas que obtiveram intervalos de NDVI entre (0,14 – 0,29), indicando valores de reflectância demonstrativos de alvos de superfície onde podem ser encontradas vegetação verde. A distribuição geoespacial dessa classe ocorre de forma dispersa ou agrupada, principalmente nas áreas mais elevadas da região serrana e circundando as drenagens. A classe 6 obteve os valores mais altos de NDVI, com valores de reflectância agrupados entre (0,29 – 0,69), indicando locais de alta atividade fotossintética, com presença de vegetação verde de forma mais densa que a Classe 5. Está distribuída principalmente nas áreas de maior altitude, no terço superior dos platôs e nas altas vertentes, bem como ao redor de alguns cursos d'água.

Conforme já exposto acima, o valor máximo para a área de estudo foi de 0,69 para a vegetação verde de maior atividade fotossintética e densa, como sugere o índice. Esse valor corrobora com os valores máximos de NDVI encontrados por Espig, Soares e Santos (2006) ao estudarem as variações sazonais de seis áreas no Semiárido Brasileiro (Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte) por meio desse índice, entre os anos de 2003 e 2004. Segundo os autores, os valores máximos para essas áreas foram estimados em 0,87 para Área 1; 0,78 para Área 2; 0,70 para Área 3; 0,91 para Área 4; 0,81 para Área 5; 0,69 para Área 6, sendo que a Área 3 está localizada no Estado do RN.

Tendo como referência estudos locais, o valor máximo da vegetação para a pesquisa foi superior ao encontrado por Guedes (2016), que registrou o valor de 0,44 ao aplicar o NDVI no município de Martins/RN para o mapeamento de cobertura da terra, com o uso de imagens do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30 metros, datada de 15 de setembro de 2014.

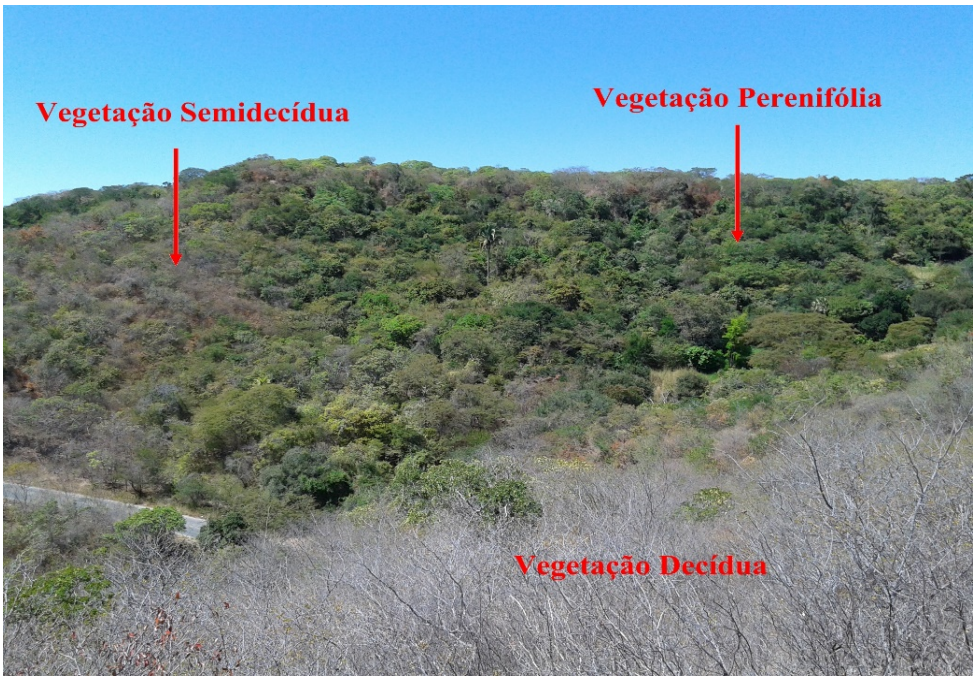
Essa discrepância pode ser explicada pela diferença existente entre os anos das imagens, assim como, a diferença entre os satélites e suas respectivas resoluções espaciais, apesar de datadas do mesmo mês. Além disso, fatores relacionados a variação mensal e anual de precipitação para uma mesma área exerce bastante influência sobre os valores deste índice.

Nesse sentido, a análise da dinâmica fenológica da vegetação (variação sazonal) do bioma Caatinga às mudanças ambientais é baseada em relação aos padrões de precipitação (BARBOSA, 1999), sendo esse um fator de interferência direta sobre a variação anual e intra-anual do NDVI.

No tocante as áreas com cobertura vegetal, a discriminação dos limites entre as classes de vegetação foi facilitada pela aplicação do NDVI no período seco, simplificando as correlações existentes entre as classes de NDVI e as tipologias de vegetação identificadas em campo (Figura 4).

A diversidade dos tipos de cobertura vegetal apresentada na Figura 4, podem ser explicadas pela presença de espécies botânicas pertencentes a distintos domínios fitogeográficos. O estudo fitossociológico feito por Dantas (2016) nesses enclaves florestais indicam que esses ambientes têm como domínio fitogeográfico em comum os biomas Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado. Portanto, trata-se de um ambiente de transição entre formações vegetais.

Figura 4 - Aspectos e características das tipologias da cobertura vegetal nativa durante o período seco, Serra de Portalegre.



Além dos aspectos do relevo, também devem ser considerados os fatores edafoclimáticos como fomentadores dessa diversidade, demostrando uma forte influência na variação do NDVI para um determinado lugar. Nos locais de altitude superior a 600 metros em áreas de relevo plano, são encontrados solos mais desenvolvidos e profundos, com boa capacidade de armazenamento de água. Ademais, a existência de nascentes perenes nesses locais também contribui para a manutenção ecológica de ambientes mais úmidos e influenciam diretamente na conservação da folhagem verde, interferindo nos valores de NDVI.

Conforme apontado acima, a distribuição fitogeográfica identificada para essa época do ano (período seco), podem estar associadas tanto aos aspectos que envolvem o domínio florístico de comunidades vegetais específicas, quanto aos fatores ligados a umidade do solo. A vinculação entre os fatores ambientais de umidade do solo, clima e aspectos da cobertura vegetal (Perenifólia, Semidecídua e Decídua) podem ser analisados com base na espacialização dos valores de NDVI para a região de estudo.

Em comparação com outros ambientes semiáridos, a relação entre NDVI e umidade do solo também foram descritas por Farrar, Nicholson e Lare (1994) ao estudarem a resposta do NDVI a umidade do solo no semiárido de Botsuana. Os autores verificaram que embora a correlação entre NDVI e precipitação seja maior para vários meses, o NDVI é controlado pela umidade do solo do mês seguinte. Para Wang, Rich e Price (2003) a umidade do solo é reconhecida como um parâmetro chave que liga precipitação, temperatura e NDVI.

Com base na reflectância apresentada pelos alvos e também nas visitas *in loco*, os maiores valores de NDVI para a região de estudo apresentaram os intervalos de (0,14 – 0,29) e (0,29 - 0,69), que representam a cobertura vegetal de característica foliar semidecídua e perenifólia, respectivamente. Elas ocorrem de forma agrupa, principalmente nas áreas mais elevadas, sobre os Latossolos da formação geológica Serra do Martins e ao longo de alguns cursos de água (Figura 5), formando linhas tênues de vegetação ciliar, também verificada nos açudes e barramentos.

Ainda com relação aos maiores valores de NDVI, cabe destacar que para as áreas de agricultura de frutíferas permanente e fotossinteticamente ativas, representados principalmente pelo cultivo do caju (Figura 6), mostraram resultados de NDVI que se confundiram com o amplo espectro de respostas da vegetação nativa de características semidecidua e/ou perenifólia. Assim, a reflectância de coberturas vegetais distintas (nativas e cultivo de frutíferas) obtiveram respostas espectrais muito semelhantes em termos de capacidade fotossintética, fato que impossibilitou a separação entre essas coberturas vegetais de forma mais precisa por meio do NDVI. Nesse contexto, observações semelhantes foram feitas por Chaves *et al.* (2013) ao analisar índices espectrais e diagnóstico da vegetação de Caatinga da bacia do Rio Taperoá/PB.

A análise das informações pertinentes a distribuição geográfica das classes de NDVI e visitas a campo, permiti inferir a ocorrência de padrões espaciais na distribuição dos tipos de cobertura vegetal, de acordo com as variáveis ecológicas. Nesse sentido, foi destacado a existência de um gradiente climático, influenciado pela altitude, assim como, os gradientes ambientais de umidade do solo, influenciados pela presença de riachos, açudes e nascentes perenes.

Figura 5 - Distribuição fitogeográfica da vegetação nativa com maior NDVI, Serra de Portalegre.



Figura 6 - Cultivo de cajueiro, Serra de Martins.

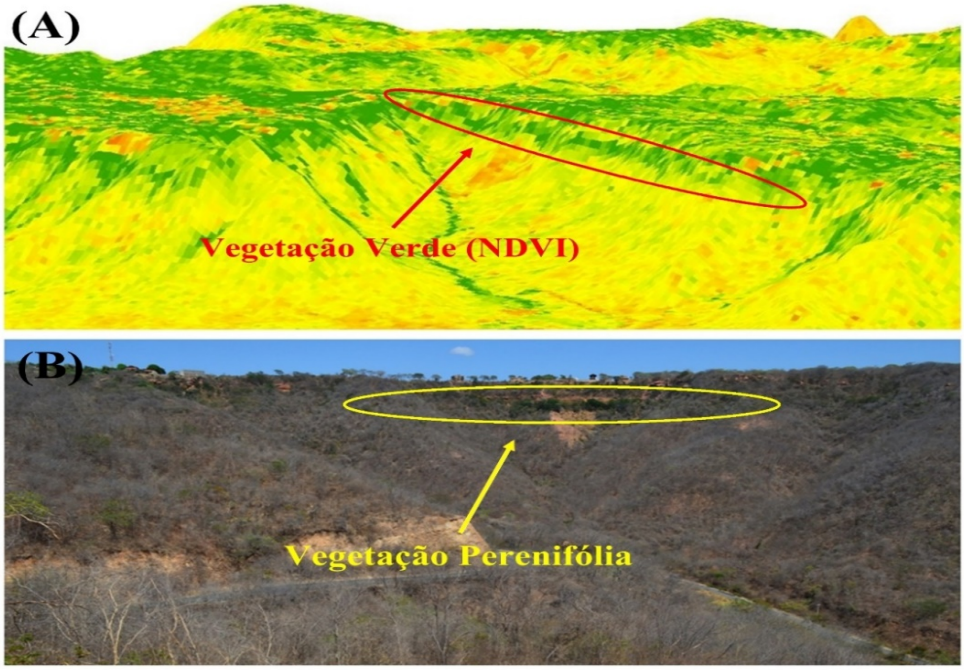


Nesse sentido, foi dado ênfase as linhas de vegetação verde, dispostas de forma paralela as linhas de ruptura das bordas sedimentares da Serra de Portalegre, entre o limite inferior do capeamento sedimentar e o início dos depósitos de tálus (Figura 7A e 7B).

A formação dessas linhas de vegetação com características perenifólia, mesmo durante a estação seca, sugere a existência de um ambiente com condição ecológica capaz de proporcionar a vegetação a manutenção de sua cobertura foliar. Essas condições são semelhantes as verificadas nas margens dos cursos de água perenes e/ou intermitentes da região onde, mesmo as espécies de Caatinga de característica decídua, mantem sua folhagem verde durante o período de estiagem.

Sob a perspectiva da distribuição espacial da vegetação mais densa e levando em consideração os maiores valores de NDVI, foi observado grande similaridade entre a RSMP e as observações relatadas por Cosme Junior (2011) ao aplicar este índice no município de Parelhas-RN, obtendo intervalos variando entre (0,40 – 0,50) e (0,50 – 0,77); e Dantas (2013) ao aplicar o NDVI no município de Cerro Corá-RN, região da serra de Santana, obtendo resultados de (0,09 – 0,45) e (0,45 - 0,82). É importante destacar que os estudos citados foram aplicados em locais que possuem características ambientais de relevo, clima e vegetação bastante semelhantes às encontradas na área de estudo.

Figura 7 - Distribuição geoespacial da vegetação, Serra de Portalegre. (A) Resposta espectral do NDVI; (B) Configuração da vegetação verde na interface geológica-geomorfológica.



Outro aspecto a ser considerado, e não menos importante, são as datas referentes aos estudos citados acima. As imagens de satélite são datadas de 09/06/2010 para o estudo de Cosme Junior (2011), e 19/06/2008 para a pesquisa de Dantas (2013), período referente ao final da estação chuvosa. O NDVI realizado durante o período chuvoso pode apresentar valores de reflectância maiores em relação ao período de estiagem e significativas

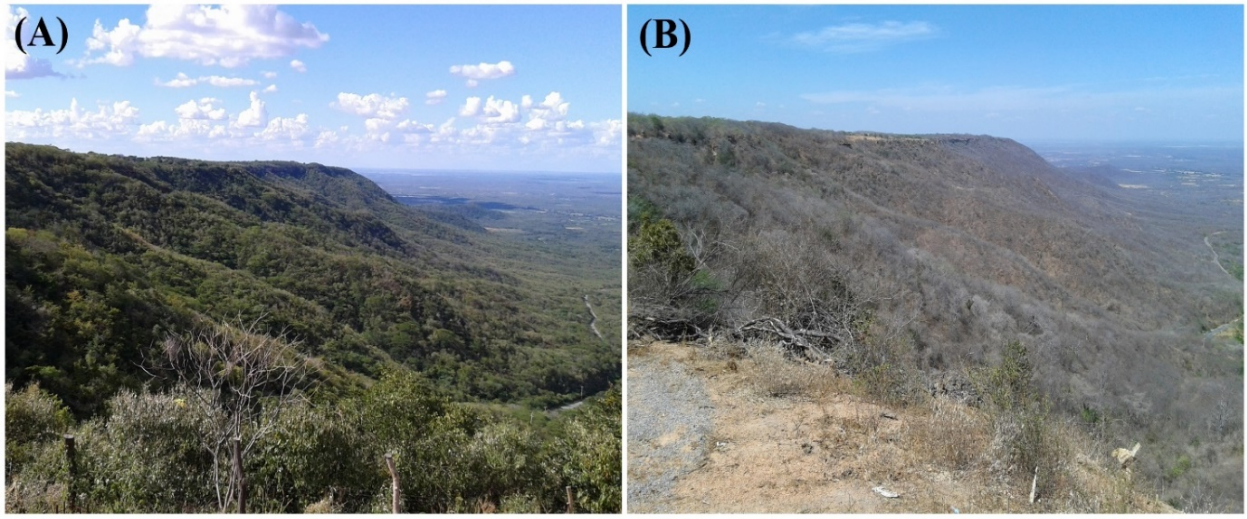
diferenças entre a mesma área podem ser encontradas. Essa observação se apoia no estudo realizado por Coura (2006), onde analisou a dinâmica espectral da vegetação do final da estação chuvosa até a seca, com o objetivo de mapear os diferentes biomas e fitofisionomias do estado de Minas Gerais. Assim, o autor concluiu que, de todas as fitofisionomias estudas, a Floresta decídua (vegetação de Caatinga) mostrou-se a mais sensível e apresentou o maior decréscimo do NDVI.

De forma geral, a vegetação de característica decídua da RSMP, típica do bioma Caatinga, apresentou intervalos variando entre (-0,04 – 0,03) para a caatinga menos densa e (0,03 – 0,14) para a caatinga mais densa, ocorrendo de forma dispersa nas vertentes dos maciços serranos e nas áreas mais baixas de relevo plano e suavemente onduladas.

Além da densidade de árvores e arbustos, que influenciam na mescla dos espectros de solo e vegetação, a variação do NDVI da vegetação de caatinga encontrada na área de estudo no mesmo período (estação seca), pode ser explicado em função da presença de espécies de caatinga que ainda apresentavam alguma folhagem verde no período de captura da imagem, seja por características das espécies ou por condições ambientais mais favoráveis a esse comportamento.

Além da variação deste índice para um mesmo período em vegetação de Caatinga, cabe destacar a variação da cobertura vegetal apresentada entre os períodos secos e chuvosos (Figura 8A e 8B).

Figura 8 - Variação sazonal da cobertura vegetal na vertente nordeste da serra de Portalegre. (A) estação chuvosa, fevereiro de 2016; (B) estação seca, setembro de 2016.



Ferreira (2016) e Oliveira Junior (2016) observaram a alta variabilidade apresentada pelo NDVI ao aplicarem este índice em vegetação de Caatinga entre as estações seca e chuvosa em uma microbacia hidrográfica no município de Portalegre/RN. Ferreira (2016) observou que o NDVI sofreu acréscimo de

aproximadamente 68,46% da estação seca para a chuvosa. Já Oliveira Junior (2016) relatou valores de acréscimo de aproximadamente 56% entre a estação seca e chuvosa, evidenciando a alta variação no percentual de cobertura da vegetação de Caatinga, decorrente da mudança no regime de chuvas e variação fenológica da vegetação de característica decídua.

É importante ressaltar que a diferença existente entre características fitofisionômicas das formações não florestais e florestais, assim como os distintos estratos verificados em campo, não foram identificadas por meio do NDVI. Esse fato impossibilitou a classificação da vegetação de Caatinga em classes de maior detalhe, tendo em vista que a cobertura vegetal de caatinga apresenta diferentes fisionomias.

Insucesso semelhante foi relatado por Silva (2015), que utilizou o NDVI no município de Mossoró-RN, região de vegetação de caatinga, na tentativa de realizar a separabilidade entre a vegetação arbórea da vegetação rasteira, as quais foram confundidas no processo de classificação. Mesmo assim, não se obteve resultado satisfatório na diferença entre os alvos, culminando assim, em respostas semelhantes para duas classes distintas.

Nessa perspectiva, considerando que este índice de vegetação revela a presença de folhas verdes por área e a grande maioria das espécies de caatinga perdem as folhas no período seco, data da imagem utilizada, a provável explicação para a dificuldade encontra na distinção entre as diferentes fitofisionomias e estratos da vegetação de caatinga, podem estar relacionados a estacionalidade foliar da vegetação, fazendo com que apresentem resposta espectral semelhante, independentemente do porte.

Considerações finais

O trabalho fundamentado na análise da distribuição espacial da cobertura vegetal da região serrana de Martins e Portalegre por meio do NDVI, revelou padrões de zonação fitogeográfico ao longo do gradiente altitudinal, influenciados pelo clima, assim como, os gradientes ambientais, influenciados pela presença de umidade no solo em locais como riachos e nascentes perenes.

A análise da cobertura vegetal indicou o predomínio de frutíferas permanentes e demais áreas antrópicas na superfície de topo tabular das serras. As altas vertentes são revestidas de caatinga arbórea, com exceção de algumas áreas, onde foram identificadas fitofisionomia florestal classificada como Floresta Estacional Semidecidual. Já nas médias e baixas vertentes predominam a caatinga arbustiva-arbórea. Nas áreas sopedônias que circundam a região, prevaleceram as áreas antrópicas.

De maneira geral, as informações da configuração espacial das áreas antropizadas e remanescentes da cobertura vegetal nativa, são de grande valor/contribuição científica. Assim, poderão contribuir para iniciativas de

proteção da cobertura vegetal, principalmente dos remanescentes florestais do Domínio das Caatingas e Mata Atlântica Nordestina, auxiliando o poder público no âmbito das políticas ambientais e na tomada de decisão, bem como conscientizando a população sobre a necessidade de conservação dos recursos naturais.

Referências

AB' SABER, A. N. Os domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

_____. "Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida". Estudos Avançados, IEA/USP, São Paulo, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ea/v13n36/v13n36a02.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2016.

ANGELIM, L. A. A; MEDEIROS, V. C; NESI, J. R. Programa Geologia do Brasil – PGB. Projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM/FAPERN, 2006. Escala 1:500.000. 1mapa color.

BARBOSA, H. A. Análise espaço temporal de índice de vegetação AVHRR/NOAA e precipitação na região nordeste do Brasil em 1982-85. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999. 164 p.

BASTOS, F. H. *et al*. Ambiente serrano de Martins e Portalegre: apontamentos para a gestão ambiental e desenvolvimento sustentável. In: CARVALHO, R. G; MEDEIROS, S. R. M. (Org.). Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável na Região Serrana de Portalegre e Martins, Rio Grande do Norte. Mossoró: UERN, 2016. 231 p.

CARVALHO, R. G. de. Análise de sistemas ambientais aplicada ao planejamento: estudo em macro e mesoescala na região da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN/Brasil. 2011. 269 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

CHAVES, I. de B. *et al*. Índices espectrais, diagnóstico da vegetação e degradação da caatinga da bacia do rio Taperoá-PB. In: SILVA, B. B. da (Org). Aplicações ambientais brasileiras com geoprocessamento e sensoriamento remoto. Campina Grande: EDUFCG, 2013. p. 23-47.

COSME JÚNIOR, S. Análise de uso e cobertura do solo no município de Parelhas/RN. 2011. 73 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

COURA, S. M. C. Mapeamento de vegetação do estado de Minas Gerais utilizando dados MODIS. São José dos Campos: INPE, 2006. 129p. Disponível em: <http://mtc-m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/12.21.13.36/doc/publicacao.pdf >. Acesso em: 10 jun. 2015.

DANTAS, H. R. Degradação ambiental no município de Cerro Corá-RN por técnicas de geoprocessamento. 2013. 53 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

DANTAS, N. B. de L. Estudo Fitossociológico em enclaves florestais na região serrana dos municípios de Portalegre e Martins-RN. 2016. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2016.

DEFRIES, R. S; TOWNSHEND, J. R. G. NDVI-derivedland cover classificationsat a global scale. International Journal of Remote Sensing, vol. 15, n. 17, p. 3567-3586, 1994.

EMPARN. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Monitoramento Pluviométrico. EMPARN, 2012. Disponível em: <http://189.124.201.150/monitoramento/monitoramento.php>. Acesso em: 23 abril 2016.

ESPIG, S. A; SOARES, J. V; SANTOS, J. R. dos. Variações sazonais do EVI e NDVI em áreas do semi-árido brasileiro. In: VII SEMINÁRIO EM ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADAS À ENGENHARIA FLORESTAL, Curitiba, Brasil. Anais... Curitiba: FPFP, Oct. 2006, p. 219-226.

FARRAR, T. J; NICHOLSON, S. E; LARE, A. R. The influence of soil type on the relationships betwenn NDVI, Rainfall, and soil moisture in semiarid Botswana. II. NDVI. Response to soil moisture. Remote Sens. Environ, vol. 50, p. 121-133, 1994.

FERNANDES, A. Fitogeografia Brasileira - Fundamentos Fitogeográficos: fitopaleontologia, fitoecologia, fitossociologia, fitocorologia. 3 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007. 183 p.

FERNANDES, A. Fitogeografia brasileira. Fortaleza: Multigval, 1998.

FERREIRA, L. L. N. Variação espacial de atributos do solo, em zona de recarga de nascente, em uma microbacia perene do semiárido. 2016. 107 p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2016.

GUEDES, J. C. F. Comparação de índices de vegetação no mapeamento da cobertura da terra no semiárido: estudo de caso no municípiode Martins/RN. 2016. 87 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016. 87 p.

JACOMINI, P. K. *et al*. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife: SUDENE/Divisão de Pesquisa Pedológica, v.1, 531 p. (sér. Boletim Técnico, n. 21; sér. Pedologia, n. 9). Recife/PE, 1971.

LOBATO, R. *et al*. Índice de vegetação por diferença normalizada para análise da redução da mata atlântica na região costeira do distrito de Tamoios – Cabo Frio/RJ. Caderno de Estudos Geoambientais, v.01, n.01, p.14-22, 2010. Disponível em:

<http://www.cadegeo.uff.br/index.php/cadegeo/article/view/2/2>. Acesso em: 20 de maio 2015.

MAIA, R. P. Geomorfologia dos maciços de Portalegre e Martins (RN). In: CARVALHO, R. G; MEDEIROS, S. R. M. (Org.). Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável na Região Serrana de Portalegre e Martins, Rio Grande do Norte. Mossoró: UERN, 2016. 231 p.

MELO, E. T; SALES, M. C. L; OLIVEIRA, J. G. B. de. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. RA´E GA, Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR, vol. 23, p. 520-533, 2011.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Biodiversidade brasileira: resultado da 2° atualização das áreas prioritárias. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira/%C3%A1reas-priorit%C3%A1rias/item/10724>. Acesso em: 22 out. 2016.

_____. Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA n°9, de 23 de janeiro de 2007. / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília: MMA, 2007. (Série Biodiversidade, 31). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/biodiversidade31.pdf>. Acesso em: 01 de jun. 2015.

MOREIRA, M. A. Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 307 p.

NETTO, A. V. M; LINS, R. C; COUTINHO, S. F. S. Áreas de Exceção do Nordeste Brasileiro: considerações conceituais. Fundação Joaquim Nabuco e Universidade Federal de Pernambuco. 2008. p. 11 Disponível em: <observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal3/.../01.pdf >. Acesso em: 23 mar. 2016.

OLIVEIRA JUNIOR, R. Modelagem espacial dos atributos do solo sob diferentes ocupações em uma microbacia perene de vertente do semiárido. 2016. 102 p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2016.

PINHEIRO, J. U; BRISTOT, G; LUCENA, L. R. F. de. Clima do Estado do Rio Grande do Norte. In: PFALTZGRAFF, P. A. dos S; TORRES, F. S. de M. (Org.). Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro: CPRM, 2010. p. 93-99.

POELKING, E. L; LAUERMANN, A; DALMOLIN, R. S. D. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis, Brasil. Anais... Florianópolis: INPE, 21-26 abril 2007, p. 4145-4150. Disponível em:

<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.19.18.33/doc/4145-4150.pdf>. Acesso em: 20 maio 2015.

PONZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012. Disponível em: <http://www.cvmn.com.br/HTML/Arquivos/Sensoriamento%20remoto/SENSORIAMENTO%20REMOTO%20NO%20ESTUDO%20DA%20VEGETA%C7%C3O.pdf>. Acesso em: 20 de maio 2015.

ROSEMBACK, R; FRANÇA, A. A. S; FLORENZANO, T. G. Análise Comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS e TM/ Landsat5 em uma área urbana. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p.1075-1082. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.16.17.49/doc/1075.pdf>. Acesso em: 10 de jun. 2015.

ROUSE, J. W. *et al*. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3, 1973.Annals... Washington, 1973. p. 309-317.

SILVA, A. A. Classificação orientada a objeto para mapeamento da cobertura vegetal da zona urbana de Mossoró/RN. 2015. 150 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2015.

WANG, J; RICH, P. M; PRICE, K. P. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. International Journal of Remote Sensing, vol. 24, n. 11, p. 2345-2364, 2003.

WEISS, J. L. *et al*. Long-term vegetation monitoring with NDVI in a diverse semi-arid setting, central New Mexico, USA. Journal of Arid Environments, vol. 58, p. 249–272, 2004.

CAPÍTULO 12

INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO: PERSPECTIVAS PARA A REGIÃO SEDIMENTAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ, RN – BRASIL

Alcigerio Pereira de Queiroz

Rodrigo Guimarães de Carvalho

Introdução

As questões ambientais vêm sendo discutidas mais intensamente desde a década de 1970. Foram realizados eventos importantes em escala global como a Conferência de Estocolmo em 1972, em que se abriu espaço em nível global para debates, assim como outros encontros que viriam a acontecer, dentre eles a Conferência das Nações Unidas sobre a Água em 1977, que mostrou uma preocupação com a questão da água no mundo, a Rio 92, a Rio +10 e a Rio +20.

Nessa direção, é possível afirmar que a preocupação com as questões ambientais, surge como um novo paradigma mediante o modelo de desenvolvimento capitalista. Um novo paradigma ambiental que preconiza o desenvolvimento sustentável, em que os recursos naturais devem ser utilizados sem comprometer sua disponibilidade para as gerações futuras. Esse modelo surge a partir do que Leff (2004) denomina de crise ambiental. O conceito de crise aqui entendido é o mesmo mencionado por Pinto-Coelho; Havens (2016, p.2) como sendo, uma mudança brusca ou uma alteração importante em um processo ou estrutura organizada da sociedade. A crise pode ser analisada tanto

em termos de alterações estruturais como simbólicas. Uma crise também pode estar associada a algum tipo de escassez.

A partir desse entendimento, compreende-se que as crises estão sempre acompanhando o homem ao longo de sua existência, estando ela presente das mais diversas formas e ligada a processos diferentes na história, como por exemplo a crise do petróleo em 1973. Assim, a crise ambiental que envolve o desenvolvimento da sociedade, a partir de consequências relacionadas ao uso dos recursos naturais de forma intensiva sob a lógica do sistema capitalista, chama a atenção até os dias atuais, preconizando novos conceitos e modelando novas técnicas e formas de desenvolvimento.

Os recursos naturais são intimamente discutidos a partir de uma nova perspectiva, denominada pela Comissão Brundtland no relatório denominado "Nosso Futuro Comum", como Desenvolvimento Sustentável. Esse conceito procura estabelecer uma relação harmônica do homem com a natureza, como centro de um processo de desenvolvimento que deve satisfazer às necessidades e às aspirações humanas. Enfatiza que a pobreza é incompatível com o desenvolvimento sustentável e indica a necessidade de que a política ambiental deve ser parte integrante do processo de desenvolvimento e não mais uma responsabilidade setorial fragmentada (DIAS, 2009, p.31).

A água, por sua vez, é um dos recursos indispensáveis a existência de vida no planeta, e vêm sendo objeto de estudos e discussões no meio científico, estando no bojo das questões ambientais que envolvem o desenvolvimento sustentável, pois sua escassez vem sendo notada em várias partes do planeta. Os dados estatísticos apresentados por Rebouças (2006) vêm nos alertar sobre sua disponibilidade. Segundo o autor, 97,5% da água existente no planeta é salgada e imprópria para o consumo humano, e apenas 2,5% é doce, sendo que destes, cerca de 68,9% estão concentradas nas calotas polares se tornando inacessível, e apenas 29,9% que se concentra principalmente no subterrâneo e não mais que 0,3% nos rios e lagos, estão disponíveis para o consumo humano.

Nesse sentido, sabe-se ainda que esse volume de água disponível para consumo humano está distribuído de forma desigual sobre a superfície do planeta, onde, por sua vez, teremos países com grande abundância e outros com pouca disponibilidade. Pinto-Coelho e Havens (2016, p.15) corroboram enfatizando que "as diferenças na oferta de água, quando somadas às mudanças climáticas, à crescente destruição de hábitats e à pressão por novos usos da água, formam um cenário sombrio que moldura a atual crise das águas".

No que se refere ao cenário internacional, ao se falar de recursos hídricos, o Brasil é considerado um país que dispõe de grandes reservas, devido a sua extensão territorial e sua diversidade climática. Ainda segundo Rebouças (2006), o Brasil apresenta um índice pluviométrico abundante em 90% de sua extensão territorial, índice que chega a ser de 1.000 (mil) a 3.000 (três mil)

milímetros por ano (mm/ano). Os 10% restantes de seu território não apresentam esses níveis por se individualizarem em região com predominância de clima semiárido, o qual não apresenta chuvas regulares.

Os referidos dados nos revelam uma preocupação com a questão dos recursos hídricos disponíveis na região semiárida, localizada precisamente no Nordeste brasileiro. Essa região apresenta um clima que condiciona a uma precipitação pluviométrica baixa e concentrada. Além disso essa região apresenta condições hídricas desfavoráveis que combinam: evapotranspiração alta durante todo ano, subsolo desfavorável em muitas regiões (água salobra ou formação cristalina) e baixo desenvolvimento econômico e social. A falta de água em grande parte do ano compromete seriamente as condições de vida da população em áreas extensas do semiárido (TUCCI; HESPANHOL; NETTO; 2000, p. 33).

Pensarmos em estratégias de gestão da água que venham a garantir seu gerenciamento de forma adequada sem comprometer sua disponibilidade, se torna algo fundamental para manutenção dos sistemas ambientais e a qualidade de vida das populações humanas, principalmente no semiárido brasileiro. Destaca-se a importância de pensar sobre as bacias hidrográficas como principais espaços de gestão da água, sendo estas inseridas e pensadas a partir de um modelo de desenvolvimento sustentável.

Bacia Hidrográfica: Unidade territorial de planejamento e gestão da água

Pensar a gestão da água na perspectiva das bacias hidrográficas é algo que deve ser priorizado quando falamos sobre gerenciamento, conservação e qualidade da água. Araújo e Pinese (2006, p.1) afirmam que "a bacia hidrográfica como unidade de recorte espacial do planejamento constitui-se em elemento fundamental do manejo e gestão ambiental dos recursos naturais, por integrar o solo e a água, essenciais para sustentação e manutenção da vida".

Viegas Filho (2006, p.2) acrescenta que "as razões pelas quais as bacias hidrográficas são consideradas como os espaços territoriais mais adequados para a gestão dos recursos hídricos decorrem do fato de que, através da água, estes vêm a ser espaços integradores de diferentes processos naturais e/ou antrópicos que ali ocorrem."

Estas áreas se destacam como espaços naturais da paisagem, se tornando objeto de estudo mais frequentemente utilizado quando se fala em recursos hídricos. Neste entendimento é de primordial importância compreender este conceito assim como afirma Teodoro et. al. (2007, p. 138) "é de grande importância para gestores e pesquisadores a compreensão do conceito de bacia hidrográfica e de suas subdivisões".

Nesta perspectiva, segundo Christofoletti (1980, p.102), "uma bacia hidrográfica ou bacia de drenagem, é formada por um conjunto de canais de escoamento

inter-relacionados que se caracteriza por apresentar uma área drenada por um determinado rio ou ainda, por um sistema fluvial".

Batista (2011, p.23) contribui com o conceito acrescentando que "a bacia hidrográfica é fonte de abastecimento de água para: o lazer, indústria, agricultura, dessedentação dos animais, para a sobrevivência e equilíbrio da flora e fauna entre outros". Ele ainda acrescenta que: "desse modo, é importante estudar as bacias hidrográficas de forma integrada em que as teorias científicas e as tecnologias, estejam voltadas para a construção de sociedades sustentáveis".

Dessa maneira fica evidente como o conceito de bacia hidrográfica é importante, para se pensar sobre o planejamento sustentável dos recursos hídricos se classificando como a unidade territorial preponderante para que aconteçam as referidas atividades ligadas ao planejamento e gestão da água, independente das escalas apresentadas.

Legislações da água e a formação dos Comitês de Bacias Hidrográficas: Rio Grande do Norte

A Constituição do Estado do Rio Grande do Norte de 03 de outubro de 1989, surge como primeiro marco regulatório, que aborda as questões ambientais e a água no Estado, porém sem dar grande ênfase as questões que envolvem seu gerenciamento. Pompeu (2006, p.607) afirma que:

> Embora dedique capítulo ao meio ambiente e aos recursos hídricos, a constituição do Rio Grande do Norte não aborda a gestão das águas. Ao tratar dos princípios gerais da atividade econômica, apenas declara que o Estado, por intermédio de órgão especializado, elaborará, nos termos da lei, o "Plano Estadual de Recursos Hídricos", de modo a garantir a racional utilização de tais recursos a preservação do meio ambiente.

A lei maior que rege a questão da água no RN, é a Política Estadual de Recursos Hídricos - PERH, lei nº 6.908, de 01 de julho de 1996, alterada pela lei complementar nº 481, de 03 de janeiro de 2013, essa que por sua vez é fundamental, pois assim como afirma Silva (2005, p.153) "para ser bem planejada, toda gestão de recursos hídricos deve contar com uma política que a oriente, bem como com instrumentos que a ponham em prática de modo eficaz".

A Política Estadual de Recursos Hídricos é o marco legal que norteia a tomada de decisões e estabelece o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGRH. Essa estrutura compreende, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH e os Comitês de Bacias Hidrográficas, cada um com suas respectivas atribuições.

As alterações dadas na lei complementar nº 481, de 03 de janeiro de 2013, se resumem a alterações de nomenclatura de alguns órgãos, como é caso da SEMARH, que antes se chamava Secretaria Estadual de Recursos Hídricos e Projetos Especiais, além da inserção de alguns textos que passaram a fazer parte desse marco regulatório. Em sentido geral e resumindo as legislações e decretos regulatórios dos órgãos condutores da Política Estadual de Recursos Hídricos, (Quadro 1) apresentado nos estudos de Marín, et. al. (2016, p.255), resumem a legislação Potiguar, referente aos recursos hídricos.

No que concerne aos instrumentos, destaca-se o Plano Estadual de Recursos Hídricos, elaborado em novembro 1998 que traz uma série de informações acerca dos recursos hídricos superficial e subterrâneo do Estado, porém apresenta a necessidade de uma atualização. Nesse sentido, segundo Hunka (2006, p.44):

> O Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH foi um instrumento criado para a implantação da Gestão dos Recursos Hídricos no Estado. Este Plano teve como finalidade principal fornecer dados e informações que possibilitassem desenvolver a política da gestão dos recursos hídricos no Rio Grande do Norte. No que se refere às ações do sistema de gestão, estas são realizadas através da divisão das 14 bacias e duas faixas litorâneas de escoamento difuso que o Estado apresenta em seu território.

A autora ainda acrescenta que no Estado, verifica-se um processo lento, quando se fala em ações que busquem um gerenciamento adequado dos recursos hídricos, e que o número dos Comitês de Bacias criados é insuficiente para se realizar tal ação.

Isso ocorre porque, apesar da PERH, dedicar o artigo 25, do capítulo III, especialmente as atribuições dos Comitês de Bacias Hidrográficas, e da resolução nº 2 do CONERH, de 15 de dezembro de 2003 que regulamentou a instalação dos comitês de bacias no Estado, atualmente existem apenas três comitês em funcionamento nas bacias estaduais (Quadro 2) e um comitê federal na bacia hidrográfica do Piancó-Piranhas-Açu.

Quadro 1 - Marcos jurídicos que envolvem a gestão dos recursos hídricos no Rio Grande do Norte.

MARCOS JURÍDICOS DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO RIO GRANDE DO NORTE	
LEIS, RESOLUÇÃO E DECRETOS	**DESCRIÇÃO**
Decreto Estadual nº 9.100, do 22 de outubro de 1984.	Enquadra cursos e reservatórios de água do Estado na classificação estabelecida na Portaria no 13, de 15 de janeiro de 1976, do Ministro do Interior, e fornece outras providências
Lei nº 6.908, do 1º de julho de 1996.	Dispõe sobre a Politica Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH e fornece outras providências.
Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.	Institui a Politica Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei no 8.001, de 13 de marco de 1990, que modificou a Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
Decreto nº. 13.283, do 22 de março de 1997.	Estabelece o pedido de dispensa de outorgas do direito de uso dos recursos hídricos e licenças de obras hidráulicas
Decreto nº. 13.284, do 22 de março de 1997.	Cria o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do RN
Lei Estadual nº 8.086, de 15 de abril de 2002.	Criação do Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN)
Resolução nº 2 do CONERH, de 15 de dezembro de 2003.	Regulamenta a instalação de Comitês de Bacias no Estado do Rio Grande do Norte.
Lei complementar nº 483, de 3 de janeiro de 2013.	Dispõe sobre o Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN) e fornece outras providências.

Fonte: Marín et. al. (2016).

Quadro 2 - Marcos jurídicos de criação dos CBH no Rio Grande do Norte.

Marcos Jurídico de Criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas no Rio Grande do Norte	
DECRETOS	DESCRIÇÃO
Decreto nº 21.510, de 20 de dezembro de 2009.	Reconhece o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas Açu como parte integrante do Sistema Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Decreto nº 21.779, de 7 de julho de 2010.	Cria o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Ceará-Mirim e dá outras providências.
Decreto nº 21.881, de 10 de setembro de 2010.	Cria o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró e dá outras providências.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A existência de apenas quatro comitês de Bacias Hidrográficas no Estado do Rio Grande do Norte, pode ser compreendido como um reflexo da falta de interesse da população de participar e articular as questões que envolvem a água, ou ainda um reflexo do atraso na implementação dos instrumentos da PNRH e PERH que ocorre pela omissão dos órgãos gestores do estado.

A integração do Rio São Francisco: um entendimento necessário

Diversos pesquisadores, professores, engenheiros e profissionais das mais diversas áreas do conhecimento, já se dedicaram a estudar a integração do Rio São Francisco ou mais comumente conhecida transposição. Aqui podemos citar

os trabalhos de Lima (2005), Alves Filho; Martins (2008), Quintiere (2010), Ferreira (2012), Segundo Neto (2014), dentre tantos outros.

Com a finalidade de suprir a demanda de água na região do semiárido nordestino, que desde meados do século XIX, se discute a transposição das águas do Rio São Francisco para as regiões mais secas do Nordeste setentrional (Figura 1). Para Alves Filho (2008, p.37):

> A ideia da transposição de águas do Rio São Francisco remonta ao diagnóstico, como visto feito ainda na época do Império, no século XIX, como uma proposta então tecnicamente impossível de se realizar, por conta da grande adução necessária, para a qual não havia bombas com tamanha potência. (ALVES FILHO, 2008, p. 37)

Segundo o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, do projeto de integração do Rio São Francisco (2004, p.09):

> O objetivo principal do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional é assegurar a oferta de água para uma população e uma região que sofrem com a escassez e a irregularidade das chuvas. Não raro, ações emergenciais são aplicadas para atenuar a situação, mas não atingem os pontos centrais do problema: a pouca disponibilidade e a má distribuição de água na região.

Essa integração de Bacias Hidrográficas, proporcionaria as populações, que em sua maioria padecem com a escassez de água, uma disponibilidade hídrica confortável.

Figura 1 - Localização dos eixos da transposição do Rio São Francisco.



Fonte: Brasil (2014), adaptado pelos autores.

Esse projeto de infraestrutura hídrica, têm como base dois sistemas independentes de funcionamento. Esses sistemas, chamados de Eixo Norte e Eixo Leste, captarão água no rio São Francisco entre as barragens de Sobradinho e Itaparica, no Estado de Pernambuco. Compostos de canais, estações de bombeamento de água, pequenos reservatórios e usinas hidrelétricas para autossuprimento, esses sistemas atenderão às necessidades de abastecimento de municípios do Semiárido, do Agreste Pernambucano e da Região Metropolitana de Fortaleza (BRASIL, 2014).

O primeiro ponto de captação (Eixo Norte) está nas proximidades da cidade de Cabrobó –PE e percorrerá cerca de 402 km conduzindo água aos rios Salgado e Jaguaribe, no Ceará; Apodi, no Rio Grande do Norte; Piranhas-Açu, na Paraíba e Rio Grande do Norte (HENKES, 2014). Para Segundo Neto (2014, p. 38) "O Eixo Norte foi projetado para operar com vazão máxima, em seu trecho inicial, de 99 m^3/s e uma vazão contínua de 16,4 m^3/s, destinado para o consumo humano."

O segundo ponto de captação (Eixo Leste) fica em Itaparica -PE, terá cerca de 220 km, caracterizando por ser o eixo menos extenso. Esse eixo levará água ao Rio Paraíba na Paraíba-PB, transportando em média 18,3 m^3 de água por segundo, aos açudes Poço da Cruz – PE e Epitácio Pessoa - PE. Compõe-se de cinco estações de bombeamento, cinco aquedutos, dois túneis e nove reservatórios de pequeno porte (BRASIL, 2004).

Ainda segundo o RIMA (BRASIL, 2004) a referida obra irá levar água para seis Bacias Hidrográficas receptoras (Figura 2) da transposição, que receberão essas por meio de aproximadamente 720 km de condutores, compondo todo o sistema por casas de bombas, túneis, aquedutos e pequenos reservatórios. As bacias beneficiadas são: Rio Jaguaribe - CE, Apodi-Mossoró - RN, Piancó - Piranhas-Açu - PB-RN, Paraíba-PB, Moxotó-PE e Brígida - PE.

Figura 2 - Bacias receptoras das águas da transposição do Rio São Francisco.



Fonte: Brasil (2014), adaptado pelos autores.

Áreas de influência também foram denominadas no referido projeto. A Área de influência indireta deverá compreender a bacia fornecedora e as bacias dos rios Piranhas-Açu, Apodi, Jaguaribe e Paraíba.

A área de influência direta, deverá abranger o conjunto das áreas dos municípios atravessados pelos Eixos de condução da água. A Área Diretamente Afetada optou-se por definir como como uma faixa ao longo das estruturas do Projeto, com 5 km de largura para cada lado. Nessa área serão efetuadas as principais intervenções para o transporte da água, como a construção de canais, estações de bombeamento, túneis, aquedutos e reservatórios, além de edificações temporárias, como canteiros de obras, alojamentos de trabalhadores e vias de acesso de veículos e maquinário (BRASIL, 2014).

Nesse sentido, verifica-se que uma das Bacias Hidrográficas que receberá as águas da transposição em seu eixo Norte será a do Apodi-Mossoró, de grande extensão e importância para a região Oeste Potiguar, compreendendo em sua totalidade quase todos os municípios desta região.

Diante do que foi exposto até o momento, evidencia-se a necessidade de estudos sobre a gestão da água voltados para a região sedimentar da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi- Mossoró, uma vez que essa região irá receber as águas da transposição do Rio São Francisco, e busca-se compreender quais impactos tal obra hídrica poderá ocasionar nessa região, tornando-se assim objeto de estudo e de investigação científica acerca de questões que a envolva, principalmente na perspectiva da gestão da água.

Material e métodos

Localização e caracterização da área em estudo

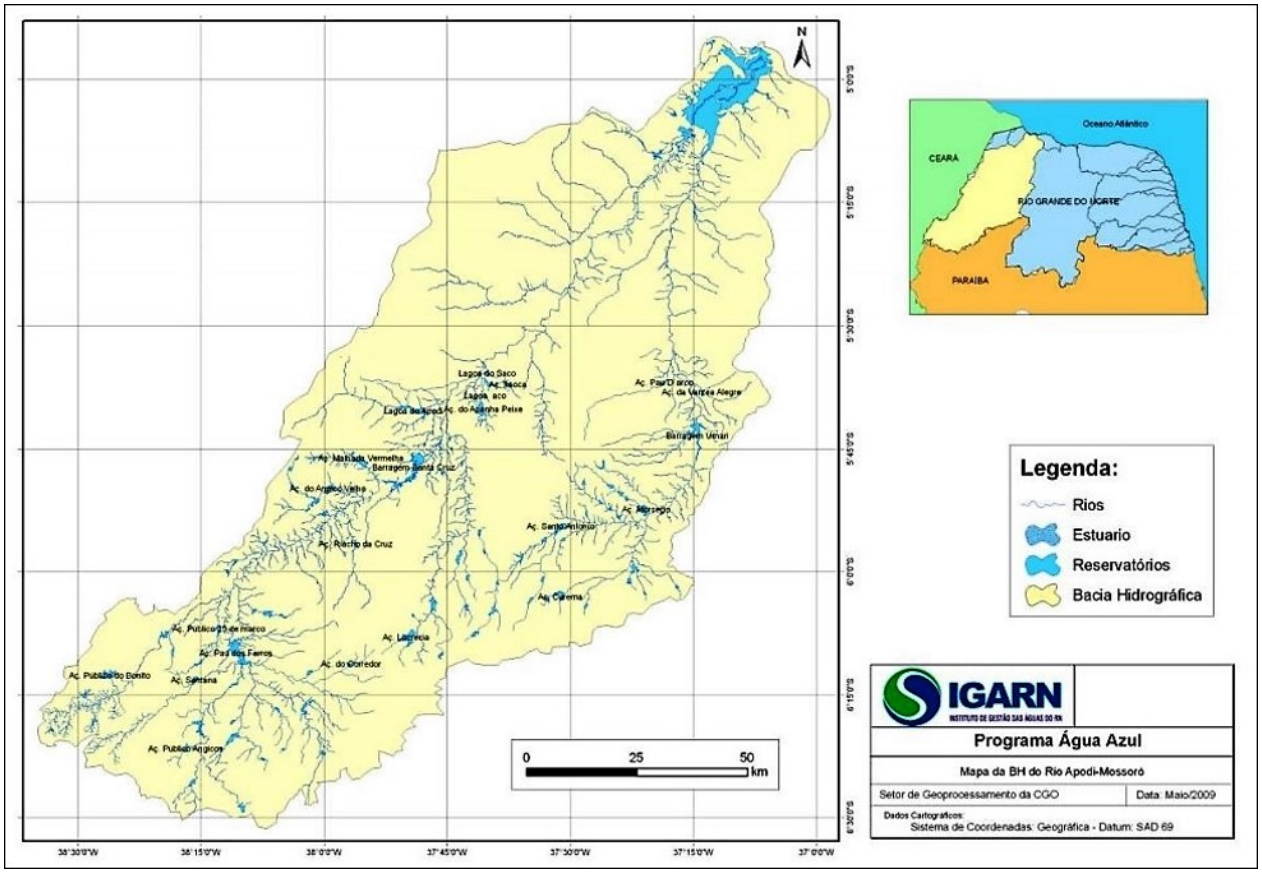
A Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, localiza-se na mesorregião Oeste Potiguar, no Estado do Rio Grande do Norte. Abrange quase todos os municípios dessa mesorregião, em uma área aproximada de 14.276 km^2, configurando-se assim como uma importante área para se planejar a gestão dos recursos hídricos, com a finalidade de se conseguir a sustentabilidade desse importante recurso natural.

Constitui-se como a maior Bacia Hidrográfica inserida totalmente em território Potiguar (Figura 3), compreendendo área dos municípios de Assu, Água Nova, Alexandria, Almino Afonso, Antônio Martins, Apodi, Areia Branca, Baraúna, Campo Grande, Caraúbas, Cel. João Pessoa, Doutor Severiano, Encanto, Felipe Guerra, Francisco Dantas, Frutuoso Gomes, Gov. Dix-Sept Rosado, Grossos, Itaú, Janduís, João Dias, José da Penha, Lucrécia, Luiz Gomes, Major Sales, Marcelino Vieira, Martins, Messias Targino, Mossoró, Olho d'Água dos Borges, Paraná, Paraú, Patu, Pau dos Ferros, Pilões, Portalegre, Rafael Fernandes, Rafael Godeiro, Riacho da Cruz, Riacho de Santana, Rodolfo Fernandes, São Francisco do Oeste,

São Miguel, Serra do Mel, Serrinha dos Pintos, Severiano Melo, Taboleiro Grande, Tenente Ananias, Umarizal, Upanema, Venha Ver e Viçosa. Importante lembra que alguns municípios têm apenas pequenas faixas territórios na Bacia.

A referida bacia foi dividida em unidades de análise na pesquisa de Carvalho (2011, p.48). Essa divisão levou em consideração aspectos como condições topográficas da referida Bacia e os limites políticos municipais. A perspectiva de facilitar a interpretação sobre a espacialização das informações dos municípios que compreendem a área de estudo também se torna pertinente, bem como definir possíveis áreas de estudos futuros.

Figura 3 - Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró/RN.



Fonte: IGARN (2009).

Assim, a pesquisa aqui proposta concentra-se nos municípios que compreendem o Médio Curso Inferior e Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró (Figura 4).

A área em estudo, portanto, compreende o território dos municípios de Apodi, Caraúbas, Janduís, Campo Grande, Upanema, Felipe Guerra, Governador Dix. Sept. Rosado, Baraúna, Mossoró, Serra do Mel, Areai Branca, Grossos e Tibau, totalizando assim 13 municípios.

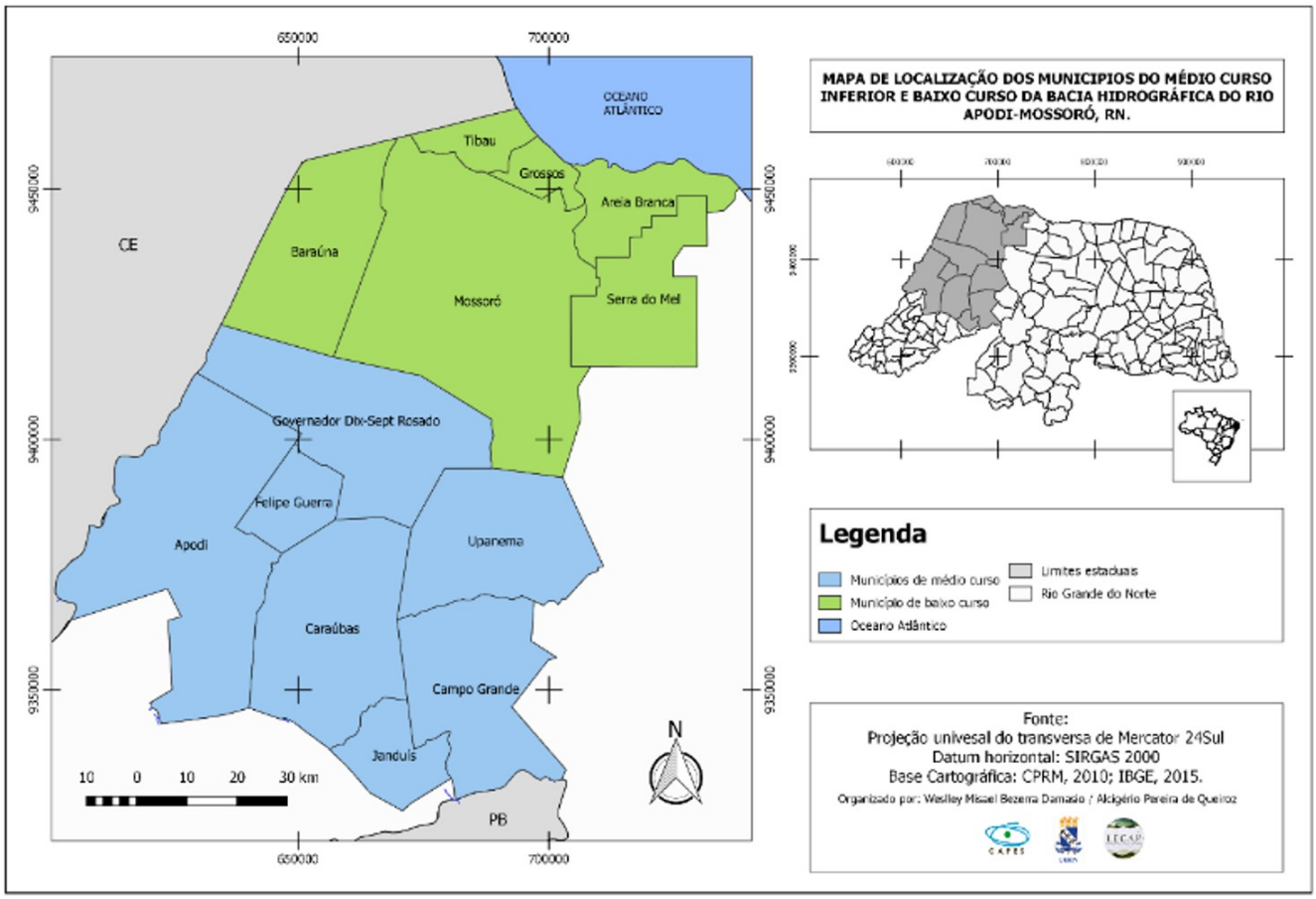
A geologia da área em estudo apresenta, assim como em grande parte do Estado do RN, três grandes grupos de rochas, onde podemos classificar, de acordo com

suas idades. As formações sedimentares, Jandaíra e Açu (grupo Apodi) do Cretáceo, formação barreiras, sedimentos de praia e aluviões do Cenozóico, e o Embasamento Cristalino do Pré-Cambriano.

Quando se fala na disponibilidade de recursos hídricos subterrâneos, a área em estudo apresenta peculiaridades, uma vez que suas estruturas geológicas, proporcionam o armazenamento de grandes quantidades de água.

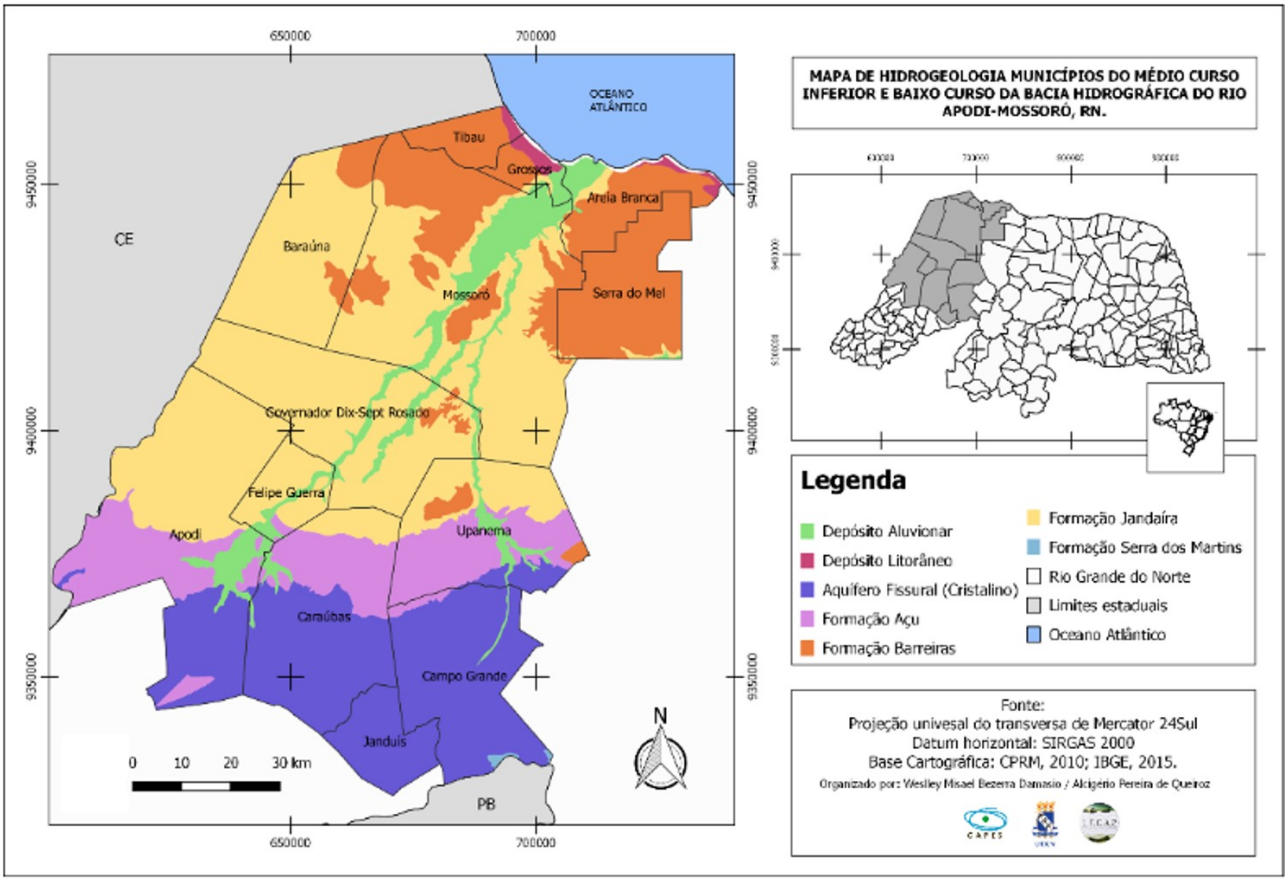
Para Medeiros et. al. (2010), duas são as províncias hidrogeológicas (Figura 5) do Rio Grande do Norte, a de embasamento cristalino e a de estrutura sedimentar. O embasamento cristalino ou aquífero cristalino, constitui-se principalmente de rochas fraturadas/diaclasadas, incluindo gnaisses, migmatitos, micaxistos entre outras.

Figura 4 - Localização da área de estudo.



Fonte: elaborado por Queiroz e Damasio (2018).

Figura 5 – Geologia e hidrogeologia da área em estudo.



Fonte: elaborado por Queiroz e Damasio (2018).

Nas estruturas sedimentares que compõe a bacia potiguar temos a presença de três sistemas de aquíferos muito importantes para a região, tanto na perspectiva de exploração para uso humano quanto para a atividades econômicas, como irá se verificar nos resultados e discussões deste trabalho, a fonte principal de abastecimento de quase todos os municípios deste estudo são águas subterrâneas.

Segundo Pinheiro, et. al. (2010), o clima predominante no Nordeste brasileiro é o semiárido, isso ocorre devido a vários sistemas meteorológicos que atuam nesta área. A precipitação média anual na Mesorregião Oeste Potiguar, onde está localizada a área em estudo sofre variações entre 400 a 800 mm, sendo que o período de chuvas ocorre de janeiro a junho, tendo suas chuvas mal distribuídas neste espaço.

Outro aspecto caracterizado da área foram os solos, onde estes se apresentam bem variados assim como em toda região Nordeste. Buscou-se, portanto, realizar uma explanação simplificada desses, tendo como base o levantamento de solos da EMBRAPA, e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SIBCS.

Nesse sentido, evidenciou-se como principais ocorrências dos tipos de solos encontrado na área em estudo: Neossolos, Cambissolos, Latossolos, Luvissolos, Argissolos, Organossolos, Chernossolos, Gleissolos, Planossolos e Vertissolos.

Com relação aos aspectos da hidrografia da região verifica-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, nesse trecho, é drenada por dois principais rios o Rio Apodi-Mossoró e o Rio do Carmo. Apresenta grande quantidade de afluentes na área do embasamento cristalino e poucos canais nas estruturas sedimentares.

Coleta e análise dos dados da pesquisa.

Para construção e consolidação deste trabalho é importante caracterizar a pesquisa, ressaltando que apresenta uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada. Pesquisas de abordagem qualitativa são abordadas e definidas por diversos autores como: Deslauriers (1991), Goldenberg (1997), Silveira; Córdova (2009). Para Minayo (2009, p. 21):

> A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se ocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não deveria ser quantificado. Ou seja, ele trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes. Esse conjunto de fenômenos humanos é entendido aqui como parte da realidade social, pois o ser humano se distingui não só por agir, mas por pensar sobre o que faz e por interpretar suas ações dentro e a partir da realidade vivida e partilhada com seus semelhantes.

Por ser de natureza aplicada, busca responder ou trazer solução prática, assim como afirma Silveria e Córdova (2009, p. 35) “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais”.

Nesse sentindo foram realizadas as seguintes etapas: inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico em diversas fontes sobre a temática ora proposta, a fim de fundamentar a revisão de literatura, formando o referencial teórico. A aquisição de dados secundários também se fez parte dessa pesquisa.

Utilizou-se das técnicas do geoprocessamento, empregando Sistema de Informação Geográfica – SIG, Qgis versão 2.14, para a elaboração dos produtos cartográficos.

Outro procedimento adotado refere-se à realização da construção de dados primários, que foram coletados por meio da aplicação de entrevistas semiestruturadas. A respeito, Silveria e Códova (2009, p.72) definem:

> O pesquisador organiza um conjunto de questões (roteiro) sobre o tema que está sendo estudado, mas permite, e às vezes até incentiva, que o entrevistado fale livremente sobre assuntos que vão surgindo como desdobramentos do tema principal (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009, p.72).

A entrevista torna-se, portanto, uma fonte de dados importantes na perspectiva de atingir os objetivos aqui expostos. Para Bogdan e Biklen (2010), "uma entrevista é utilizada para recolher dados descritivos na linguagem do próprio sujeito, permitindo ao investigador desenvolver intuitivamente uma ideia sobre a maneira como os sujeitos interpretam aspetos do mundo".

As referidas entrevistas foram realizadas com os órgãos públicos governamentais responsáveis pelo gerenciamento da água na área em estudo. De caráter municipal, foram entrevistados doze secretários municipais, os quais são responsáveis pela pasta que trata da gestão da água nos respectivos municípios. A nível Estadual foram realizadas duas entrevistas, uma com o responsável pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte – IGARN, outra com o responsável pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH.

No decorrer da pesquisa, foram realizados trabalhos em campo, a fim de averiguar informações obtidas por meio da coleta de dados secundários ou da construção dos dados primários, constituindo-se visitas aos municípios.

Ao concluir a etapa de coleta das entrevistas, buscou-se uma técnica a qual fosse eficaz na análise de dados primários e interpretação. Para isso, adotou-se a técnica de análise de conteúdo. Ao conceituar essa técnica Bardin (2011, p.48) define análise de conteúdo como:

> Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens.

Nessa perspectiva, verifica-se, portanto, que essa técnica ainda segundo Bardin (2011), constitui-se das fases de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Importante enfatizar que a coleta dos dados deve ser obtida por instrumento de coleta iguais e de preferência pelo mesmo individuo, para posteriormente serem comparadas e agrupadas a fim de se aferir as informações na busca de resultados que respondam os objetivos da pesquisa.

Com relação aos procedimentos éticos da pesquisa, foi seguido o recomendado na resolução 466/12, que trata das questões que envolvem as pesquisas com seres humanos e que devem ser submetidas junto ao Comitê de Ética em

Pesquisa - CEP por meio da Plataforma Brasil. Esta pesquisa, portanto, foi submetida ao CEP da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, por meio da referida plataforma, registrada sob nº CAEE 80487917.3.0000.5294, a qual por meio do parecer consubstanciado nº 2.476.166, emitido no dia 28 de janeiro de 2018, aprovou a realização da pesquisa.

Resultados e discussão

Caracterização da amostra

Analisar o perfil dos entrevistados e a que secretarias municipais estão vinculados, é indispensável uma vez que é necessário pensar como estão organizadas essas instituições responsáveis pela gestão no nível local, buscando a compreensão dos instrumentos locais de gestão pública.

No tocante ao perfil dos entrevistados nove estão secretários municipais e apenas três não respondem diretamente como secretários, tendo função específica de responder pelas questões da água no município como gerente, coordenador ou responsável.

Sobre as secretárias responsáveis pela gestão da água, foi possível identificar que nenhum dos municípios analisados apresenta uma pasta exclusiva para a gestão dos recursos hídricos, apresentando, portanto, secretarias mistas, ou seja, aquelas em que apresentam outras atribuições somadas as questões dos Recursos Hídricos, como por exemplo: Secretaria Municipal de Agricultura e Recursos Hídricos, ficando assim evidente a responsabilidade múltipla desta pasta, não sendo dada atenção exclusiva a essas questões.

Ainda foi possível identificar aquelas secretarias que não apresentam nenhuma ligação com os recursos hídricos, porém, foram indicadas a responder por esse tema no munícipio, como por exemplo: Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente.

Dos doze municípios analisados, seis apresentaram secretarias mistas que tratam das questões dos recursos hídricos, ou seja, a secretaria de recursos hídricos está vinculada com outras secretarias, principalmente com as pastas de meio ambiente, agricultura, pecuária, abastecimento e irrigação. Porém, é preciso enfatizar que os outros seis municípios analisados não apresentam pasta específica que trate dos recursos hídricos, ficando essa função a critérios de outras secretárias, como por exemplo; secretarias de agricultura, meio ambiente e pesca, sem a expressão recursos hídricos ficar evidente na referida pasta.

É enfatizado por Santos (2011, p.121) que “a gestão das águas é, sim, também de interesse local, fundado tal interesse na própria sobrevivência e na qualidade de vida da população.”

Nota-se, mediante a isso uma falta de atenção com as questões que envolvem os recursos hídricos, pois ter uma pasta ou equipe responsável especificamente pelo assunto no município seria o ideal, o que poderia proporcionar uma gestão mais adequada e condizente com a realidade local.

Segundo Santos (2013), não é porque a constituição ou nas legislações que gerem os recursos hídricos não atribuírem diretamente um papel aos gestores municipais, que estes devem se eximir de suas responsabilidades locais. É pertinente lembrar que cabe aos municípios zelar pelos elementos e recursos naturais que compreendem os seus limites territoriais. Desta forma os recursos hídricos devem sim ter a atenção dos municípios, onde estes devem buscar efetivar as legislações em vigor respeitando as competências legais dos Estados e da União.

Ao tratarmos do tempo em que os entrevistados estão no exercício de suas respectivas funções, observa-se que os mesmos sempre estão vinculados a cargos comissionados, esses que são indicados diretamente pelos prefeitos municipais, o que significa dizer que dependendo do gestor municipal eleito nos pleitos que ocorrem de quatro em quatro anos, pode haver mudanças nessas funções, evidenciando um comprometimento muitas vezes de projetos e estratégias ou políticas que venham sendo tomadas pelos antigos gestores.

Essa rotatividade de secretários/responsáveis pelos recursos hídricos nos municípios, fica evidente, uma vez que 75% dos entrevistados estão à frente de suas respectivas funções entre um e dois anos e apenas 25% está à frente entre três e seis anos.

Já no que concerne ao nível de escolarização destes, percebe-se que há uma diversificação, onde é possível encontrar gestores apenas com ensino fundamental e outros com pós-graduação.

Evidentemente por se tratar na maioria (quase sempre) das vezes de cargos comissionados, não se nota critérios que possam qualificar os respectivos responsáveis para o desenvolvimento das atividades nas respectivas pastas, como, por exemplo: graduação específica ou que seja em área afim.

No âmbito da gestão estadual, as entrevistas foram realizadas com os responsáveis dos dois órgãos gestores da água a nível Estadual, o Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte – IGARN e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH. Vale salientar que os roteiros norteadores das entrevistas foram os mesmos.

No que se refere ao perfil destes, os entrevistados foram o presidente do IGARN e o secretário adjunto da SEMARH. Ambos estão em suas funções há pouco tempo, média de três anos, possuem formações de nível superior com pós-graduação. Vale salientar que o IGARN, é uma autarquia vinculada a SEMARH.

Perspectivas dos gestores com a integração das águas do Rio São Francisco

Tendo em vista que a bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró será receptora dessas águas do PISF, cabe pensar e tentar traçar perspectivas a respeito dessa grande obra de infraestrutura hídrica, e seus impactos na região sedimentar da BHRAM. No que refere aos órgãos gestores a nível estadual verificamos algumas informações no Quadro 3.

Quadro 3 - Perspectivas com a integração do Rio São Francisco – IGARN/SEMARH

PERSPECTIVAS COM INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO – IGARN, SEMARH				
ORGÃOS	**FUNÇÃO NO PROJETO**	**PRINCIPAIS USOS**	**CONFLITOS**	**BENEFÍCIADOS**
SEMARH	1. Membro do conselho gestor do PISF. 2. Planejar como essa água será custeada.	1. Complementar a reserva hídrica da região. 2. Produção agrícola e agricultura familiar.	1. Não irá resolver os conflitos.	1. Toda a região será beneficiada.
IGARN	1. Operador das águas após entrada na Bacia, uma vez que essa é totalmente estadual.	1. Priorização do abastecimento humano e dessedentação animal. 2. Desenvolvimento regional.	1. Poderá resolver os conflitos relacionados as demandas reprimidas. 2. novos conflitos poderão surgir.	1. Todo o estado será beneficiado com o desenvolvimento regional.

Fonte: Pesquisa em campo. Elaboração dos autores.

No que concerne as perspectivas dos órgãos gestores Estaduais, verifica-se que ambos estão com atribuições muito bem estabelecidas, a SEMARH como membro do conselho gestor da integração e planejador dos custos, e o IGARN como órgão operador das águas.

Os entrevistados ainda responderam acerca dos principais usos dessas águas ao entrarem na bacia, onde a complementação da reserva hídrica, produção agrícola e da agricultura familiar foram citados. Priorização do abastecimento humano, dessedentação animal e para o desenvolvimento regional também foram citados.

Ao associarmos a transposição aos conflitos pela água na região, um dos entrevistados foi enfático em responder que não irá resolver nenhum conflito, diferentemente de outra resposta onde o representante do IGARN destaca que os conflitos de ordem de demanda reprimida poderão ser sanados, e que novos conflitos poderão surgir, por fim, o desenvolvimento regional será o principal benefício dessa obra na concepção destes.

As questões que envolvem a transposição do Rio São Francisco também são inerentes aos municípios, uma vez que esses estão inseridos na área territorial

da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, essa que como já foi mencionada anteriormente será receptora das águas da transposição a partir do eixo norte.

Contudo buscou-se analisar questões pontuais acerca dessa obra de infraestrutura hídrica, que promete modificar a paisagem do semiárido nordestino, a partir da inserção de grandes volumes d'água, pensados originalmente para melhorar as condições de convivência das populações com o semiárido.

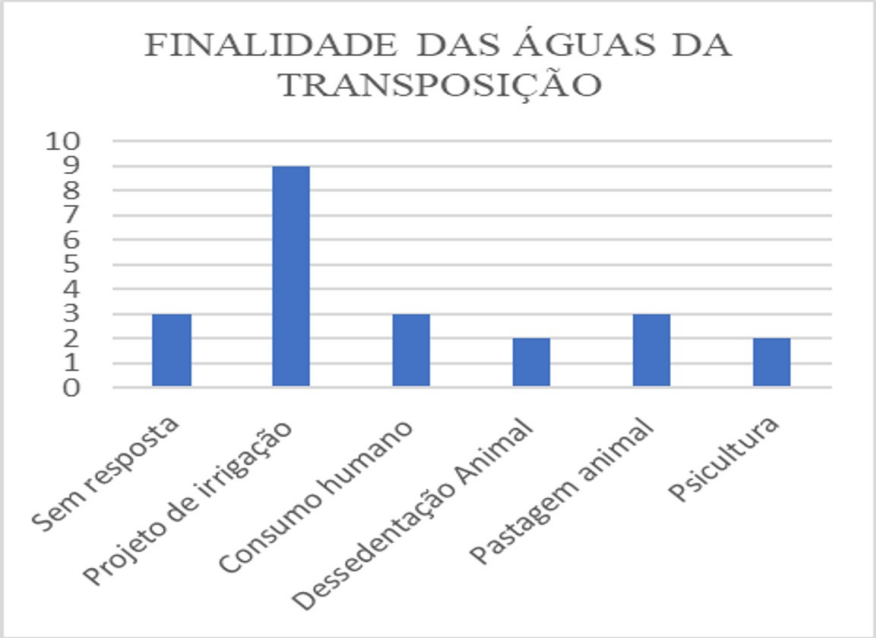
Ao analisarmos as indagações que envolvem as questões de conhecimento sobre a transposição apenas um município respondeu não ter conhecimento sobre a transposição, assim como, quando questionados sobre a participação em alguma reunião de discussão da referida obra, cinco responderam não ter conhecimento, dois preferiram não responder e cinco responderam ter participado de alguma reunião em que o tema era a transposição.

Esses dados mostram a pouca participação dos municípios em reuniões em que foram debatidas as questões da transposição, evidenciando a maior participação dos órgãos gestores a nível Estadual e Federal, assim como também pode mostrar a falta de conhecimento dos gestores que estão a pouco tempo como responsáveis pela gestão da água a nível de município, ocasionado provavelmente por mudanças de gestores, assim como já foi discutido neste trabalho.

Sobre a possibilidade de os municípios receberem a águas da transposição, sete dos doze municípios acreditam que irão receber sim as águas do PISF, dois não responderam e três acreditam que não. Um dos pontos principais foi a questão do destino dessas águas, onde predominantemente o termo irrigação apareceu, mas, vale salientar que era possível mencionar mais de uma resposta (Figura 6).

É notório que três dos municípios citaram acreditar que a finalidade da água será o consumo humano, dois dessedentação animal, prevalecendo a irrigação como o mais citado, três municípios não responderam. Essa tendência a finalidade de irrigação, demostra um pouco sobre a percepção e a compreensão sobre a obra na região sedimentar da bacia, evidenciando perspectivas de usos diversos na área receptora das águas, o que desencadeará futuramente interesses diferentes, podendo, portanto, haver a instalação de novos conflitos pelo uso da água e da terra.

Figura 5 – Finalidade das águas da transposição na visão dos gestores municipais.



Fonte: Pesquisa em campo. Elaboração dos autores.

Importante nesse contexto foi saber quais ações esses municípios estavam realizando para receber as águas do rio São Francisco, ou seja, para que a obra seja concluída. Quatro dos municípios preferiram não responder, outros três responderam não ter conhecimento sobre nenhuma ação, os outros cinco foram unânimes em citar a participação em reuniões que abordem ou tenham como tema a transposição do Rio São Francisco.

A preocupação acerca das instalações de infraestrutura hídrica municipal, também foi outro questionamento. Estariam os municípios com estrutura suficiente para garantir uma gestão adequada dessas águas? Três municípios mais uma vez ficaram sem resposta, os demais responderam não estar preparados e padeceriam com questões como a falta de saneamento básico, o que poderia ocasionar a poluição dessas águas, uma vez que a partir do reservatório açude Angicos no município de José da Penha, a água irá seguir o percurso do Rio Apodi-Mossoró por gravidade.

Quando questionados sobre os problemas que a chegada dessas águas poderia ocasionar, obteve-se respostas diversas, mas entre as mais citadas estão os problemas relacionados a aumento dos conflitos pelo uso da água e o uso irracional da água.

De forma mais preocupante, foi citado a instalação de grandes empresas de irrigação e fruticultura por quase todos os municípios, principalmente situados na região do médio curso inferior da bacia, assim como o descontrole no uso dos agrotóxicos e a possibilidade de poluir o sistema de aquíferos presentes na

região, prejudicando o pequeno produtor rural, gerando o que alguns gestores chamaram de conflitos sociais.

Foi relatado por parte dos gestores entrevistados, que os grandes empreendimentos estão aos poucos comprando vários lotes de terra de pequenos agricultores, principalmente na região dos municípios que compreendem o médio curso inferior da bacia, afim de expandirem seus empreendimentos que posteriormente poderão ser beneficiados com a chegada das águas do Rio São Francisco.

Outras questões devem ser pensadas a respeito da instalação dessas empresas de fruticultura irrigada nessa região, como por exemplo: o uso irracional da água, a exploração dos solos, o que poderá causar seu empobrecimento, e como já foi citado a questão dos agrotóxicos e as licenças ambientais, essas que por sua vez muitas vezes são descartadas pelos grandes empreendedores, como foi um caso registrado no município de Caraúbas no ano de 2015, realidade bem distante ainda da transposição, mas que já é o suficiente para se pensar nessas nuances.

Mencionando ainda as questões que envolvem a transposição, relacionou-se as questões referente aos benefícios que a obra poderia trazer para os municípios. Três municípios não responderam e os demais foram unanimes em responder que as águas advindas da transposição iriam trazer muitos benefícios para a economia dos municípios, principalmente relacionada as questões da agricultura irrigada assim como a fruticultura.

Conclusão

Ao analisar todos as discussões realizadas até aqui, cabe refletir sobre as perspectivas da Integração do Rio São Francisco, para o médio curso inferior e baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, no Oeste Potiguar.

A bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, por estar totalmente em território Potiguar, é uma bacia estadual, portanto, está sob a responsabilidade de órgãos como a SEMARH e o IGARN. Evidenciou-se que a nível local há uma falta de setores responsáveis pela gestão da água e nos municípios em que essa função é delegada, constatou-se uma rotatividade de pessoal muito grande, mostrando um quadro de cargos comissionados que podem comprometer uma gestão de maior qualidade nos recursos hídricos.

No que concerne as perspectivas com a integração do Rio São Francisco, é possível se vislumbrar alguns cenários para a provável chegada das águas dessa obra de infraestrutura hídrica. A pouca participação dos municípios em reuniões sobre o PISF, mostra uma concentração na tomada de decisões a nível Estadual e Federal, o que não deveria acontecer, pois, segundo o projeto a água percorrerá

os territórios de alguns desses municípios, e sua participação poderia indicar outras formas de gestão, o que tornaria o processo mais democrático.

O destino das águas da transposição será majoritariamente para projetos de irrigação, assim como garantir uma segurança hídrica no principal reservatório superficial dessa região, a barragem de Santa Cruz no município de Apodi. Importante destacar, que nesse mesmo município existe um grande projeto de irrigação em discussão, esse que deverá ser executado com a chegada das águas da transposição. Um cenário preocupante se configura a partir dessas análises, pois, constatou-se que em alguns municípios grande empresas de fruticultura irrigada estão comprando lotes de terra. Assim, esses projetos se implantados, poderão gerar condições de exploração exacerbada dos recursos naturais principalmente nos solos, além do que, se não houver um controle no uso de agrotóxicos, poderá ocasionar a contaminação das reservas hídricas superficiais e subterrâneas chegando inclusive ao leito do rio. Importante destacar que a competição com o pequeno agricultor será desleal, mediante as ferramentas de produção que esses possuem, e isso poderá provocar um cenário de conflitos e problemas sociais para a região.

Espera-se que esse trabalho não seja a conclusão de um estudo, mas sim, uma fonte de conhecimento que posso servir de base para os gestores municipais, Estadual, CAERN e o para o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, afim de subsidiar outros trabalhos e ser fonte instigadora de novos questionamentos, além de se tornar uma importante fonte de consulta quando se tratar de tomada de decisões que influencia a gestão da água e sua disponibilidade nessa região, para que se possa cada vez mais termos uma gestão eficiente, que não comprometa as gerações futuras com a falta desse liquido vital para todos os seres vivos.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro por meio do programa de Demanda Social – DS. A todos os participantes da pesquisa, gestores municipais e estaduais pela paciência com as entrevistas, sempre solícitos e envolvidos com a pesquisa.

Referências

ARAUJO, P.R.; PINESE, J.P.P. Planejamento ambiental em microbacias hidrográficas: aplicação de uma matriz de impacto ambiental na microbacia hidrográfica do Ribeirão Lindóia, Zona Norte de Londrina/PR. In: IV Seminário Latino-americano de Geografia Física --UEM. Anais..., Maringá, 2006(CDROM).

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Tradução Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70. 2011.

BATISTA, J. P. G. Dinâmica da paisagem na microbacia do riacho Cajazeiras no semiárido potiguar. Dissertação (Mestrado). Programa regional de pós-graduação em desenvolvimento e meio ambiente/PRODEMA. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal/RN, 2011.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. GUERRA, J. T; A. S. da S; BOTELHO, R. G. M. 6ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p.269 – 300.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. Investigação Qualitativa em Educação: Uma Introdução à Teoria e aos Métodos. Porto: Porto Editora, 2010.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm> Acesso em 20 Nov. 2016.

_____. Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Brasília: Ministério da Integração Nacional, julho/2004. Disponível em http://integracao.gov.br/.

CÂMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. Gerais: revista interinstitucional de psicologia, 6 (2), 179-191, Jul-Dez, 2013.

CARVALHO, R. G. Análise de sistemas ambientais aplicadas ao planejamento: Estudo em macro e mesoescala na região da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN/Brasil. 2011. 269 f. Tese de doutorado (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará-UFC, Fortaleza/CE, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. A análise de bacias hidrográficas. In: Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. p. 102 – 125.

DESLAURIERS, J. P. Recherche qualitative; guide pratique. Québec (Ca): McGrawHill, Éditeurs, 1991.

DIAS, R.; Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. São Paulo/SP. Atlas, 2009.

GOLDENBERG, M. A arte de pesquisar. Rio de Janeiro: Record, 1997.

HENKES, S. L. A política, o direito e o desenvolvimento: Um estudo sobre a transposição do Rio São Francisco. Revista Direito GV. São Paulo, n. 10, p.497-534, Jul-Dez, 2014.

HUNKA, P. G. Diagnóstico sócio-ambiental e dos usos dos recursos hídricos na bacia do rio Guajú PB/RN. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFPB, João Pessoa, 2006.

LEFF, H.; Aventuras da epistemologia ambiental: da articulação das ciências ao diálogo de saberes. Trad. Glória Maria Vargas. Rio de Janeiro/RJ. Garamond, 2004.

MACHADO, P. J. de O; TORRES, F. T. P. Bacia hidrográfica. In: Introdução à hidrogeografia. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p.37-77.

MARÍN, O. A. et. al. Panorama da gestão dos recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Revista Formação. n.23. Volume 1. 2016, 248-273.

MEDEIROS, Vladimir Cruz de, et. al. Geologia. In:_____Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte. p. 17-19. Org: Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff e Fernanda Soares de Miranda Torres. Recife: CPRM, 2010.

MELLO, C. A. B. As Competências do Município na Constituição Federal de 1988. ed. Celso Bastos, SP, 2000, p. 78-79.

MINAYO, M. C. S. (Org.). Pesquisa social: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 2001.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Relatório de impacto ambiental da transposição. Brasília, jul. 2004b, 136p. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/documents/10157/3678963/Rima+-+Relat%C3%B3rio+de+Impacto+Ambiental.pdf/4324863d-cbff-4522-9bd0-eab9d34b8fe2 >. Acesso em: out. 2007.

PINHEIRO, José Ueliton, et. al. Clima do estado do Rio Grande do Norte. In: Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte. p. 95-97. Org: Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff e Fernanda Soares de Miranda Torres. Recife: CPRM, 2010.

PINTO-COELHO, R. M; HAVENS, K. Gestão de recursos hídricos em tempos de crise. Poto Alegre: Artmed, 2016.

REBOUÇAS, A. da C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G (Org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. p. 01 – 34.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos: Relatório Síntese. Natal: SERHID, 1998. Disponível em: < http://www.semarh.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/semarh/ftp/Plano_Estadual_RN_Relatorio_Sintese.pdf> Acesso em: 13 de Out. 2017.

SANTOS, E. F;. O papel dos municípios na proteção dos recursos hídricos. Revista Brasileira de Direito Constitucional. nº18, p.105-123. Jul./dez. 2011.

SILVEIRA, D. T; CÓRDOCA, F.P. A pesquisa científica. In: GERHART, T. E; SILVEIRA, D. T.. (Org.). Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M.; Cenários da gestão da água o Brasil: uma contribuição para a "visão mundial da água". Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5, nº3. Jul/Set. 2000, 31-43. Disponível em: < https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=44&SUMARIO=649> Acesso em 14 Nov. 2016.

VIEGAS FILHO, João Soares. A gestão de recursos hídricos e o papel das microbacias nesse contexto. 2006. p.1 – 14. Disponível em: <http://cbhpf.upf.br/phocadownload/2seminario/papelmicrobaciasii.pdf > Acesso em: 02 de Fev. 2012.

CAPÍTULO 13

CARTOGRAFIA SOCIAL DO MÉDIO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ: PLANEJAMENTO E GESTÃO DO TERRITÓRIO DE DOMÍNIO DAS COMUNIDADES CAMPONESAS

Antonio Jeovah de Andrade Meireles

Brenda Thaís Galdino da Rocha

Adryane Gorayeb

Introdução

A Cartografia Social tem sido amplamente utilizada no Brasil (MEIRELES, GORAYEB, 20017). Por se tratar de uma proposta metodológica que integra as dimensões geográficas, cartográficas, antropológica e sociológica (entre outras ciências sociais e ambientais), têm-se na conexão dessas dimensões a multidisciplinaridade para compreender de forma ampla as relações territoriais e ambientais. A representação do conhecimento popular, modos de vida e conflitos territoriais são assim visibilizados através dos mapas sociais de cunho reivindicatório e de planejamento de estratégias coletivas para a garantia de direitos de povos e comunidades tradicionais e étnicas. E de representação de

espaços especiais para configurar processos sociais (FERNANDES, 2005; ACSELRAD, 2018), de soberania popular.

A Cartografia Social é construída quando grupos de comunidades tradicionais e indígenas, movimento social ou associação e sindicatos camponeses e urbanos se reúnem para a realização de um automapeamento territorial. Trata-se de uma ferramenta para materializar o conhecimento de povos em conflitos com o poder hegemônico em sistemas cartográficos formais para a produção de mapas temáticos e de zoneamento de territórios coletivos (GORAYEB, MEIRELES, SILVA, 2015).

É um instrumento de poder. Os mapas sociais (MS) iluminam as informações não contempladas, subdimensionadas e invisibilizadas pelos mapas oficiais do Estado e aquelas elaborados por consultorias contratadas por empresas. Os MS coordenados por camponeses, pescadores, quilombolas, índios, são o poder contra-hegemônico, demarcando seus territórios com usos múltiplos. E principalmente quando os mapas denunciam os danos ambientais e sociais e provocados por licenciamentos ambientais potencialmente poluidores e de usos perdulários dos sistemas ambientais que dão suporte ao bem viver. As cartografias dos territórios em disputa, evidencia, em um primeiro estágio, a mobilização social para a garantia de direitos. A não-representação de povos indígenas e comunidades tradicionais na caracterização da soberania territorial e dos espaços ancestrais e étnicos, é detectada nos mapas sociais. Nas cartografias ditas oficiais foi possível constatar que vazios cartográficos subtraem, subdimensionam e encobrem atividades, fluxos e processos que fundamental a soberania de povos (QUEIROZ, et al, 2017; ROCHA, et al., 2018).

Um dos princípios metodológicos das Cartografias Sociais é a elaboração participativa. Todo a ação é conduzida e planejada de acordo com o contexto e as demandas particulares, definidas pelo conhecimento, vivências e ancestralidades dos sujeitos, gerando representações únicas de conhecimentos, reinvindicações territoriais e estratégicas para o domínio popular do território cartografado.

A cartografia social parte, deste modo, de conflitos e de reinvindicações territorial e de demarcação das terras tradicionalmente ocupadas por povos indígenas e comunidades tradicionais camponesas. E é idealizada para atuar como um instrumento de garantia de direitos, justiça ambiental e social (ALMEIDA; FARIAS JUNIOR, 2013).

Outros ramos da ciência também exploram os mapas sociais como objeto de estudo sobre a percepção dos sujeitos sobre os territórios. Ressalta-se que a Geografia, e mais especificamente a Cartografia, contribuem significativamente para a exatidão espacial do mapeamento elaborado, onde as feições seguem padrões de posicionamento global e as proposições temáticas são localizadas em diversidade de escalas através de critérios e padrões internacionais.

Componentes técnicos e procedimentos metodológicos integrados com a base cartográfica onde as representações das comunidades constroem suas cartografias. Os primeiros passos foram definidos de modo a integrar conhecimentos técnico-científicos cartográficos e demais categorias de análise do território, com os saberes tradicionais e étnicos sobre os espaços coletivos em conflito e em disputa com o capital especulativo imobiliário nas cidades, as mineradoras, o agronegócio e o uso perdulário dos sistemas ambientais de usufruto comunitário.

Os procedimentos metodológicos relacionados com a ciência cartográfica e referenciais teóricos que abordaram as relações sociedade-natureza foram através das categorias analíticas território, justiça ambiental, conflitos e sabedoria popular. Foram dos fundamentos para as abordagens empíricas para as práticas e diálogos no processo de elaboração dos mapas sociais. Dessa forma, foi possível aproximar as ferramentas e abordagens científicas com os conhecimentos de comunidades tradicionais e indígenas atingidas pelo capital – bases espoliativas, de racismo e injustiça hídrica – para elaborar um poderoso instrumento de empoderamento comunitário e de planejamento de estratégia propositivas de políticas públicas para a visibilidade das relações sociais no campo e nas cidades (MEIRELES, MELLO, SAID, 2018). As oficinas com os procedimentos relacionados de forma integrada, e detalhados à continuação, foram debatidos, elaborados e discutidos pelos sujeitos locais movidos por demandas coletivas (ROCHA, et al., 2018).

O caráter coletivo e a participação popular contribuíram à medida que possibilitou um planejamento participativo em várias esferas de atuação, "uma vez que a atitude de mapear as ações, os objetos e os processos resultam em uma maior reflexão em grupo do cotidiano e de sua práxis, possibilitando o exercício de atitudes cidadãs" (GORAYEB; MEIRELES; SILVA, 2015) e com amparo nos princípios da justiça ambiental e de combate ao avanço do processo de degradação dos sistemas ambientais que dão suporte à soberania hídrica (ver trechos dos mapas sociais nas figuras 2 a 5).

Caminhos metodológicos

O contexto do conflito socioambiental, a extensão territorial necessária para mapeamento e a complexidade de distribuição espacial dos camponeses de Apodi proporcionaram uma profunda reflexão e avanços sobre os procedimentos metodológicos da proposta, mas seguindo a sistematização construída em outras Cartografias pela equipe do Laboratório de Geoprocessamento e Cartografia Social – LABOCART/UFC.

A elaboração dos mapas sociais é então efetivada em três etapas essenciais (MEIRELES et al, 2016, p.23, ROCHA, et al., 2018):

i) A primeira etapa foi iniciada com a mobilização das comunidades para as oficinas de cartografia. Foram atividades relacionadas com discussões sobre a diversidade de componentes ambientais, sociais, econômicos, culturais e simbólicos e as escolhas para as representações cartográficas (diagnóstico e de integração entre saberes popular e técnico-científico). Constituiu a etapa de definição dos temas a serem configurados espacialmente e descritos nos mapas. Foram abordados temas relacionados com as técnicas da Ciência Cartográfica e os instrumentos necessários para a representação da diversidade de unidades territoriais. A etapa introdutória é fundamental para definir os sistemas ambientais em disputa, principalmente quando envolvem usos que interferem no modo de vida das populações afetando a qualidade e disponibilidade da água para a agroecologia, utilização de agrotóxicos em monoculturas que contaminam as pessoas e o solo dos territórios comunitários e étnicos, entre outros.

ii) A segunda foi relacionada com a elaboração dos mapas sociais (construção e sistematização cartográficas) e, inicialmente, vinculada à elaboração de croquis (desenhos das espacialidades dos sistemas ambientais configurados na síntese dos saberes ancestrais e com a evolução dos diversos usos do território). Foi por intermédio dessa representação que se iniciou a configuração dos primeiros elementos territoriais de uso comunitário e representativos dos vínculos dos camponeses com o solo, as matas, os rios, os riachos, lagoas e açudes; a delimitação dos setores produtivos e as modalidades de acessos aos sistemas naturais e à produção de alimentos. As legendas foram elaboradas e abrangem os complexos e diversos modos de apropriação coletiva do território, além de dialogarem com as práticas culturais e simbólicas de luta e resistência para a continuidade do domínio territorial. A etapa é constituída de configuração espacial com as relações do lugar, a dinâmica territorial e as distintas maneiras de apropriação dos sistemas ambientais.

iii) Nessa etapa de elaboração da cartografia, foram espacializados os impactos ambientais e conflitos (agronegócio, uso perdulário da água, mineração, especulação imobiliária, entre outros), que interferiram na qualidade dos sistemas ambientais e na soberania territorial. Os mapas foram frequentemente associados, nessa etapa da sistematização, às práticas espacializadas de ações propositivas de planejamento, gestão e enfrentamento aos conflitos.

iv) Essa "última" fase – os mapas sociais são banco de dados que poderão ser frequentemente acessados para atualizações e novas compartimentações – tratou da revisão e correções dialogadas (avaliações) dos mapas elaborados na etapa imediatamente anterior. Com os mapas sociais vetorizados em ambiente SIG (com a utilização do software free open source QGIS), originou-se um banco de dados para a continuidade das cartografias, quando das representações de redimensionamentos e de novas práticas de uso e ocupação do território

(monitoramento), fruto da dinâmica ambiental e das transformações socioeconômicas e culturais.

Os mapas sociais do território camponês de Apodi/RN foram construídos por mais de 400 trabalhadores rurais e trabalhadoras rurais, auxiliados pela equipe de pesquisadores do Laboratório de Geoprocessamento e Cartografia Social (Labocart/UFC) e do Núcleo Trabalho Meio Ambiente e Saúde (Tramas/UFC) e pelo Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais de Apodi/RN (sindicato).

A articulação e logística foram planejados com o sindicato, onde foram realizados três encontros em cada uma das comunidades. Os locais para as oficinas foram determinados pela centralidade com outras comunidades, de modo a facilitar a locomoção das demais.

Para a construção efetiva do processo de representação das territorializações camponesas em Apodi, seguiu-se as etapas de elaboração definidas em cinco procedimentos metodológicos específicos (MEIRELES, et al., 2018, p.285):

i) Diagnóstico - as ações referentes ao diagnóstico corresponderam ao mecanismo introdutório de aproximação e início do aprofundamento das relações entre os pesquisadores e os camponeses para a partilha introdutória de vivências – sínteses entre os conhecimentos popular e acadêmico – das relações sociais, conflitos e sistemas ambientais comunitários no território. O diagnóstico ocorreu por meio das várias oficinas (nas comunidades e na sede do sindicato), onde foram realizados debates nitidamente relacionados a variadas manifestações de resistências comunitárias diante dos conflitos proporcionados pelo uso da água prioritário para o monocultivo de frutas para a exportação;

ii) Formação - Uma das intenções principais no processo de elaboração dos mapas sociais foi o intercâmbio e a integração dialógica entre os saberes popular e acadêmico. As atividades denominadas de formação foram realizadas de modo a vincular as práticas comunitárias delimitadas aos espaços territorializados pelos camponeses com a utilização dos instrumentos cartográficos e as geotecnologias;

iii) Elaboração dos mapas – A elaboração dos mapas sociais deu-se inicialmente por meio da utilização de elementos primordiais da cartografia, a exemplo, as imagens de satélite e sistemas globais de orientação (GPS), como grade de coordenadas, escala (preferencialmente gráfica) e norte geográfico. Elenca-se a importância das feições e legendas representando as informações geradas pelos sujeitos sociais que participaram do mapeamento. A técnica utilizada correspondeu ao overlay (sobreposição de folhas de papel poliéster) sobre as imagens de satélite representativas dos limites dos territórios focalizados;

iv) Sistematização - Após a confecção das representações territoriais definidas pelos camponeses, a sistematização das informações ocorreu nas dependências do Labocart/ Geografia UFC, com a utilização do Sistema de Informação Geográfica Livre (QGIS 2.8). Essa etapa foi relacionada com a transposição das informações mapeadas utilizando as três entidades básicas do geoprocessamento (ponto, linha e polígono), com a efetiva digitalização das informações mapeadas e, assim, padronização e validação dos mapas elaborados pelos agricultores e agricultoras no Município de Apodi/RN.

v) Avaliação e Validação - Etapa de fundamental importância na consolidação dos mapas sociais. Foi efetivada mediante a reflexão coletiva sobre os processos, produtos cartográficos e expectativas sobre a diversidade das representações territoriais. Foram estabelecidos novos encontros e oficinas no contexto dos mapas elaborados e do banco de dados disponibilizados em SIG. As correções e novas representações foram avaliadas coletivamente por meio de debates conduzidos pela diversidade de concepções territoriais e práticas camponesas.

Destaca-se que o reconhecimento das informações georreferenciadas e graficamente representadas pode trazer estranhamento aos sujeitos locais, por ser uma representação diferente da construída inicialmente pelos mesmos. É parte imprescindível do processo, a orientação dos pesquisadores para que os participantes compreendam suas representações no novo estilo, formal e internacionalmente oficializado de mapa. O Quadro 1 (MEIRELES, et al., 2018), sintetiza as etapas de elaboração, os objetivos e as metas alcançadas Quadro 1: Etapas de elaboração dos mapas sociais, objetivos, metas alcançadas e imagens representativas.

Quadro 1 - Etapas de elaboração dos mapas sociais, objetivos, metas alcançadas e imagens representativas.

Etapa	Objetivo	Meta Alcançada
Diagnóstico	Diálogos entre os camponeses e pesquisadores do Núcleo Tramas e do Labocart sobre conflitos socioambientais, diversidade de usos e de práticas camponesas, potencialidades dos sistemas ambientais de domínio comunitário, formas de representação espacial das atividades agroecológicas e dos quintais produtivos.	Debates críticos em mais de 10 oficinas nas comunidades representantes de cada um dos territórios e visitas em campo. Reconhecimento empírico das espacialidades e territorialidades. Definidos os variados sistemas de apropriação camponesa e a diversidade de usos e os saberes na produção de alimentos e configuração regional das soberanias alimentar e hídrica.
Formação	Transferência dialógica de tecnologias, intercâmbio e integração dos saberes popular a acadêmico. Iniciada na mobilização comunitária para a realização das oficinas.	Capacitação – cartografia social, instrumentos de poder comunitário e conflitos no campo – para o reconhecimento dos elementos territoriais básicos para a Cartografia e afim de evidenciar as dimensões sociais dos mapas elaborados pelos camponeses.

Elaboração	Etapa de caracterização espacial das informações e reivindicações inerentes ao território elaboradas pelos agentes sociais e as práxis camponesas.	Elaboração dos mapas sociais das representações territoriais regionais e locais do Município de Apodi/RN. Desde a delimitação espacial dos diversificados componentes de fruição comunitária nas bases cartográficas, definição das legendas dos componentes territoriais, à integração cartográfica dos quatro territórios para a elaboração de mais uma cartografia denominada de mapa geral propositivo.
Sistematização	Padronização cartográfica dos mapas sociais por meio das geotecnologias e constituição de banco de dados georreferenciados em formato de SIG.	Produtos cartográficos legítimos e formalmente sistematizados de acordo com as convenções cartográficas.
Avaliação e Validação	Consolidação da relevância e aplicabilidade no processo de elaboração e definição da Cartografia Social de seus territórios.	Fóruns e encontros para publicitar os mapas sociais com discursos esperançosos dos camponeses referentes à Cartografia Social como meio de luta comunitária para a garantia do território e do usufruto dos recursos naturais disponíveis.

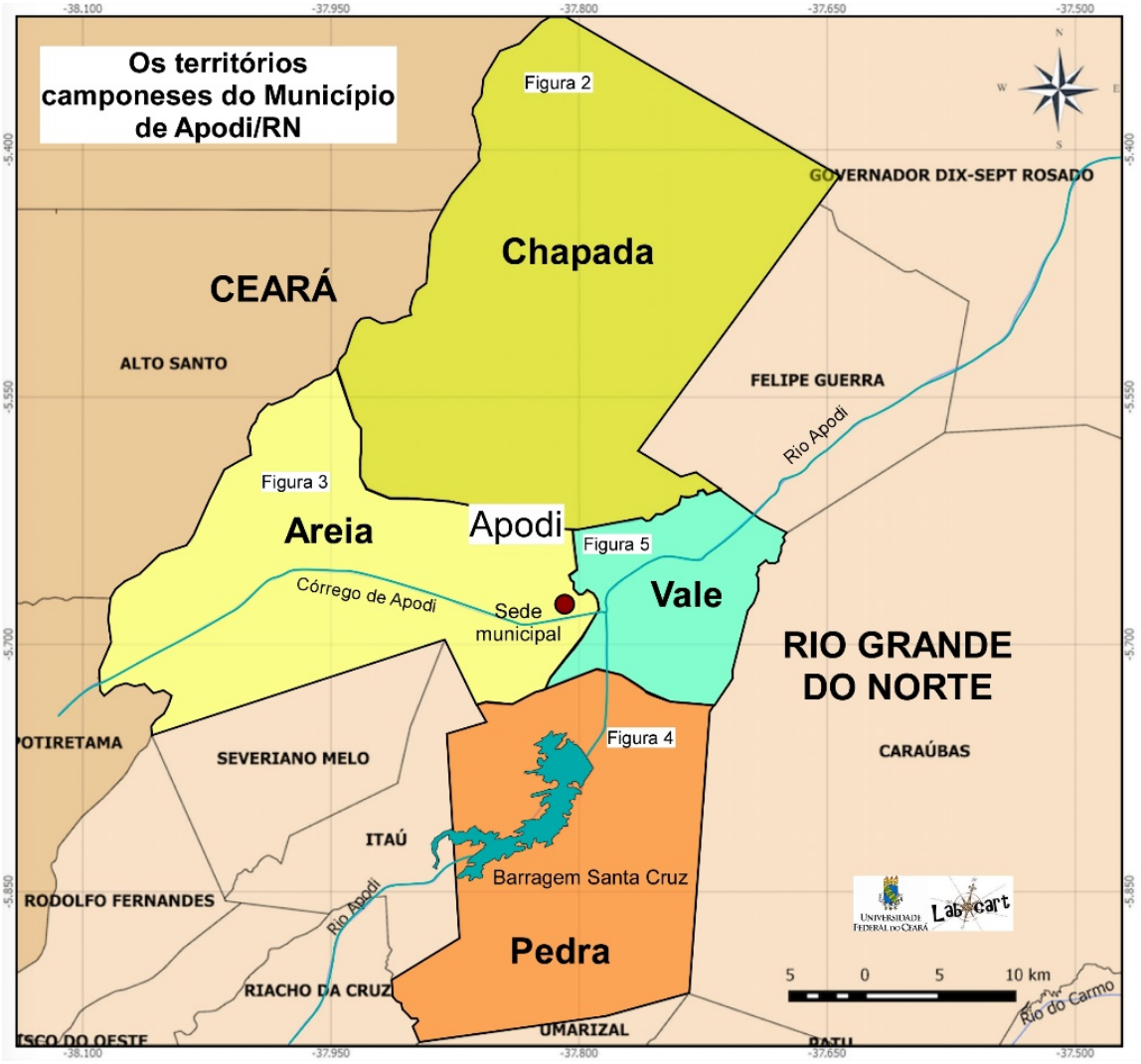
Fonte: Meireles et al. (2018).

As oficinas foram realizadas de modo a abordar os conflitos locais. Os debates e a materialização dos conflitos (ACSELRADE e MELO, 2002) no território foram relacionados com a utilização da água para o agronegócio, disseminação de agrotóxicos, contaminação do solo e da água e saúde comunitária. Nesse sentido, foi fundamental para a cartografia participativa evidenciar a diversidade e amplitude dos usos do solo e da água, dos locais de moradia e de lazer, dos riscos para os ecossistemas e para a vida e impedimentos de livre acessos aos territórios ocupados ancestralmente. Espacializações cartografadas que fundamentaram articulações para enfrentamentos à degradação dos sistemas ambientais e do modo de vida comunitário.

O mapeamento dos conflitos socioambientais da bacia hidrográfica do rio Apodi - Mossoró (Modificado de Meireles et al., 2018).

A bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró compreende todo segmento oeste do estado do Rio Grande do Norte, drenando uma área de 14.270 km^2. O canal é erosivo nos primeiros 100 km, trecho em que disseca a Depressão Sertaneja. As nascentes situam-se na porção SW deste estado, mais exatamente na porção NE da Serra de Pereiro entre 350 e 500 m (MAIA, BEZERRA, 2012). Há no município uma diversidade de componentes físico-naturais que caracterizaram setores territoriais bastante distintos e que foram popularmente designados de Pedra, Areia, Vale e Chapada (Figura 1). Para a publicação dos mapas nesse artigo, foram utilizados trechos das cartografias sociais e as legendas correspondentes aos mapas completos (a cartografia completa encontra-se no sindicato e no LABOCART/UFC.

Figura 1 – Localização geográfica do município de Apodi/RN e dos territórios camponeses.



Fonte: Modificada de Rocha et al., 2016.

Foi possível constatar que interferem no acesso da água das populações em mananciais superficiais e/ou subterrâneos. Pelas características pedoclimáticas, topográficas, mananciais hídricos abundantes (Aquíferos Jandaíra e Açu), e os solos da Chapada do Apodi, constatou-se a crescente presença de instalações de empresas multinacionais vinculadas à fruticultura irrigada na porção do Rio Grande do Norte. Foram empresas de produção de melão, banana e melancia, culturas que necessitaram de elevada umidade no solo e consequentemente alta demanda hídrica, fato que despertou preocupação quanto ao esgotamento e poluição do aquífero por superexploração e uso de agrotóxicos. Danos de elevada magnitude (espacializados nas cartografias) às nas fontes de água que abasteceram as comunidades (poços tubulares e cacimbas) e fundamentais para as práticas de produção de alimentos através da criação de animais e agricultura familiar.

Essa expansão de um modo de produção com intensa demanda hídrica e com a utilização de insumos tóxicos, provocou ameaça aos moradores locais principalmente por trazerem junto às suas instalações riscos à manutenção da vida comunitária e aos recursos naturais vitais, como o solo e a água (RIGOTTO, 2018, ROCHA et al., 2016).

Diante do potencial agrícola percebido na região, outras estruturas foram pensadas visando o investimento na atividade, onde o Projeto de Irrigação Santa Cruz do Apodi é uma dessas medidas. O Projeto visa a implementação de um sistema de bombeamento (Perímetro irrigado) do Rio Apodi para irrigação das empresas do agronegócio instaladas na Chapada. As construções vinculadas ao Perímetro já iniciaram, mas encontram-se paradas. Pinto et al (2016) destacaram os diversos impactos territoriais e ambientais decorrentes desse empreendimento, dente eles: o valor ínfimo pago pelas desapropriações de terra, a perda e/ou alteração do território, os conflitos, desvalorização do modo tradicional de cultivo; e em termos econômicos, sobre a viabilidade e o investimento financeiro desprendido, frente a diversas alternativas mais viáveis na própria Chapada.

Respeitando as particularidades regionais, o mapeamento social de Apodi foi planejado seguindo os limites de cada um dos quatro territórios (Figuras 2 a 5). Assim, foram construídos 4 mapas regionais referentes aos territórios específicos do Vale, Chapada, Pedra e Areia, um mapa com todas as comunidades rurais (mapa da visibilidade) e um mapa geral propositivo com as demandas locais e de enfrentamento diante das pressões dos agro e hidro negócios Por se tratar de informações espaciais estratégicas, aqui serão apresentadas as legendas e setores de cada uma das áreas mapeadas.

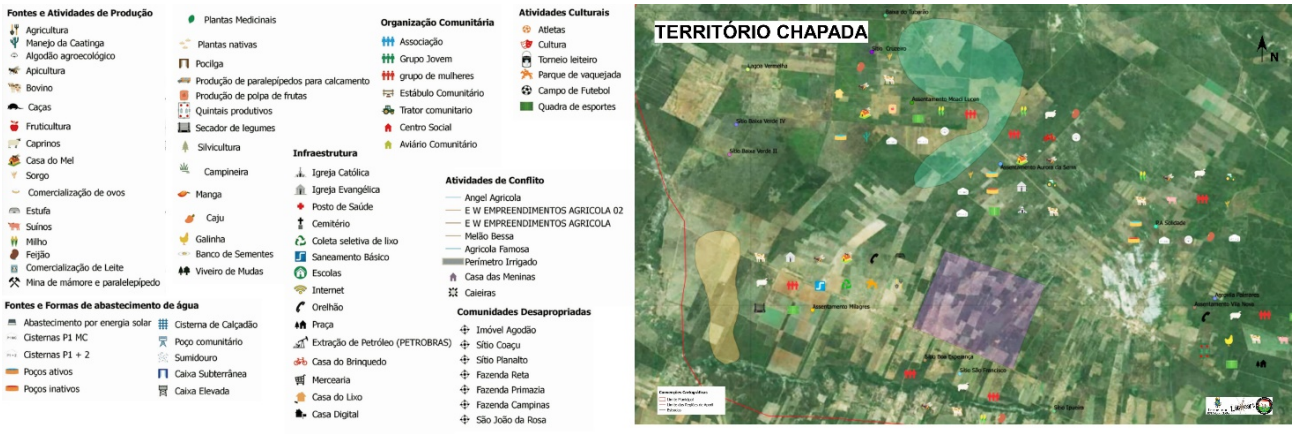
No mapa de enfrentamento aos impactos relacionados com a superexploração dos aquíferos e de contaminação da água e do solo pelo uso de agrotóxicos, foi representada a síntese das propostas dos territórios frente às atividades e empreendimentos de conflito. Foram considerados os diferentes usos, as particularidades ambientais e a soberania hídrica, as estratégias e as políticas públicas definidas pelos camponeses para a garantia da segurança hídrica e justiça ambiental e social.

A problemática comum foi o conflito hídrico, relacionado com a disponibilidade, qualidade e condições de acesso aos recursos hídricos. Foi por via do mapeamento dos sistemas ambientais e as relações de privatização da água (política de uso de prioridade para os monocultivos na Chapada do Apodi), que os camponeses destacaram os elementos de conflito e os representaram como práticas hegemônicas e de injustiça hídrica (MEIRELES, et al, 2018).

O mapa social do território Chapada (Figura 2), revelou um grande conflito socioambiental, com efeitos diretos à disponibilidade de água para o consumo diário de camponeses locais. Pelo solo potencialmente adequado e com elevada

qualidade para as práticas agrícolas, grandes empresas multinacionais do agronegócio ampliaram monocultivos no local, encurralando as terras dos camponeses com a acelerada expansão de terras e ameaçando a disponibilidade de água dos aquíferos Açu e Jandaíra, devido a intensa extração da água subterrânea que esse modo de produção e tipo de culturas exigem (MEIRELES, et al, 2018).

Figura 2 – Mapa Social do território Chapada– Apodi/RN. Fonte: Cartografia Social de Apodi/RN realizada em 2016.



A legenda do mapa revelou os efeitos pós-chegada das empresas, com 7 comunidades desapropriadas, casa de prostituição e as obas do Perímetro Irrigado. Além disso foram visibilizadas ações coletivas e de resistência comunitária, instituições de organização social e as diversas culturas produtivas semeadas de acordo com princípios agroecológicos.

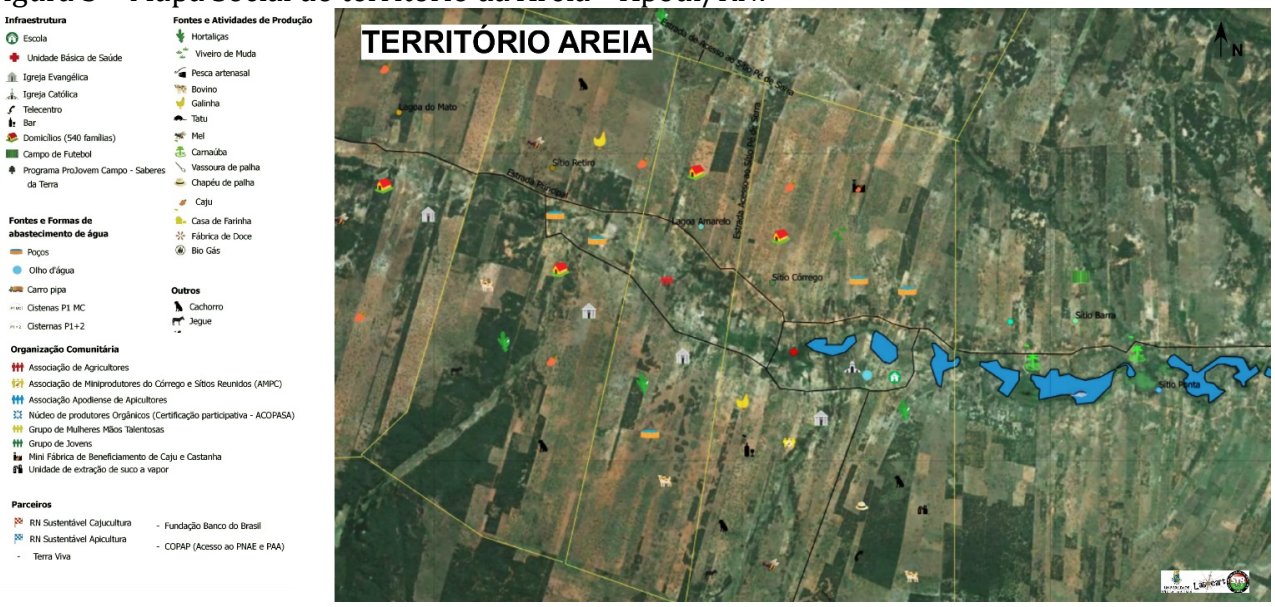
O território Areia (Figura 3) foi, talvez, o que revelou menores efeitos do conflito em relação aos sistemas ambientais e hídricos. A legenda do mapa (Figura 3) demostrou sobretudo a diversidade de organizações comunitárias para a produção agroecológica, além da diversidade de culturas produzidas. A preocupação latente não visível no mapa, mas presente nos discursos dos camponeses no processo de construção dos mapas, foi em relação às práticas de uso de agrotóxicos e a contaminação das águas superficiais e subterrâneas pelas agroindústrias no território da Chapada.

No território Pedra (Figura 4), evidenciou-se a problemática de disponibilidade e acesso da água. Pelas características pedológicas, com afloramentos rochosos, solos rasos e pedregosos e sazonalidade climática relacionados ao semiárido, a dificuldade no armazenamento de água é uma das questões que interferem para o acesso a água durante o ano inteiro.

Destaca-se ainda a Barragem Santa Cruz, segunda reserva de água superficial do Estado, e de onde os agricultores que residem próximo não podem ter acesso, com a justificativa de que é destinada para o abastecimento dos municípios

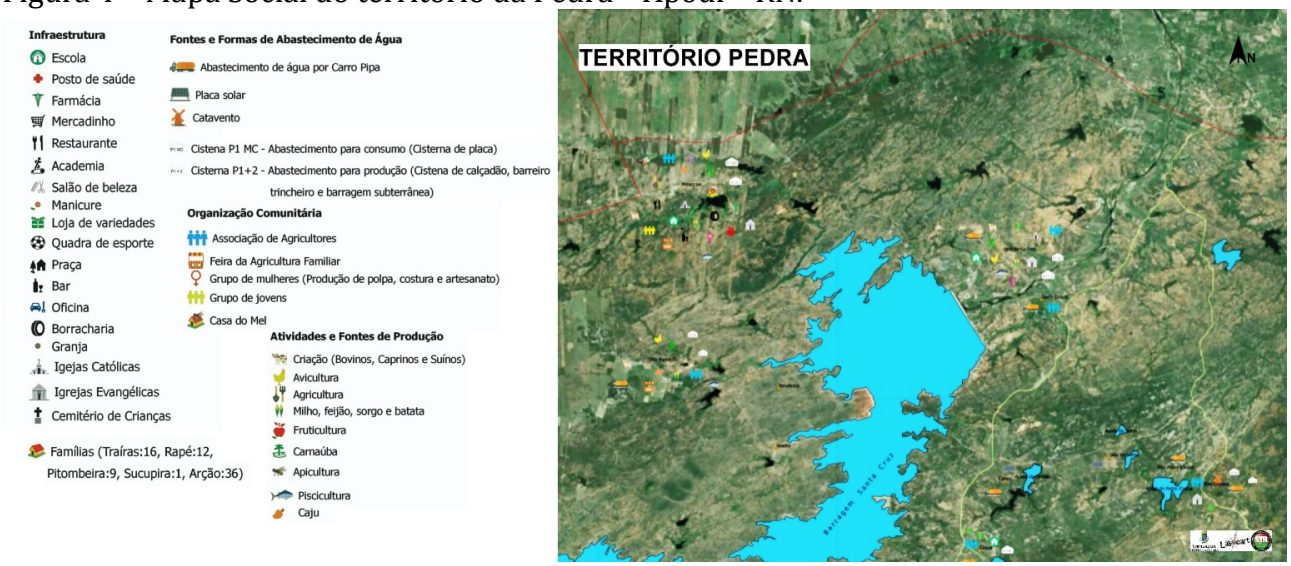
vizinhos. As populações rurais são, portanto, abastecidas por carros pipa, sem regularidade constante. Em contrapartida, a legenda do mapa (Figura 4) espacializa as tecnologias de convivência com o semiárido, formas de organização comunitária e a produção agroecológica possível nos períodos chuvosos.

Figura 3 – Mapa Social do território da Areia – Apodi/RN.



Fonte: Cartografia Social de Apodi/RN realizada em 2016.

Figura 4 – Mapa Social do território da Pedra – Apodi – RN.

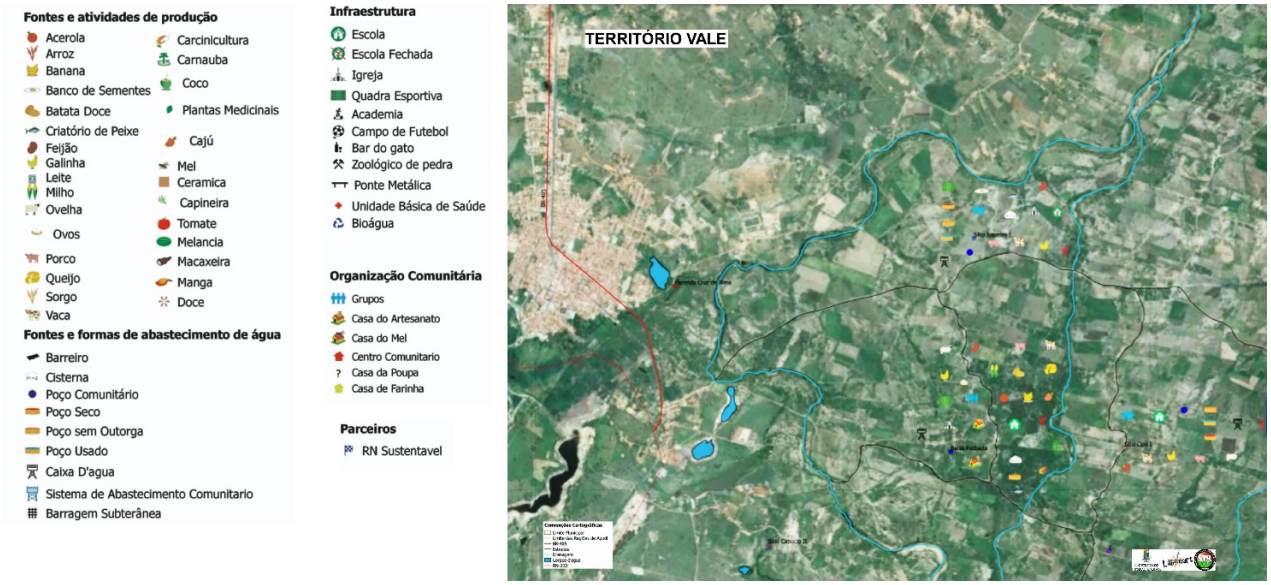


Fonte: Cartografia Social de Apodi/RN realizada em 2016.

No território do Vale (Figura 5) destaca-se a presença do rio Apodi, importante recurso hídrico para a pecuária e a produção de diversos insumos pelos agricultores, destacando-se o arroz vermelho (ROCHA et al, 2016). O rio Apodi (no trecho que mais se aproxima da borda da Chapada), está em fase de

implantação de obras que objetivam a construção do Perímetro Irrigado Santa Cruz de Apodi, idealizado para bombear as águas às grandes empresas do território da Chapada. Concomitantemente, camponeses do Vale foram notificados para regularização e oficialização de direito do uso da água, através do documento jurídico da outorga. Novamente evidencia-se as condições e consequências desiguais aos produtores rurais em relação aos grandes empreendimentos, "priorizando instrumentos administrativos, processos políticos e econômicos para o uso da água pelos empresários do agro-hidronegócio" (MEIRELES, et al, 2018, p. 295).

Figura 5 – Legenda do Mapa Social do território do Vale, Apodi/ RN. Fonte: Cartografia Social de Apodi/RN realizado em 2016.



Os mapas sociais dos quatro territórios do Apodi materializaram uma verdadeira "Cartografia das Águas", onde formas alternativas de abastecimento, e denúncias às atividades de conflito hídrico foram pontos-chave no mapeamento. O processo e produtos gerados denunciam os impactos gerados pelo agronegócio e empreendimentos estatais voltados ao seu fim, como expropriação de terras, privatização e contaminação dos recursos hídricos, financiamentos estatais e descrédito ao sistema produtivo advindo da agricultura familiar.

As articulações e discussões inerentes ao processo de construção das Cartografias acarretaram também na elaboração de um mapa geral propositivo, sinalizando ações de planejamento, gestão e monitoramento dos sistemas ambientais e hídricos de cada um dos territórios. As propostas apontadas pelos camponeses foram dispostas resumidamente no Quadro 2.

Quadro 2 – Ações propositivas para os territórios camponeses do Município de Apodi/RN.

Territórios camponeses	Síntese das ações propositivas
Areia	Produção de ração animal tendo como matéria-prima o caju / aumentar o plantio da palma forrageira / aproveitamento integral do caju (doces, compotas, poupas, suco) / quadra de esporte / praça para a juventude
Pedra	Sistema de abastecimento de água para consumo e produção / aumentar a quantidade de água distribuída por carros-pipa em período de estiagem (medida emergencial) / continuação da construção da Unidade Básica de Saúde – UBS / reforma e construção de casas / regularização do selo SIM / Posto policial na comunidade de Melancias / acesso ao crédito PAA e PNAF / construção de abatedouro público de animais / capacitação e acompanhamento dos produtores de animais e da agricultura familiar.
Vale	Perenização do rio Umari / Unidade de Beneficiamento de Frutas nas comunidades Baixa Verde I e II / acesso ao DAP para a juventude / assistência técnica e extensão rural em Baixa Verde I, II e em Água Fria / reforma e reativação do centro comunitário da comunidade Água Fria / educação contextualizada no campo/ adaptação de cursos do Instituto Federal à realidade do campo / projetos voltados à reforma e construção de casas / escavação de poços nas comunidades de Baixa Verde I e II / coleta seletiva de lixo / implantação de iluminação pública / construção de escola em Baixa Fechada I / comercialização dos produtos da comunidade de Água Fria / trazer a escola técnica Jundiaí para Água Fria / Reativar projeto Dom Helder.
Chapada	Acesso ao crédito bancário destinado à produção e geração de renda na comunidade de Cruzeiro / ampliar a adutora municipal até a comunidade de Cruzeiro / reativação dos poços presentes nas comunidades de Cruzeiro e Soledade / escavação de um poço na comunidade de Moacir Lucena / construção de uma unidade de beneficiamento de leite para a região da Chapada/ construção de um poço para irrigação na comunidade de Aurora/ construção de escola de ensino fundamental e médio na comunidade Sitio do Góis / construção de espaço adequado para a rádio comunitária do Sitio do Góis / recapeamento das estradas e calçamento nas comunidades/ divulgação dos dados da agricultura familiar / apoio para a realização do torneio leiteiro no sitio do Góis / fortalecimento do manejo da caatinga / criação de coleta seletiva no Sitio do Góis.

Fonte: Cartografia Social do Município de Apodi/RN realizada em 2016 (Modificada de Rocha et al., 2018).

As proposições elencadas pelos próprios atores sociais que residem, trabalham e constroem os territórios, revelam por si só um leque de propostas de quem, de fato, compreende e convive com as problemáticas locais e portanto, sabe onde propor alternativas de mudança. Fazendo parte desse processo, o conhecimento acadêmico integrado principalmente pelas ciências sociais e geográficas, os procedimentos metodológicos e a formação universitária, fundamentaram em amplo contexto de conflitos, um instrumento de garantia de direitos, justiça social e ambiental.

O mapa propositivo revela ainda a percepção ambientalmente integrada do sistema da bacia hidrográfica, deixando clara a materialização de complexos processos interrelacionados com os elementos da natureza e da sociedade.

Considerações finais

A cartografia social é um instrumento de poder comunitário e étnico. Os mapas sociais, em escala municipal compatível com a diversidade de usos e as relações com a água, a biodiversidade e o solo, conduziram à factibilidade da metodologia para o planejamento desde a concepção de territórios étnicos e de comunidades tradicionais. Foi amplamente debatida ao longo da bacia hidrográfica do rio Apodi, e revelou complexas relações socioambientais que resultaram em soberanias alimentar e hídrica. Com o risco da destinação da água de suporte para a vida comunitária camponesa para o agronegócio na Chapada do Apodi, a CS demonstrou a importância das concepções de territórios coletivos e de práticas solidárias conduzidas pelos princípios da participação social, justiça ambiental e equidade.

Ao territorializar o patrimônio coletivo em representações definidas pelos elaboradores dos mapas sociais, foi possível instrumentalizar grupos sociais para enfrentar o agrohidronegócio e os impactos socioambientais derivados. Os resultados da cartografia foram a produção diversificada de alimentos, usos múltiplos da água e as práticas de economia solidária. Os demais processos foram vinculados às demandas por políticas públicas e de uso prioritário da água para as populações camponesas.

Como a cartografia social do município de Apodi representou 4 tipos de territórios, foi possível constatar que conexões entre os entre os conhecimentos científicos e tradicionais e étnicos, avançaram na concepção da multidisciplinaridade como necessária para a elaboração desse instrumento de poder popular.

Referências

ACSELRAD, H. Descaminhos do 'ambientalismo consensualista'. Observatório Social de América Latina, v. XIII, p. 39-49, 2012.

ACSELRAD, H; COLI, L.R. Disputas cartográficas e disputas territoriais. In: ACSELRAD, H. et al. (Org.). Cartografias sociais e território. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento urbano e Regional, 2008, p. 13- 43.

ACSELRAD, H; MELLO, C. C. A. Conflito social e risco ambiental- o caso de um vazamento de óleo na Baía de Guanabara. In: ALlMONDA. II. (Org.). Ecologia Política - Naturaleza. Sociedad y Utopia. Buenos Aires: CLACSO. 2002. p. 293-317.

ACSELRAD, H; MELLO, C. C. A; BEZERRA, G. N. O que é Justiça Ambiental. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 160 p.

ALMEIDA, A. W. B. de; FARIAS JUNIOR, E. A. (Org.). Povos e comunidades tradicionais: nova cartografia social. 1. ed. Manaus: UEA Edições, 2013. 173p.

AUBRY, A. Otro modo de hacer ciencia. Miseria y rebeldía de las ciencias sociales. In: BARONNET, B; BAYO, M. M; STAHLER-SHOLK, R. Luchas “Muy Otras” Zapatismo y autonomia en las Comunidades Indígenas de Chiapas. Cayoacán: Universidad Autónoma Metropolitana, 2011, 59-78p.

BARGAS, J. K. R; CARDOSO, L. F. C. Cartografia social e organização política das comunidades remanescentes de quilombos de Salvaterra, Marajó, Pará, Brasil. Bol. Mus. Pará. Emílio Goeldi. Cienc. Hum., Belém, v. 10, n. 2, 2015, p.469-488.

Cartografia social: instrumento de luta e resistência no enfrentamento dos problemas socioambientais na reserva extrativista marinha-costeira da Prainha do Canto Verde, Beberibe- Ceará. Revista Equador, v. 5, p. 43-55, 2016.

conflitos socioambientais caracterizam um território? Gaia Scientia (UFPB), v. Especial, p. 271-288, 2015.

COSTA, N. O.; GORAYEB, A.; SILVA, E. V.; SANTOS, J. O.; MEIRELES, A. J. A. Cartografia social: instrumento de luta e resistência no enfrentamento dos problemas socioambientais na reserva extrativista marinha-costeira da Prainha do Canto Verde, Beberibe- Ceará. Revista Equador, v. 5, p. 43-55, 2016.

EVANGELISTA, A. N. A.; LEITE, N. S.; SOUZA, M. M. F.; GORAYEB, A. A construção de

FERNANDES, R.M. Movimentos socioterritoriais e movimentos socioespaciais: contribuição teórica para uma leitura geográfica dos movimentos. REVISTA NERA Presidente Prudente Ano 8, n. 6 p. 14 – 34.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Caminhos para uma gestão participativa dos recursos energéticos de matriz renovável (parques eólicos) no Nordeste do Brasil. Mercator (Fortaleza. Online), v. 15, p. 101-115, 2016.

GORAYEB, A.; MEIRELES, A. J. de A.; SILVA, E. V. Cartografia Social e Cidadania: experiências de mapeamento participativo dos territórios de comunidades urbanas e tradicionais. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2015. 196p.

GORAYEB, A; MEIRELES, A. J. A; SILVA, E. V. Princípios básicos de Cartografia e Construção de Mapas Sociais. In: GORAYEB, A; MEIRELES, A. J. A; SILVA, E. V (Org.). Cartografia Social e Cidadania: experiências de mapeamento participativo dos territórios de comunidades urbanas e tradicionais. Fortaleza: Expressão Gráfica Editora, 2015. P. 9 -24.

HERLIHY, P. H. Participatory Research Mapping of Indigenous. Lands in Darién, Panama. Human Organization, Vol. 62, No. 4, 2003

HERLIHY, P. H.; KNAPP, G. Maps of, by, and for the Peoples of Latin America. Human Organization, Vol. 62, No. 4, 2003.

LEITE, N.; GORAYEB, A.; PAULINO, P. R. O.; SALES, L. B.; SILVA, E. V. Cartografia

LIMA, A. P. S.; CARNEIRO, R. N.; MEIRELES, A. J. A. Ecossistema banco de algas e identidade territorial no município de Icapuí/CE: comunidade tradicional pesqueira e meio técnico-científico-informacional. Rede: Revista Eletrônica do Prodema, v. 8, p. 35, 2014.

MAIA, R. C.C. "Como se fosse nosso sangue correndo nas veias": a dimensão camponesa do direito à água a partir do conflito ambiental entre agronegócio e agricultura camponesa em Apodi (RN). 2016. 187 f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Prodema), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

MAIA, R.P.; BEZERRA. F.H. Geomorfologia e neotectônica da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró – NE/Brasil. Mercator, Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 209-228, jan./abr. 2012.

MEIRELES, A. J. A.; GORAYEB, A.; LIMA, G. S.; SILVA, D. R. F. Impactos socioambientais da energia eólica no litoral cearense. In: CORREIA, Luiz José de Almeida; OLIVEIRA, Válida Pinto Vidal de; MAIA, Judária Augusta. (Org.). Evolução das Paisagens e Ordenamento Territorial de Ambientes Interioranos e Litorâneos. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2015, v. 1, p. 156-169

MEIRELES, A. J. A; GORAYEB, A; ROCHA, B. T. G; LANDIM NETO, F. O. Contribuições da Cartografia Social para assegurar Soberania Territorial de Comunidades Camponesas. In: RIGOTTO, R. M; AGUIAR, A. C. P; RIBEIRO, L. A. D. (Org.). Tramas para a justiça ambiental: diálogo de saberes e práxis emancipatórias. Fortaleza: Edições UFC, 2018.

MEIRELES, A. J. DE A.; GORAYEB, A. Elementos para uma Cartografia Socioambiental dos Territórios em Disputa. In: Alba Maria Pinho de Carvalho; Francisco Ubiratan Xavier de Holanda. (Org.). Brasil e América Latina: percursos e dilemas de uma integração. 1ed.Fortaleza: Edições UFC, 2014, v. 1, p. 373-405.

MEIRELES, A. J. de A.; GORAYEB, A. Elementos para uma Cartografia Socioambiental dos Territórios em Disputa. In: CARVALHO, Alba Maria Pinho de; HOLANDA, Francisco Ubiratan Xavier de. (Org.). Brasil e América Latina: percursos e dilemas de uma integração. 1ed. Fortaleza: Edições UFC, 2014, p. 373-405.

MEIRELES, A. J.A.; GORAYEB, A.; SILVA, D. R. F.; LIMA, G. S. Socio-environmental impacts of wind farms on the traditional communities of the western coast of Ceará, in the Brazilian Northeast. Journal of Coastal Research, v. 65, p. 81-86, 2013.

MEIRELES, A.J.A.; MELLO, J.A.T ; SAID, M. A. . Environmental Injustice in Northeast Brazil: The Pecém Industrial and Shipping Complex. Research in Political Economy, v. 33, p. 171-187, 2018.

MENDES, J. S.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Diagnóstico participativo e cartografia social aplicados aos estudos de impactos das usinas eólicas no litoral do Ceará: o caso da praia de Xavier, Camocim/CE. GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 6, p. 243-254, 2015.

PINTO, M. F.; JOVENTINO, J.L.; BRINGEL, P. C. F.; MEIRELES, A. J. A. Quando osconflitos socioambientais caracterizam um território? Gaia Scientia (UFPB), v. Especial, p. 271-288, 2015.

RIGOTTO, R.M. Conhecimentos em disputa no conflito ambiental em torno da mineração de uranio e fosfato no Ceará. In: Zouri, A. (Org) Mineração: violência e resistência: um campo aberto à produção de conhecimento no Brasil. Editorial iGuana, 2018, 227-263p.

ROCHA, B. G.; LANDIM NETO, F.O.; MEIRELES, A. J. A.; GORAYEB, A. Conflitos socioambientais no campo em Apodi/RN: Contribuições propositivas da Cartografia Social. Revista Geografar (UFPR), v. 11, p. 99-112, 2016.

SOUSA, A. K. O.; ROCHA, B. T. G.; PEREIRA FILHO, N. S.; GORAYEB, A. Mapeamento colaborativo na otimização da gestão territorial: cartografia social da comunidade Poço da Draga - Fortaleza - Ceará. In: ZUIN, Aparecida Luzia Alzira e CHAHAIRA, Bruno Valverde. (Org.). Do Inferno Verde ao Inferno Urbano: Perspectivas para o País, o Estado e a Cidade do Futuro. 1ed.Porto Velho: Universidade Federal de Rondônia, 2015, v. 1, p. 357-369.

CAPÍTULO 14

O MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/RN E A QUESTÃO AMBIENTAL: AS ALTERAÇÕES NA QUALIDADE AMBIENTAL E NA PAISAGEM

Raimundo Alberto Costa Queiroz

Marco Lunardi Escobar

Introdução

De acordo com Milton Santos (2013, p. 17-18), com a mecanização do planeta a natureza é artificializada e, unificada pela história para beneficiar o setor privado, público e classes hegemônicas. A sociedade de consumo e o modelo de desenvolvimento adotado pelos países ricos determinaram as relações do homem com o meio ambiente um caráter extremamente agressivo.

Uma consequência direta dessa forma de tratar a natureza apenas pelo prisma do consumo supérfluo e da sua utilização desordenada para produção e acúmulo cada vez maior de capital é a indesejável crise ambiental que afeta o planeta e consequentemente a qualidade de vida dos seres humanos. Nesse contexto de problemática ambiental, do mundo moderno, também, se encontra o município de Mossoró/RN, com uma série de problemas ambientais. Problemas esses, que são um entrave para uma sadia qualidade de vida do povo mossoroenses.

Do empório comercial, no final do século XIX, que representou o período histórico em que houve uma grande expansão espacial e econômica do município, em razão do comércio e da atividade produtiva (FELIPE, 2001, p. 12), aos dias atuais Mossoró/RN não parou mais de crescer, sendo hoje o segundo

município mais populoso do Estado do Rio Grande do Norte e a cidade de Mossoró, sede administrativa do município a segunda maior cidade do Estado.

A expansão do sistema produtivo de Mossoró, de acordo com Oliveira (2014, p. 53-55), ocorre sua inserção na nova divisão territorial inter-regional do trabalho nacional, se tornando uma fornecedora de matérias primas para a atividade industrial do sudeste do Brasil. Nesse contexto, o município de Mossoró tem se afirmado nas últimas décadas como uma centralidade regional, assumindo novos papeis na divisão internacional do trabalho, sendo destaque à nível nacional na produção de petróleo, sal marinho, cultivo de frutas tropicais e na prestação de serviços.

Mossoró, no contexto histórico do início do século XXI, por sua diversificação econômica e influência que exercesse no entorno de 39 municípios do Rio Grande do Norte, configura-se como uma cidade média, que em razão de ter crescido sem o devido acompanhamento de uma política de desenvolvimento urbano, apresenta uma série de problemas relacionados a irregularidades fundiárias, favelização e o surgimento de várias áreas de pobreza dispersa pela cidade (ELIAS; PEQUENO, 2010, p. 115). Estes problemas de ordem urbana e rural, certamente também repercutem negativamente nas questões relacionadas ao meio ambiente, visto que os problemas ambientais se encontram diretamente associados a maneira como o espaço urbano é produzido e apropriado.

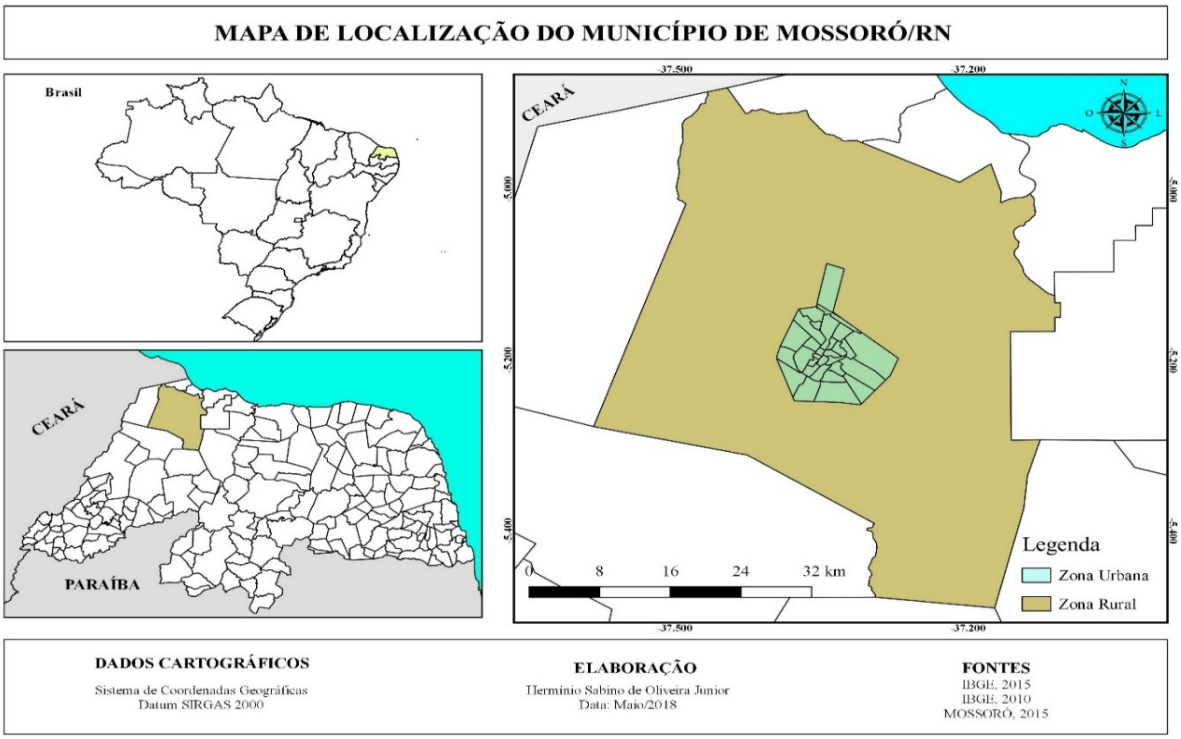
A expansão urbana do município de Mossoró/RN nas últimas décadas, que se encontra, conforme Rocha (2005, p. 263), relacionada ao dinamismo econômico gerado pelas atividades salineira, petrolífera, pela fruticultura irrigada e mais recentemente pelo dinamismo do mercado imobiliário, provocou transformações significativas na paisagem urbanística desta cidade.

Essa expansão urbana acelerada se deu num curto período e não foi devidamente acompanhada da necessária preservação e cuidado para com o meio ambiente, fato este, que vem contribuindo para a ocorrência de uma série de problemas ambientais neste município. Para Salles, Grigio e Silva (2013, p. 286) a expansão urbana acelerada, sem o devido planejamento e as pressões antrópicas sobre os recursos naturais tem provocados riscos e o surgimento de zonas de vulnerabilidade socioambiental no município.

Delimitação da área de estudo e metodologia

A área de estudo desta pesquisa (Figura 1), corresponde ao território do município de Mossoró, que é uma das 167 unidades administrativas do Estado do Rio Grane do Norte.

Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo.



Fontes: (IBGE, 2010); (IBGE, 2015); (MOSSORÓ, 2015). Elaborado por Hermínio Sabino de Oliveira Junior (2018).

A referida área, engloba tanto a zona urbana, como também, a zona rural deste município, possuindo uma dimensão territorial de 2.099,333 km^2 (IBGE, 2017a). Localiza-se o município, entre as coordenadas geográfica 5º 11’ 15’’ de latitude Sul e 37º 20’ 39’’ de longitude Oeste a uma altitude média de 16 metros acima do nível do mar (IDEMA, 2008, p. 07).

Conforme aborda Grigio e Diodato (2011, p. 100) “[...] o município de Mossoró apresenta clima quente e seco durante todo o ano, situação que é assinalada por estar sob influência do clima tropical semiárido da região Nordeste do Brasil e pela proximidade da linha do Equador”. No tocante a flora, há três tipos diferentes de vegetação em Mossoró/RN, que são: caatinga hiperxerófila, carnaubal e a vegetação halófica (IDEMA, 2008, p. 08).

De acordo com o último Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, de 2010, a população deste município era de 259.815 habitantes, apresentando-se como sendo o 2º (segundo) município mais populoso do Estado e o 95º (nonagésimo quinto) do Brasil. Dos 259.815 habitantes do município, 91,3% vivem na zona urbana e apenas 8,7 na zona rural (IBGE, 2010). Ainda de acordo com o IBGE em 2017, este município, possuía uma população estimada de 295.619 habitantes (IBGE,2017b).

O presente estudo, trata-se de uma pesquisa científica aplicada, entendida como aquela que faz uso dos conhecimentos já sistematizados, com o objetivo de

solucionar ou explicar problemas organizacionais ou do ser humano. Quanto a finalidade classifica-se como descritiva e exploratória, e quantos aos meios utilizados é do tipo bibliográfica e de campo (GIL, 2006).

Adota a mesma o método indutivo, pois busca, a partir da análise de constatações particulares ou menos geral da realidade concreta, chegar a uma conclusão em enunciado mais geral (RUIZ, 2002), (DIEHL; TATIN, 2004) sobre os principais problemas ambientais, que afetam o município de Mossoró/RN, bem como o quadro de fiscalização ambiental nesse município.

Trata-se de uma pesquisa do tipo quanti-qualitativa, pois em seu direcionamento metodológico voltou-se, tanto para a pesquisa bibliográfica a respeito do assunto estudado, como, também, uma observação de campo e o levantamento de informações (dados secundários), junto a alguns órgãos públicos municipais, estaduais e federais, com atuação direita ou indireta na área ambiental no município de Mossoró, como: o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio; a Secretaria Executiva de Meio Ambiente e Urbanismo do município de Mossoró/RN – SEMURB; o 3º Pelotão da Companhia Independente de Proteção Ambiental da Polícia Militar do Rio Grande do Norte – CIPAM; o Escritório Regional do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e o Centro Integrado de Operações de Segurança Pública - CIOSP, da Secretaria de Estado da Segurança Pública e da Defesa Social do Rio Grande do Norte – SESED.

A pesquisa bibliográfica foi realizada em diversos livros, banco de dados disponíveis em sites eletrônicos de órgão governamentais, artigos científicos, relatórios, monografias, dissertações e teses, que trazem o conhecimento científico já produzido a respeito da temática abordada nesta pesquisa. O levantamento de dados secundários junto aos principais órgãos públicos municipais, estaduais e federais, com atuação direita ou indireta na área ambiental no município objetivou a coleta de informações diversas sobre o quadro ecológico e de fiscalização ambiental da área de estudo.

Adicionalmente à pesquisa bibliográfica e ao levantamento de dados secundários, foi realizado um levantamento de informações, através da observação de campo no local da pesquisa. Por meio desta observação foi possível verificar in loco os principais problemas ambientais que afetam o município de Mossoró/RN e, diante desse contexto, documentar por meio de fotografias, imagens de paisagens que registram os dados coletados na pesquisa bibliográfica e nos dados secundários.

Resultados

Com base na pesquisa bibliográfica realizada, nos dados secundários colhidos nas principais instituições ligadas a defesa do meio ambiente com atuação no município de Mossoró/RN e em uma criteriosa observação de campo foi possível detectar na zona urbana uma série de problemas ambientais neste município, tais como: esgotos a céu aberto, áreas com depósito de lixo a céu aberto, ocupação irregular de áreas de preservação permanente, criação de animais em áreas indevidas, maus tratos de animais, desmatamento em área de preservação permanente, poluição hídrica, poluição sonora, poluição atmosférica pela queima de lixo, comercialização ilegal de animais silvestres, criação ilegal de animais silvestres, maus tratos de animais, extração ilegal de areia, dentre outros.

Uma problemática ambiental, que foi possível constatar visivelmente, a partir da observação de campo feita em todos os 30 bairros oficiais da cidade de Mossoró/RN, sem exceção de nenhum deles, foi o lançamento indevido de lixo a céu aberto e em via pública. Fato este que pôde ser registrado por fotografias. A seguir (Figura 2), encontram-se alguns exemplos dessa problemática, que, inclusive pode se configurar como um crime ambiental.

Figura 2 – Imagens de áreas com depósito de lixo a céu aberto em bairros da cidade de Mossoró/RN, 2018.



Fonte: Acervo de Raimundo Alberto Costa Queiroz (2018).

Essa questão relacionada ao gerenciamento dos resíduos sólidos na cidade de Mossoró/RN, foi evidenciada por Santos (2016, p. 60). De acordo com a autora, a população de Mossoró produz 0,6 Kg de lixo/hab.dia. Esse lixo é depositado diariamente no Aterro sanitário da cidade, que fica localizado às margens da BR 110 na saída para Areia Branca, sendo depositado tosos os dias neste aterro 150 toneladas de resíduos.

Apesar da existência do Aterro Sanitário no Municio de Mossoró/RN, é comum encontrar em várias áreas da cidade Mossoró, pontos onde o lixo é depositado pela população a céu aberto e, até mesmo em via pública. Sobre este fato, afirmam Ferreira, Camacho e Alcântara Neto (2012, p. 57) "No município de Mossoró, grande parte dos resíduos sólidos produzidos é destinada ao aterro sanitário. Contudo, resíduos industriais e uma variedade de outros tipos ainda são levados aos lixões clandestinos."

No mesmo sentido, mais recentemente, Santos (2016, p. 62-63), aborda que, "Verificou-se uma maior concentração de lixões a céu aberto no bairro Belo Horizonte, que se localiza às margens do rio Apodi-Mossoró. Há diversos outros pontos de lixões no município, como nos bairros Centro, Paredões, Ilha de Santa Luzia e Alto da Conceição".

Para Salles, Grigio e Silva (2013, p. 285-286) as áreas urbanas do município de Mossoró/RN, por exemplo, encontra-se crescendo, o que repercute, também no crescimento das áreas de periferias, onde ocorrem forte concentração de problemas se natureza social e ambiental, além da presença de condições socioeconômicas desfavoráveis para as pessoas, que possuem baixos níveis de renda e escolaridade e saneamento ambiental, o que contribui para o agravamento de riscos e vulnerabilidade ambiental no município.

Dentro dessa mesma perspectiva, na zona rural do Município de Mossoró, foi possível, também, detectar a ocorrência de problemas ambientais, como: moradias de taipa de péssima qualidade, a ausência de saneamento básico, e a coleta de lixo o que acarreta o lançamentos dos resíduos líquidos e sólidos a céu aberto, a extração ilegal de areia e pedras, a atividade de carvoaria, a caça predatória, o desmatamento ilegal e o loteamento para fins urbanos sem a devida licença e autorização dos órgãos competentes, que acarreta o desmatamento e compactação do solo.

Com relação à disposição incorreta dos resíduos sólidos a céu aberto, foi observada essa realidade em todas as 15 comunidades rurais visitadas: Rincão, Barrinha, Palestina, Passagem de Pedra, Piquiri, Maisa, Assentamento Lorena, Pau Branco, Riacho Grande, Juremal, Camurupim, Jucuri, Pedra Branca, Cordão de Sombra 1 e 2 e Santana. Fato este preocupante, já que esses resíduos ao serem lançados indiscriminadamente nessas comunidades podem contaminar o solo, cursos de água e vetor de transmissão de doenças para população e animais.

Necessário se faz salientar, que o meio rural na atualidade não é mais um espaço restrito apenas as atividades agrícolas. Trata-se ele de um ambiente onde vem nitidamente ocorrendo mudanças significativas dos hábitos de vida e consumo, tornando-se uma espécie de continuação da área urbana, já que, a população das áreas rurais cada vez mais tem acesso aos produtos industrializados, típicos do ambiente urbano. Este fato tem contribuído notoriamente para uma maior geração de resíduos no meio rural.

Sobre essa realidade no município de Mossoró/RN, Silva (2013b), em um estudo sobre a contaminação dos solos pela deposição dos resíduos sólidos nas comunidades de São João da Várzea, Camurupim, Passagem do Rio, Boa Fé, Picada 1 e São José , neste município, abordou que a situação do gerenciamento dos resíduos sólidos nestas comunidades não se diferem das situações analisadas a nível nacional, já que em todas elas não há coleta, nem tão pouco, nenhum tipo de tratamento para os resíduos, fato este, que segundo o referido autor, contribui para o agravamento da degradação do meio ambiente e o consequente comprometimento da qualidade de vida da população dessas comunidades.

Apesar do estudo realizado por Silva (2013b, p. 35) ter chegado à conclusão de que não houve contaminação significativa dos solos analisados nas comunidades estudadas por elementos traços como: Cu, Fe, Mn e Zn, bem como, também dos dados referentes a M.O (matéria orgânica) e aos macronutrientes: P, K e Na, entretanto, necessário se faz o acompanhamento dessas áreas que recebem resíduos sólidos sem nenhum tipo de triagem, pois este fato pode no futuro trazer complicações indesejadas para saúde da população local e até mesmo dos animais que vivem nas proximidades. A seguir (Figura 3), encontram-se alguns exemplos da problemática ambiental observada na zona rural do município de Mossoró.

Um outro problema ambiental muito debatido pela comunidade acadêmica no município de Mossoró, que merece ser destacado é a poluição do rio Apodi-Mossoró (Figura 4). O rio Apodi-Mossoró, desde a nascente, passando por cidades importantes do Rio Grande do Norte, como Pau dos Ferros, Apodi e Mossoró, apresenta sinais claros de degradação ambiental, como a poluição decorrente do lançamento de esgotos e lixo, lavagem de roupa e veículos, criação de animais em suas margens, diminuição de sua mata ciliar e assoreamento . Esse problema da poluição de rios tem sido observado em quase todos os rios urbanos do Brasil; do Tietê ao Apodi-Mossoró o que muda é apenas a escala de degradação.

Figura 3 – Imagens de alguns dos diversos problemas ambientas observados na zona rural no município de Mossoró/RN, 2018.



Fonte: Acervo de Raimundo Alberto Costa Queiroz (2018).

Figura 4 – Imagens do processo de eutrofização do rio Apodi-Mossoró, no trecho urbano da cidade de Mossoró/RN, 2018.



Fonte: Acervo de Raimundo Alberto Costa Queiroz (2018).

Os rios urbanos surgem da interação entre cidade-rio. São fluxos de água naturais que cruzam áreas urbanas e são eles alterados notoriamente em suas formas, dinâmicas e em seus correspondentes geoambientais pela dinâmica urbana, com aproveitamento ou não de suas potencialidades, já que suas margens são ocupadas na maioria das vezes desordenadamente (ALMEIDA, 2010, p. 31). Os rios urbanos, conforme Silva e Lopes (2015, p. 03) são modificados, alterados, artificializados e transformados dentro da lógica de reprodução do capital em espaço caracterizado pela segregação espacial e por problemas ambientais urbanos.

A bacia hidrográfica deste rio tem sido submetida a efeitos antrópicos, como a ocupação desordenada em áreas de preservação permanente, uso inadequado do solo, desmatamento da mata ciliar, criação de animais nas margens do rio e o lançamento de resíduos sólidos e efluentes com tratamento inadequado, que contribuem dessa forma para contaminação das reservas hídricas dessa bacia hidrográficas, sendo uma ameaça para saúde pública, principalmente nos trechos urbanos por onde o rio Apodi-Mossoró passa, como é o caso do perímetro urbano de Mossoró/RN, onde existem índices de poluição hídrica (CASTRO et al., 2009, p. 08-14).

Sobre a qualidade das águas do rio Apodi-Mossoró, no perímetro urbano da cidade de Mossoró/RN, Bezerra et al. (2013, p. 3448) enfocam que "verificou-se que a qualidade das águas do corpo hídrico do rio Apodi-Mossoró, está comprometida pelas atividades antrópicas". Segundo o referido autor, as principais atividades impactantes do rio Apodi-Mossoró são: o lançamento de efluentes in natura no canal pluvial de drenagem, as atividades agrícolas e de criações de animais nas margens deste rio.

Ao falar sobre as principais fontes de poluição do rio Apodi-Mossoró, na área urbana de Mossoró/RN, Araújo et al. (2012, p. 181) enfatizam que com base no banco de dados da Prefeitura Municipal de Mossoró e em pesquisa de campo, foi possível detectar 38 fontes poluidoras desse rio, sendo 14 de esgotos; 7 de criação de animais; 6 de extração de areia; 5 de atividades agrícolas; 4 de lixo nas margens do rio e 2 de olarias.

Segundo Araújo et al. (2012, p. 180-181), 10% da área de preservação permanente deste rio é ocupada por vegetação; 44,3% são área desmatadas com solos expostos; 5,7% são áreas edificadas e o restante, 40%, encontra-se ocupada por estabelecimentos agrícolas.

Um outro problema preocupante que afeta o rio Apodi-Mossoró, na área urbana do município de Mossoró/RN, é o processo de eutrofização, que segundo pesquisas de estudiosos da área, como (CASTRO; SOUZA; OLIVEIRA, 2009), (SOUZA; SILVA; DIAS, 2012); (BEZERRA et al., 2013) e (MORAIS, 2016), indicam que a água desse rio se encontra em um acelerado estágio desse processo, destacando a série nitrogenada (N-NO3-, N-NO2 e N-NH3) como um dos principais causadores deste fenômeno, desencadeado em decorrência do excesso de lançamento de matéria orgânica no rio proveniente dos efluentes domésticos.

As águas dos esgotos, ricas em fósforo e nitrato, ao chegarem ao rio alteram consideravelmente as características físicas, químicas e biológicas daquele ecossistema por serem ricas em matéria orgânica. O aumento da quantidade de matéria orgânica provoca o processo de eutrofização ao estimular o crescimento demasiado de algas que, por sua vez, possibilita a proliferação de bactérias, que destas se alimentam e utilizam a maior parte do oxigênio presente na água, o

que pode provocar a morte da fauna aquática por asfixia, principalmente os peixes.

De acordo com Bezerra et al. (2013, p. 3449-3451) de um modo geral a água do rio Apodi- Mossoró em Mossoró/RN, apresenta uma qualidade preocupante visto que o processo de eutrofização artificial nas comunidades aquáticas, trazem consequências indesejadas, pois ocasionam prejuízos sócio-econômicos, como por exemplo a perda da qualidade da água, que provoca o impedimento de seu uso para o abastecimento do turismo e lazer , a diminuição na vegetação aquática submersa, além do perigo das florações tóxicas de cianobactérias.

Estudo a respeito da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, realizado por Castro et al. (2015, p. 08) concluiu que "Todos os valores de fósforo, Nt e Tog e a maioria dos valores de cloreto, sólidos totais e dureza se encontram acima dos limites permitidos pela legislação". No casso da área urbana de Mossoró os valores obtidos de fósforo, alcalinidade, cloreto, sólidos totais, teor de óleos e graxas (Tog) e nitrogênio total das amostras colhidas na Barragem do Genésio se encontram acima dos limites permitidos pela resolução 357/2005 do CONAMA, sendo, portanto, impróprias para o uso humano e a própria conservação da fauna e flora no entorno do rio.

Com relação ao teor de óleos e graxas (Tog) presente nas águas do rio Apodi-Mossoró, Martins et al. (2015, p. 04) afirmam que em todos os pontos analisados o teor de óleos e graxas apresentaram alta concentração, demonstrando que as mesmas se encontram inadequadas para o uso humano, conforme a Resolução n° 357/2005 do CONAMA.

A causa desses elevados teores de Tog, nas águas do rio Apodi-Mossoró, segundo (MARTINS et al., 2015, p. 04), se deve, provavelmente, em razão do descarte indevido de óleos utilizados nas oficinas mecânicas, a falta de tratamento adequado para a água usada nos postos de lavagem de veículos e, também, a ausência de saneamento básico na maioria dos locais onde foram realizadas as coletas para análise.

De acordo com Castro et al. (2010, p. 01) foram encontrados nas águas, nos sedimentos e nos solos das margens do rio Apodi-Mossoró, inclusive metais pesados, como: Alumínio (Al), Bário (Ba), Zinco (Zn), Chumbo (Pb) e Cromo (Cr). Desses metais, por exemplo, o Bário (Ba), Zinco (Zn) e o Chumbo (Pb) foram detectados presentes nas águas do rio com valores acima dos níveis toleráveis para a água doce de classe 3, conforme disposto no art. 4, IV da Resolução nº. 357/2005, do CONAMA (BRASIL, 2005).

Um estudo realizado por Morais (2016, p. 70), concluiu, que o pescado e a água do rio Apodi-Mossoró no trecho urbano da cidade de Mossoró/RN, apresentam índice elevados de contaminantes em desacordo com a Resolução n. 357/2005 do CONAMA, fato este, que demonstra a necessidade de controle e monitoramento ambiental desta área pelo poder público, visando com isso

minimizar os impactos negativos provocados pela ação antrópica neste ambiente.

Diante desse contexto, percebe-se, logicamente, que a poluição do rio Apodi-Mossoró representa um dos problemas ambientais mais preocupante que atinge o Município de Mossoró/RN. Até mesmo os peixes estão contaminados, com uma carga bacteriana de coliformes totais e termotolerantes superior ao recomendado, sendo impróprios para o consumo humano.

A problemática ambiental no município de Mossoró/RN, já foi registrado por diversos estudos científicos pela comunidade acadêmica local. Dentre estes estudos pode citar com exemplos os realizados por (OLIVEIRA, 2001); (OLIVEIRA, 2005); (MOURA; OLIVEIRA, 2010); (MOURA, 2012); (SILVA, 2013a); (SALLES, 2013), (DIAS, 2013); (SANTOS, 2016), (SILVA, 2017) e (PINTO FILHO; SOUZA; PETTA, 2018).

Oliveira (2001), trabalhou a dinâmica sócio-espacial e degradação Ambiental da su-bacia do Rio do Carmo, que é o principal afluente do rio Apodi-Mossoró, abordando os efeitos negativos do ponto de vista ambiental da ação antrópica sobre esta sub-bacia.

Oliveira (2005), abordou a realidade sócio-ambiental do perímetro urbano do rio Mossoró, na cidade de Mossoró/RN, fazendo uma abordagem a respeito da degradação da bacia urbana do rio Mossoró, ocasionada pelos impactos sócio-ambientais decorrentes da ação humana. Destacou, ainda, a autora, a vulnerabilidade da área de estudo dentro do contexto de sua localização no semi-árido, características geológicas, hidrogeológicas e de povoamento.

Moura e Oliveira (2010), fizeram uma breve análise dos impactos ambientais urbanos em Mossoró, decorrentes da ocupação do solo na área urbana da cidade Com base em observações in loco e registro de imagens, as autoras constataram a existência de impactos negativos no meio físico, biótipo e antrópico, fato este que compromete a qualidade de vida dos mossoroense, que tem que conviverem com o descaso do município, perante o descumprimento das leis, que regem a política ambiental.

Moura (2011), realizou um mapeamento dos remanescentes florestais no município de Mossoró/RN. Fazendo uso do Sensoriamento Remoto, técnicas de processamento digitais de imagens e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), chegou à conclusão de que a principal causa da diminuição da vegetação nativa do município de Mossoró é a pressão antrópica imprimida na região, principalmente as atividades agrícolas, pressão esta, que promove a modificação da paisagem local.

Silva (2013), desenvolveu um estudo direcionado a entender a influência da ação antrópica na qualidade da água do rio do Carmo, principal afluente do rio Apodi-Mossoró. Neste trabalho o autor aponta que os resultados da pesquisa

indicam que a qualidade da água ainda é boa no trecho analisado, entretanto a mesma diminui no percurso voltado para a direção da foz, apresentando alguns parâmetros como à presença de coliformes e a condutividade elétrica estão com valores altos e consequentemente, acima dos padrões que são recomendados pela Resolução 357/2005 do CONAMA em todos os pontos.

Salles (2013), realizou uma análise das potencialidades e fragilidades da política urbana e ambiental do município de Mossoró/RN. Neste estudo a autora observou várias problemáticas em Mossoró, por meio da identificação das fragilidades inerentes aos aspectos sociais, econômicos e ambientais, além de ter, também, constatado a desatualização do Plano Diretor do município, a partir de sua análise.

Dias (2013), trabalhou com a identificação da vulnerabilidade socioambiental na área urbana de Mossoró-RN, a partir do uso de técnicas de análises espaciais. A pesquisa constatou que a vulnerabilidade social se encontra localizada nas áreas periféricas da cidade e se encontra condicionada, principalmente, em razão das condições de renda dos mossoroense. Por meio do estudo foi possível, também, observar, que a maior vulnerabilidade socioambiental da cidade de Mossoró, se encontra localizada, principalmente, nas áreas de expansão urbana da cidade, com maior destaque na zona Norte e Leste.

A poluição ambiental gerada pelo descarte inadequado de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), provoca inúmeras doenças transmitidas por vetores. O lançamento de resíduos sólidos urbanos nas proximidades dos cursos de água, como: rios e córregos, ocasiona a poluição desses mananciais, provocando, consequentemente o comprometimento da qualidade ambiental. Neste contexto, Santos (2016), abordou em seu estudo o gerenciamento de resíduos em torno da Bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Quanto ao núcleo urbano da cidade de Mossoró, a autora verificou que a cidade já dispõe de um aterro sanitário e um Plano Municipal de Saneamento Básico Setorial, entretanto, a cidade ainda apresenta inúmeros pontos de lixões, mais precisamente nas proximidades do rio Apodi-Mossoró.

Um outro estudo, realizado por Silva (2017), abordou a vulnerabilidade ambiental urbana da cidade de Mossoró/RN. Segundo a autora, os resultados obtidos sugerem um cenário socioambiental complexo na área urbana do município de Mossoró/RN, evidenciando a presença de riscos e problemas sociais e ambientais no município. O estudo mostra, que tanto as áreas de expansão demográfica periféricas, assim como, também, as centrais, encontram-se vulneráveis do ponto de vista social e ambiental, todavia, com níveis diferenciados de vulnerabilidade.

Por fim, em um estudo mais recente realizado Pinto Filho, Sousa e Petta (2018, p. 102-106), sobre a avaliação da água para consumo humano nas 11 comunidades rurais do Canto do Amaro, área que se destaca nacionalmente pela

extração de petróleo, localizado na zona rural do municípios de Mossoró/RN e Areia Branca/RN, constataram que apesar de parâmetros de qualidade da água para consumo humano, como a Turbidez, pH, Condutividade Elétrica, Dureza, Amônia, Nitrato, Nitrito, Cálcio, Magnésio e Ferro terem apresentado valores considerados aceitáveis de acordo com a Portaria n° 2.914/2011 do Ministério da Saúde e a Resolução n° 357/2005 do Conama, entretanto foi detectado que a quantidade de Oxigênio Dissolvido, em 84,61% das amostras, apresentaram valores de referência abaixo do que é permitido pela Resolução n° 357/2005 do Conama e que o Teor de Óleo e Graxas (TOG) nas amostras analisadas, variou de 0,36 a 6,10 mg/L, apresentando teor médio de 1,42 mg/L. Números esses que são um indicativo de potencial risco à saúde humana, visto que de acordo com a Resolução n° 357/2005 do Conama, os valores de TOG devem se encontrar ausentes.

Os estudos acima citados, são apenas exemplos, dentre vários outros existentes, que demonstram o quadro da problemática ambiental existente no município de Mossoró/RN, provocado pela ação antrópica. Muitas dessas ações, que provocam estes danos ao meio ambiente são consideradas, inclusive condutas criminosas pela legislação pátria.

Essas mudanças na paisagem ambiental do município de Mossoró/RN ao atingirem magnitude de problemas ecológicos, que ocasionam direto ou indiretamente a diminuição da qualidade de vida da população, passam a exigir a atenção dos órgãos governamentais de fiscalização do meio ambiente, na busca da prevenção, contenção e solução para os mesmos. Neste sentido, a seguir será abordado um pouco sobre os principais agentes de fiscalização ambiental neste município.

A fiscalização ambiental no município de Mossoró/RN

Com a promulgação da Constituição Federal de 1988, que ratificou a Lei da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei n. 6.938/81), foi concedido aos municípios uma maior autonomia no que se refere a gestão ambiental. Diante deste contexto, muitas questões que eram privativas da atuação, apenas do Estado e da União, passaram também, a ser da competência dos Municípios. A Constituição Federal de 1988, deu aos municípios brasileiros autonomia para poder enfrentar os problemas relacionados ao meu ambiente (LIMA, 2017, p. 77).

Diante dessa nova política ambiental trazida com a Política Nacional de Meio Ambiente e a Constituição Federal de 1988, que deu aos municípios suporte jurídico para poderem atuar junto com os Estados e a União na defesa do meio ambiente, o município possuía em 2018 uma Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos (SEMIURB) e, vinculada a esta secretaria, existe a Secretaria Executiva de Meio Ambiente e

Serviços Urbanos , a qual compete resumidamente, dentre um rol numeroso de finalidade, planejar e executar, sob coordenação da Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos, as políticas de desenvolvimento ambiental e urbanístico do Município (MOSSORÓ, 2016).

A fiscalização ambiental no município de Mossoró/RN, levando em consideração que a competência para tal atividade no Brasil é concorrente, por força da Constituição Federal de 1988, é realizada por instituições municipais, estaduais e federais. A fiscalização ambiental nesse contexto deve ser entendida como o ato do poder público de vigiar, censurar e zelar pelo bem-estar do meio ambiente

A Nível municipal a fiscalização ambiental é realizada em Mossoró pelos Fiscais Ambientais, vinculados a Secretaria Executiva de Meio Ambiente e Urbanismo do município – SEMURB e pelo Pelotão Ambiental da Guarda Municipal do município.

O Departamento de Fiscalização Ambiental (Defis), atua no município de Mossoró/RN, desde o ano de 2011, quando por meio de concurso público realizado em 2010, os fiscais do controle ambiental e urbanístico foram convocados para assumir suas funções, sendo da competência desses fiscais de acordo com o artigo 63 da Lei Complementar municipal n. 026/2008, realizar a fiscalização das atividades ou empreendimentos que causem ou possam causar degradação ambiental no município de Mossoró/RN (SILVA, 2014. p. 59).

De acordo com informações fornecidas pela Direção do Departamento de Fiscalização Ambiental, mediante ofício, este departamento atualmente é composto por 12 fiscais de nível superior, sendo, 2 biólogos, 2 Engenheiros Agrônomos, 2 Advogados, 1 Pedagogo e 5 Gestores Ambientais.

Quanto ao Pelotão Ambiental da Guarda Municipal – PAAM, sua criação legal ocorreu no ano de 2009, por meio da Lei Complementar municipal n. 037/2009 (MOSSORÓ, 2009a). De acordo com informações obtidas nesta instituição, ele foi implantado no ano de 2013, contando na época com apenas 4 membros, para atuar na defesa e preservação do meio ambiente no município. Em 2018 o Pelotão tinha um efetivo de 35 Guardas Municipais, atuando voltados para fiscalização ambiental nos limites do município de Mossoró/RN. São 16 integrantes, que fazem patrulha diária, principalmente na zona urbana do município; 12 integrantes que trabalham na fiscalização do Parque Municipal e 6 integrantes que trabalham à noite fazendo a vigilância da Secretaria de Agricultura de Mossoró.

Entre as diversas atribuições do Pelotão Ambiental, previstas no artigo 15 do Decreto Municipal n. 3. 482, de 20 de julho de 2009, pode-se destacar a proteção e fiscalização de forma preventiva, permanente e comunitária, as áreas de preservação ambiental e de mananciais afetas ao Município (MOSSORÓ, 2009b).

Já a nível estadual a fiscalização é realizada pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA e pelo 3º Pelotão da Companhia Independente de Proteção Ambiental da Polícia Militar do Município de Mossoró/RN. E, por fim, a nível federal a fiscalização ambiental em Mossoró é realizada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, que se instalou no município no ano de 2012, em razão da criação da Unidade de Conservação Federal do Parque Nacional da Furna Feia.

A Unidade de Conservação Nacional do Parque Nacional da Furna Feia, foi criada em 2012, por meio do Decreto Presidencial sem nº, de 5 de junho de 2012, que dispôs sobre a criação do Parque Nacional da Furna Feia, nos Municípios de Baraúna e Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte (BRASIL, 2012c). O Parque é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, possuindo uma área de 8.517,63 hectares, situado em área do bioma Caatinga (ICMBIO, 2018).

Com base em dados do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, havia em 2013 na área do Parque Nacional da Furna Feia, 205 cavernas identificadas, que somadas às 43 outras cavernas encontradas na Zona de Amortecimento do referido parque, contemplam um total de 248 cavernas, formando assim, nesse contexto, a maior concentração de cavernas do Estado do Rio Grande do Norte, representando 36,8% das 674 cavernas oficialmente cadastradas neste Estado (CECAV/ICMBio, 2013).

De acordo com Bento et al. (2013, p. 37-38), O Parque Nacional da Furna Feia era em 2013 a Unidade de Conservação de proteção integral que possuía o maior número de cavernas do Brasil, detendo mais do que o dobro de cavernas do segundo colocado, o Parque Nacional das Cavernas do Peruaçu, que tinha 100 cavernas cadastradas.

Quanto ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, esta autarquia federal, possui um Escritório Regional no município de Mossoró/RN. De acordo com informações fornecidas pela Direção do Escritório Regional do IBAMA de Mossoró, o escritório local, possui 11 servidores efetivos e com o fechamento do Escritório Regional de Caicó/RN, recentemente, é responsável pela fiscalização ambiental, relacionada a fauna e flora, em 92 municípios do Estado do Rio Grande do Norte, o que representa, 62% da área territorial deste Estado.

Dessas instituições acima citadas, uma delas merece maior atenção, em razão de atuar ostensivamente de uma maneira mais direta no município de Mossoró/RN. Esta instituição é o 3º Pelotão da Companhia Independente de Proteção Ambiental da Polícia Militar do Rio grande do Norte- CIPAM. A CIPAM, foi criada por meio do Decreto nº 18.058, de 07 de janeiro de 2005. Trata-se de um órgão

de execução e Unidade Operacional. A atuação da CIPAM ocorre de maneira preventiva, como órgão de apoio que às ações em prol da defesa do Patrimônio Ambiental do Estado, assim como, também, de maneira repressiva nos casos em que ocorre a violação de áreas de grande valor ambiental para o Estado (RIO GRANDE DO NORTE, 2016).

A sede da Companhia Independente de Proteção Ambiental da Polícia Militar do Rio Grande do Norte - CIPAM, fica, em Natal, capital do Estado. Entretanto a CIPAM possui atuação em todo o território do Estado do Rio Grande do Norte, já que possui três Pelotões de Proteção Ambiental, distribuídos nas principais regiões do RN. O 1º Pelotão localiza-se na sede da CIPAM, em Natal/RN, o 2º pelotão situa-se em Caicó/RN e o 3º Pelotão fica na cidade de Mossoró/RN.

O 3º Pelotão da CIPAM, localiza-se na Avenida Doutor Almir Castro, 400, Centro, Mossoró/RN, dentro da área do Parque Municipal. De acordo com informações colhidas neste pelotão, o mesmo é responsável pela fiscalização ambiental na área territorial de 61 municípios do Oeste do Estado do Rio Grande do Norte e do ponto de vista de seu corpo efetivo é formado por 24 Policiais Militares. O Pelotão possui como recursos técnicos um veículo automotivo, do tipo Caminhonete Toyota Hilux 4x4 em funcionamento e 3 outros veículos que se encontram "baixados", ou seja, sem condições nenhuma de uso, um decibelímetro e aparelhos para capturas e manejo de animais.

Segundo informações fornecidas pelo comando do 3º Pelotão da CIPAM em Mossoró, todas as policias possuem a legitimidade para fiscalizar a prática de crimes ambientais, entretanto o que diferencia o Pelotão de Proteção Ambiental das demais polícias é a sua função específica e a tecnicidade do seu efetivo, visto que a CIPAM, tem a missão específica de combater os crimes ambientais e o seu efetivo, antes de ingressar na instituição, recebe treinamento específico para atuar no combate aos crimes ambientais.

Ainda de acordo com o comando do 3º Pelotão da CIPAM a atuação do Pelotão Ambiental poderia ser mais eficiente na fiscalização dos crimes ambientais, caso esta instituição possuísse um maior efetivo de policiais, mais recursos técnicos e uma maior interação com os órgãos de defesa do meio ambiente no município. Quanto ao efetivo de policiais o referido Pelotão tem trabalhado com um déficit de 62%, visto que o número ideal de policiais deveria ser de 72 homens.

Apesar de possuir em seu quadro efetivo 24 homens, levando em consideração a escala de trabalho dos mesmos e o número de policiais de férias e afastados para tratamento médico, em média, o 3º Pelotão de Proteção Ambiental sediado na cidade de Mossoró/RN, tem apenas trabalhando diariamente em torno de 4 policiais. Número este considerado pequeno para atender as necessidades desta instituição.

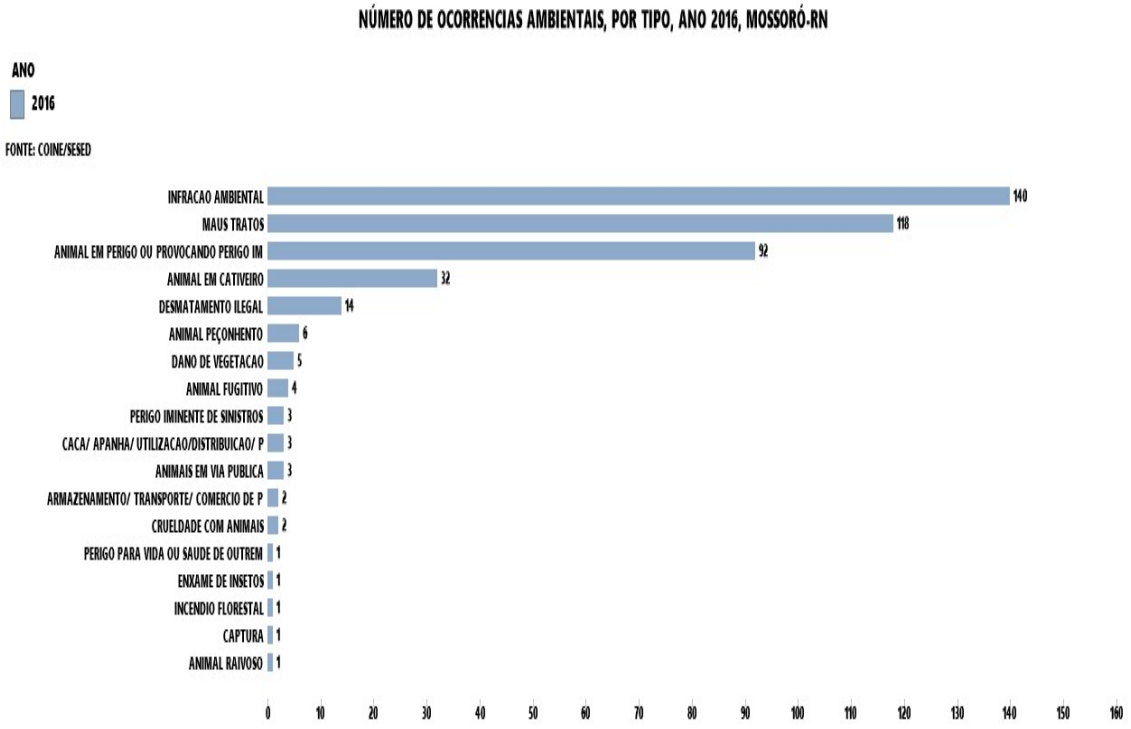
No tocante a fiscalização do 3º Pelotão de Proteção Ambiental no município de Mossoró/RN especificadamente, os dados a seguir (Figuras 5 e 6), fornecidos

pela Coordenadoria de Informações Estatísticas e Análises Criminais da Secretaria de Segurança Pública e da Defesa Social do Rio Grande do Norte, mostram a atuação deste Pelotão nos limites do município nos anos de 2016 a 2017.

Os dados dos dois gráficos, revelam um pouco da atuação do 3º Pelotão de Proteção Ambiental, apenas na área territorial do município de Mossoró/RN. No período de 2016 e 2017 realizou 814 ocorrências, sendo desse total 298 delas relacionadas a práticas de crimes ambientais. No ano de 2016, ocorreram 429 ocorrências, das quais 140 foram relativas a crimes ambientais. Já no ano de 2017, ocorreram 385 ocorrências, sendo 158 delas relacionadas a crimes ambientais praticados no município.

Levando em consideração que o 3º Pelotão da CIPAM, possui um efetivo reduzido de policiais, e poucos recursos técnicos para fiscalizar uma área territorial extensa para fiscalizar, que abrange 61 municípios do Oeste do Estado do Rio Grande do Norte, percebe-se, diante desse contexto, que dentro das limitações que lhe são impostas, este pelotão, localizado em Mossoró, desenvolve um importante trabalho de fiscalização ambiental e combate aos crimes praticados contra o meio ambiente em sua área de competência fiscalizatória.

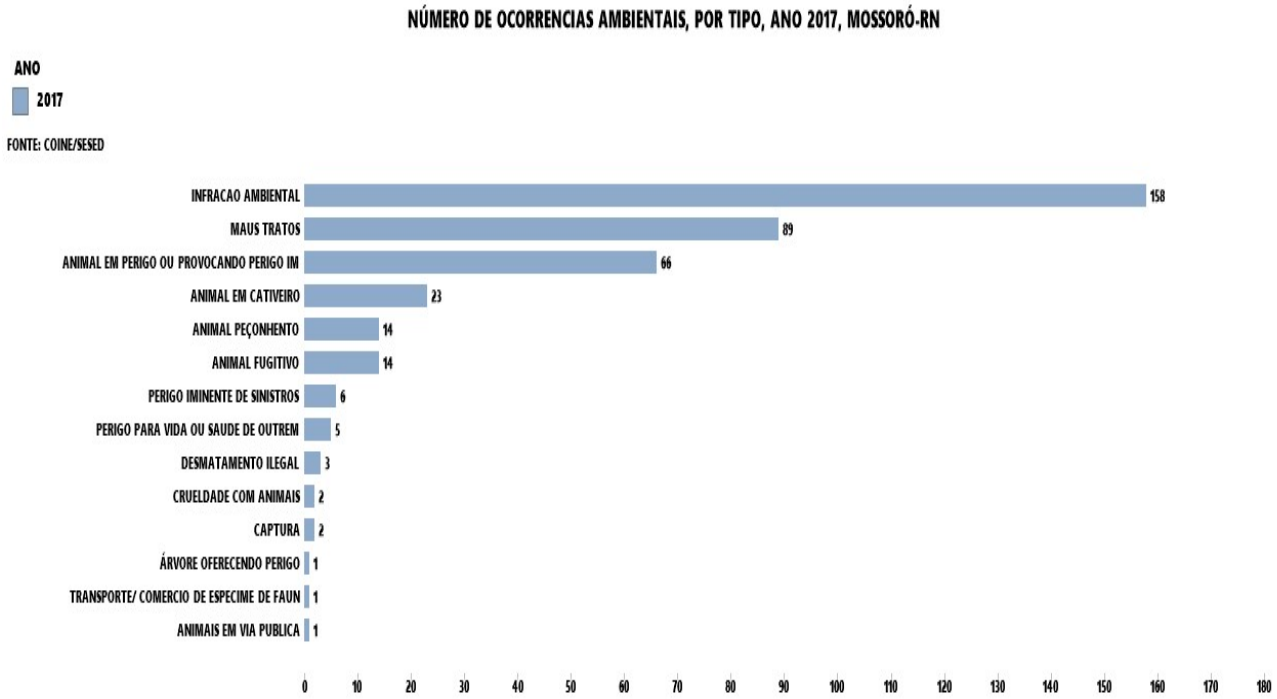
Figura 5 – Número de ocorrências ambientais, por tipo, realizadas pelo 3º Pelotão de Proteção Ambiental da Companhia Independente de Proteção Ambiental da Polícia Militar do Rio Grande do Norte, no ano de 2016, no município de Mossoró/RN.



Fonte: COINE/SESED (Coordenadoria de Informações Estatísticas e Análises Criminais/Secretaria de Segurança Pública e da Defesa Social do RN) (2018)

Todas as instituições ambientais com atuação no município de Mossoró/RN citadas, exercem um importante papel no processo de fiscalização do meio ambiente no município, pois elas atuam direto ou indiretamente com ações voltadas para preservação ambiental, sejam do ponto de vista preventivo, ostensivo ou punitivo. Dessa forma, elas merecem mais atenção do poder público no sentido de melhor aparelhá-las com recursos técnicos e maior efetivo.

Figura 6 – Número de ocorrências ambientais, por tipo, realizadas pelo 3º Pelotão de Proteção Ambiental da Companhia Independente de Proteção Ambiental da Polícia Militar do Rio Grande do Norte, no ano de 2017, no município de Mossoró/RN.



Fonte: COINE/SESED (Coordenadoria de Informações Estatísticas e Análises Criminais/Secretaria de Segurança Pública e da Defesa Social do RN) (2018).

Considerações finais

A entrada de novas atividades econômicas no município de Mossoró/RN, adicionadas as tradicionais já existentes, provocou uma configuração espacial desordenada na zona rural e urbana do município, em razão da exploração desequilibrada do território e de seus recursos naturais. Na verdade, as principais atividades econômicas desenvolvidas em Mossoró, como a atividade salineira, a extração mineral, a petrolífera, a fruticultura irrigada e a construção civil, são atividades de grande impacto ecológico, que não têm dado a devida atenção a preservação do meio ambiente do município.

O processo acelerado de urbanização, por exemplo, nas últimas décadas, ocasionou uma configuração urbana industrial desordenada, que provocou concentração de renda e problemas ambientais diversos, que são uma ameaça a uma sadia qualidade de vida da população mossoroense.

Já na zona rural, como uma extensão da zona urbana, no tocante aos hábitos de vida cada vez mais urbanos, os problemas ambientais estão cada vez mais presentes. A ausência de coleta de lixo e saneamento básico nas comunidades rurais potencializam esses problemas, assim como, também, a deficiência na fiscalização ambiental, que contribui para desmatamento no município, seja para extração mineral, prática da agricultura e pecuária loteamentos para fins urbanos.

Quanto as instituições de fiscalização ambiental, observa-se que Mossoró se encontra servido de um número significativo de instituições dessa natureza, à nível federal, estadual e municipal, com atuação dos limites do município, entretanto, estas deve receber uma maior atenção do poder público local, na perspectiva de melhor estruturá-las com recursos técnicos e maior efetivo para que possam atuar com mais eficiência.

Referências

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. 278 f. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP. Rio Claro, 2010. Disponível em: http://pct.capes.gov.br/teses/2010/33004137004/TES.PDF. Acesso em: 02 de dezembro de 2017.

ARAÚJO, D. N. et al. Estudo da área de preservação permanente do rio Mossoró no sítio urbano de Mossoró-RN por meio de técnicas de geoprocessamento. Revista Caatinga, Mossoró/RN, v. 25, n. 2, p. 177-183, mar.-jun. 2012. Disponível em: < https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2213>. Acesso em: 02 de maio de 2017.

BEZERRA, Joel Medeiro et al. Análise dos indicadores de qualidade da água no trecho urbano do rio Apodi-Mossoró em Mossoró-RN, Brasil. Semina: Ciências agrárias, Londrina/SP, v. 34, n. 6, p. 3443-3454, 2013. Disponível em: <http:// www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/12774/13 638>. Acesso em: 10 de maio 2017.

BENTO, D.M.; et al.. Parque Nacional da Furna Feia – o parque nacional com a maior quantidade de cavernas do Brasil. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32, 2013. Barreiras. Anais... Campinas: SBE, 2013. p.31-43. Disponível em: 13 de maio de 2018.

BRASIL. Decreto SN, de 5 de junho de 2012. Dispõe sobre a criação do Parque Nacional da Furna Feia, nos municípios de Baraúna e Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 06 jun. 2012.

_____. Resolução do CONAMA, n. 357/2005. Disponível em:< http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 10 de dezembro de 2017.

CECAV/ICMBio - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. Base de Dados Geoespacializados de Cavidades Naturais Subterrâneas do CECAV, situação em 01/04/2013. Brasília, CECAV/ICMBio, 2013. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>. Acesso em 20 maio. 2018.

CASTRO et al. Projeto rio Apodi-Mossoró: integridade ambiental a serviço de todos. Relatório síntese do projeto período de 08/02/07 a 07/05/09. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN, Universidade Federal do Semi-Árido - UFERSA e Fundação Guimarães Duque – FGD, Mossoró/RN, 2009. 1 CD-ROM.

CASTRO, Suely Souza Leal; SOUZA, Luiz di; OLIVEIRA, Thiago Mielle Brito Ferreira. Dinâmica da série nitrogenada nas águas da bacia hidrográfica

Apodi/Mossoró – RN - Brasil. Eclética Química, São Paulo, v. 34, n. 2009, p. 17-26, 2009. Disponível em < http://www.scielo.br/pdf/eq/v34n3/02.pdf >. Acesso em: 02 de maio de 2017.

CASTRO, Suely Souza Leal et al. Correlação dos teores de metais presentes em amostras ambientais e efluentes na bacia hidrográfica Apodi-Mossoró - RN. Artigo apresentado na 33ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. São Paulo, 2010. Disponível em: < sec.sbq.org.br/cdrom/33ra/resumos/T2504-1.pdf >. Acesso em: 02 de maio de 2017.

CASTRO, Suely Souza Leal et al. Efeitos naturais e antrópicos na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Artigo apresentado no 5º Encontro Regional de Química & 4º Encontro Nacional de Química. Blucher Chemistry Proceedings. vol. 3, n. 1, p. 1-10, 2015. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemistryproceedings/5erq4enq/fq13.pdf >. Acesso em: 02 de maio de 2017.

DIAS, Gutemberg Henrique. Identificação da vulnerabilidade socioambiental na área urbana de Mossoró-RN, a partir do uso de técnicas de análises espaciais. 2013. 167 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2013.

DIEHL, Astor Antônio; TATIN, Denise Carvalho. Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

ELIAS, Denise; PEQUENO, Renato. Mossoró: o novo espaço da produção globalizada e aprofundamento das desigualdades socioespaciais. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão; ELIAS, Denise; SOARES, Beatriz Ribeiro (Orgs.). Agentes econômicos e reestruturação urbana e regional: Passo fundo e Mossoró. São Paulo: Expressão Popular, 2010. p. 101-282.

FELIPE, José Lacerda Alves. A (re)invenção do lugar: os Rosados e o "país de Mossoró". João Pessoa/PB: Grafset, 2001.

FELIPE, José Lacerda Alves; CARVALHO, Edilson Alves de. Atlas escolar do Rio Grande do Norte. Estudo geo-histórico e cultural. 3 ed. João Pessoa/PB: Grafset, 2011.

FERREIRA, Alex Rodrigues; CAMACHO, Ramiro Gustavo; ALCÂNTARA NETO, Antônio Queiroz. Avaliação e diagnóstico ambiental dos resíduos gerados no município de Mossoró/RN. Revista Geo Temas, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v. 2, n. 2, p. 55-67. Disponível em: <http://periodicos.uern.br/index.php/geotemas/article/view/259>. Acesso em 22 de setembro de 2018.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GRIGIO, Alfredo M.; DIODATO, Marco Antônio. Dimensões físico-ambiental. In: PESSOA, Zoraide et al. (Orgs.). Como anda Mossoró: análise da conjuntura sociourbana, ambiental e político-institucional. Natal: UFRN, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico do IBGE de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

IBGE Cidades. Perfil da cidade de Mossoró/RN: área da unidade territorial. Rio de Janeiro, 2017a. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama >. Acesso em 12 de maio de 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativa populacional do IBGE de 2017. 2017b. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2017/estimativa_dou_2017.pd>. Acesso em 10 de abril de 2018.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade. Parque nacional da furna feia. 2018. Disponível em: < http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/3039-parna-da-furna-feia >. Acesso em 12 de maio de 2018.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. Perfil do município de Mossoró. Natal/RN, 2008.

MARTINS, Daniel Freitas Freire et al. Determinação do tog na água do rio Apodi-Mossoró e sua correlação com fatores antropogênicos. Artigo apresentado no congresso técnico científico da engenharia e da agronomia. Fortaleza-CE, 15 a 18 de setembro de 2015. Disponívelem:<http://www.confea.org.br/media/Quimica_determinacao_da_tog_do_rio_apodi-mossoro_e_sua.pdf>. Acesso em 22 de maio de 2017.

MORAIS, Jeferson de. Caracterização higiênico-sanitária e socioambiental da pesca artesanal do rio Apodi-Mossoró/RN. 2016. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró/RN, 2016.

MOSSORÓ. Prefeitura Municipal. Lei Complementar municipal n. 037, de 14 de dezembro de 2009a. Dispõe sobre a Guarda Civil Municipal nos termos do Art. 144, § 8º da Constituição Federal, e no art. 215 da Lei Orgânica do município, e dá outras providências. 2009. Disponível em: <http://www.guardacivilmossoro.com.br/p/leis.html>. Acesso em 17 de maio de 2018.

_____. Prefeitura Municipal. Decreto n. 3.482, de 20 de julho de 2009b. Dispõe sobre a regulamentação da Guarda Civil Municipal da Defesa Social – SEMUD, e

dá outras providências. 2009. Disponível em: <http://www.guardacivilmossoro.com.br/p/leis.html>. Acesso em 17 de maio de 2018.

_____. Prefeitura Municipal. Lei Complementar municipal n. 126, de 29 de janeiro de 2016. Altera a Lei Complementar nº 105, de 04 de janeiro de 2016, dispondo sobre alterações na organização administrativa da Administração Pública Direta e Indireta do Município de Mossoró e dá outras providências. Disponível em: <https://www.prefeiturademossoro.com.br/jom/>. Acesso em 14 de maio de 2018.

MOURA, Maria da Conceição Freitas; OLIVEIRA, Ludmila. Breve análise dos impactos ambientais urbanos em Mossoró/RN. Revista Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, RN, v. VI p. 1-14, 2010. Disponível em: < http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/76/79>. Acesso em 01 de maio de 2018.

MOURA, Samuel Rodrigues de Freitas. Mapeamento dos remanescentes florestais do município de Mossoró/RN. 2012. 38 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) - Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2012.

OLIVEIRA, Jionaldo. Pereira. Dinâmica sócio-espacial e degradação ambiental na sub-bacia do rio do carmo. 2001. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró/RN, 2001.

OLIVEIRA, Vera Lúcia. A realidade sócio-ambiental do perímetro urbano do rio Mossoró. 2005. 163 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2005.

OLIVEIRA, Jionaldo. Pereira. Mossoró: espaço urbano e questões habitacionais. 2001. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró/RN, 2001.

OLIVEIRA, Jionaldo. Pereira. Mossoró: espaço urbano e questões habitacionais: análise sobre a dinâmica urbana mossoroense e a inserção da questão ambiental na atualidade. Mossoró/RN: UERN, 2014.

PINTO FILHO, Jorge Luiz de Oliveira; SOUZA, Raquel Franco de; PETTA, Reinaldo Antônio. Avaliação da água para consumo humano nas comunidades rurais do campo petrolífero canto do amaro – CPCA, RN, Brasil. Revista Sustentabilidade em Debate – Brasília, v. 9, n. 2, p. 102-119, ago/2018. Disponível em <

http://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/27829/21360>. Aceso em 22 de setembro de 2018.

RIO GRANDE DO NORTE. Constituição estadual do Estado do Rio Grande do Norte. 1989. Disponível em <http://www.tjrn.jus.br/index.php/legislacao/constituicao-estadual>. Acesso em 12 de junho de 2017.

_____. Polícia Militar do Rio Grande do Norte - PMRN. Companhia independente de proteção ambiental – CIPAM. Natal/RN, 2016. Disponível em: < http://www.pm.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=8244&ACT=&PAGE=&PARM=&LBL=NOT%CDCIA >. Acesso em 12 de maio de 2018.

ROCHA, Aristotelina Pereira Barreto. Expansão urbana de Mossoró (período de 1980 a 2004). Natal/RN: EDUFRN, 2005.

RUIZ, João Álvaro. Metodologia científica: guia para eficiência no estudo. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SALLES, Maria Clara Torquato. Análise das potencialidades e fragilidade da política urbana e ambiental do município de Mossoró (RN). 2013. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2013.

SALLES, Maria Clara Torquato; GRÍGIO, Marcelo Alfredo; SILVA, Marcia Regina. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró- RN - Brasil. Revista Soc. & Natureza, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 291-290, maio/ago/2013. Disponível em:< http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/14389/pdf >. Acesso em 10 de setembro de 2018.

SANTOS, Milton. Técnica, espaço, tempo. Globalização e meio técnico-científico-informacional. 5. ed., 1. reimpr. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2013.

SANTOS, Lidiane Araújo Vieira. Gerenciamento de resíduos em torno da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (RN). 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2016.

SILVA, Auriberto Germano. Estudo da influência antrópica na qualidade da água do rio do carmo. 2013a. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2013.

SILVA, Auriberto Germano. Contaminação dos solos pela deposição de resíduos sólidos em comunidades rurais de Mossoró, RN. 2013b. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró/RN, 2013.

SILVA, Ligia Valléria de Oliveira. A gestão ambiental municipal na cidade de Mossoró/RN: o mapeamento da fiscalização ambiental urbana. 2014. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2014.

SILVA, Moacir Vieira da; LOPES, Rosa Maria Rodrigues. Um rio, uma cidade, diferentes leituras. Artigo apresentado no XIV Simpósio Nacional de Geografia Urbana, realizado em Fortaleza/CE, entre os dias 08 a 12 de setembro de 2015. Disponível em: < https://drive.google.com/file/d/0B_FJH8ikGCJteHBNUjJZVHRKekk/view>. Acesso em 20 de Abril de 2018.

SILVA, Camila Saiury Pereira. Vulnerabilidade socioambiental urbana: um estudo da cidade de Mossoró/RN. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2017.

SOUZA NETO, L.T. de. Mapeamento da Geodiversidade Múltipla e Múltipla Ponderada do Município de Mossoró-RN. 2009. 40 f. Mossoró, 2009. Monografia (Bacharelado em Gestão ambiental) - Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró/RN, 2009.

SOUZA, Ana Cláudia Medeiros; SILVA, Márcia Regina Farias; DIAS, Nildo da Silva. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica do Apodi/Mossoró (RN). Revista Irriga, Edição Especial, v. 1, n. 1, p. 280-296, Botucatu/SP, 2012. Disponível em:< http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/453>. Acesso em 22 de setembro de 2018.

CAPÍTULO 15

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ: UM ESTUDO DA CIDADE DE MOSSORÓ (RN)

Lidiane de Araújo Viera

Márcia Regina Farias da Silva

Alfredo Marcelo Grigio

Introdução

O saneamento básico constituído pelos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, coleta da drenagem pluvial, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, é condição fundamental para a saúde pública. Ele está, diretamente, associado aos problemas de poluição e/ou contaminação dos recursos hídricos e do solo, pois a deficiência de saneamento básico gera a disposição inadequada de esgotos, contaminando, poluindo os rios e córregos, além de favorecer a proliferação de vetores de doenças (por exemplo, nos lixões).

A Lei nº 11.445 de 2007, estão definidas as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Os dispositivos da própria lei trazem no seu conteúdo princípios fundamentais, dentre estes, a universalização do acesso aos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente (BRASIL, 2007).

Nessa direção, é urgente a aplicação destas diretrizes em consonância com o disposto na nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/10, editada em 2010 e regulamentada recentemente. Esta Lei dispõe sobre os

princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

Dentre as principais metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos está a extinção dos lixões até agosto de 2014. Sendo que neste ano de 2015 esse prazo foi prorrogado. A prorrogação deve ser definida conforme o porte do município: para capitais e regiões metropolitanas até 31 de julho de 2018; municípios com mais de 100.000 habitantes tem até 2019; as cidades com população entre 50.000 e 100.000 habitantes até 2020; e as cidades com menos de 50.000 habitantes tem até o ano de 2021 (FEDERAÇÃO GOIANA DE MUNICÍPIOS – FGM, 2015).

Em razão da notória precariedade no tratamento do problema no Brasil, a poluição gerada pela disposição inadequada de resíduos sólidos nos centros urbanos vem oferecendo sérios riscos à múltipla utilização da água no abastecimento para consumo humano, na irrigação, na conservação da fauna e da flora, na pesca, tendo seu uso recreativo e estético prejudicado. Por essa razão, a correta gestão do lixo urbano apresenta-se como um fator multifacetado, cujas consequências dizem respeito tanto a importantes setores da economia – tais como agricultura, pesca e turismo – quanto à saúde pública brasileira.

A problemática da gestão dos resíduos sólidos apesar de não ser nova vem ganhando maiores proporções em decorrência do aumento populacional e sua relação com o uso dos recursos naturais e o consumo de produtos industrializados em todo mundo. Nessa direção, o problema desta pesquisa reside em traçar um diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, com ênfase na cidade de Mossoró (RN). A escolha da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró deu-se pelo fato de buscar conhecimentos acerca da gestão dos resíduos em torno da bacia, neste caso a cidade de Mossoró foi escolhida pelo fato de ser a maior cidade que faz parte desta bacia hidrográfica, tanto em extensão territorial, como contingente populacional, sendo, portanto, uma das cidades que mais causam degradação ao corpo hídrico em questão.

Diante da importância do tema, objetiva-se identificar quais são as interferências, direta e indireta, do tratamento ou ausência de tratamento, dessa gestão para poluição do rio, por meio do diagnóstico da gestão dos resíduos no município de Mossoró, e considerando as localizações do lixão desativado e aterro sanitário do município. Deve-se salientar que a cidade de Mossoró já possui aterro sanitário implantado e Plano de Gestão de Resíduos do município, todavia o antigo lixão utilizado pelo município para deposição dos resíduos não foi recuperado, e ainda é utilizado para deposição de resíduos domésticos e da construção civil.

Geração de resíduos urbanos: cenários no Brasil

A população do planeta vem crescendo demasiadamente nos últimos 25 anos, tendo em vista que já ultrapassou a marca dos 7 bilhões de pessoas no mundo. E a população urbana é ainda maior, exercendo forte pressão na exploração dos recursos naturais. Esses recursos são utilizados e devolvidos para o meio ambiente de forma danosa (GODECKE et al, 2012).

Os resíduos sólidos são provenientes das residências, varrição e limpeza de logradouros e de outros serviços. Com a inserção de novas tecnologias esses resíduos apresentaram mudanças em quantidade e qualidade, mas essas tecnologias até então, não são eficientes no tratamento desses resíduos. A geração de resíduos tem relação intrínseca com o desenvolvimento da humanidade, não sendo, portanto, tema específico da sociedade moderna. Waldman (2010, p.11), afirma que:

> "No período paleolítico, os ocupantes das cavernas confinavam resíduos em reentrâncias das rochas. A aurora das civilizações agrárias foi marcada pela preocupação em gerenciar restos agrícolas, grande parte dos quais era compostada, utilizada como ração, fonte de energia e para fabrico de adobes. A atividade mineradora impulsionou a necessidade de direcionar o encaminhamento das escórias. Ao mesmo tempo, a atividade construtora pontuou o desafio do descarte do entulho, inerente à civilização urbana".

A geração de resíduos está diretamente ligada a situação econômica de uma população, mas também aos hábitos desta. Um cidadão norte-americano gera em média 2,00kg de lixo, o brasileiro gera em média 0,8 a 1,0kg. Sendo que a população japonesa, com qualidade de vida superior ao da população dos Estados Unidos gera em média 1,0kg de lixo por habitante. Portanto, é fato que a produção de resíduos está ligada, não somente ao poder aquisitivo, mas também aos hábitos e educação da população (ANDRADE, 2011).

De acordo com Campos (2012) algumas hipóteses podem estar contribuindo para o aumento da geração per capita de resíduos sólidos, como: aumento do emprego e elevação da massa salarial; redução do número de pessoas por domicílio e da composição familiar; maior participação da mulher no mercado de trabalho; fluxo de retorno da migração nordestina para o sul de volta ao nordeste, estimulando novos hábitos de consumo; maior facilidade na obtenção de crédito para consumo; não cobrança pelos serviços de coleta e manejo dos resíduos sólidos aos munícipes; estímulo frenético ao consumo pelos veículos de comunicação; e uso indiscriminado de produtos descartáveis.

As alternativas de controle para a geração de resíduos são, de acordo com Seidel (2010), garantir as atividades de saneamento básico adequadas com a coleta dos resíduos, realizar a separação dos materiais recicláveis que podem ser reincorporados na cadeia produtiva das indústrias recicladoras, e destinar a

matéria orgânica para atividades de compostagem. Estas ações permitem a minimização da disposição dos resíduos em aterros, e recuperação de parte das matérias-primas.

Em países desenvolvidos, para redução do consumo estão sendo incluídos em sua legislação instrumentos econômicos, como sistemas de cobrança pela disposição em aterros, pela geração dos resíduos sólidos, impostos sobre produto e crédito às indústrias, comércio e população em geral para reciclagem (CAMPOS, 2012).

A geração de Resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2010 foi de 60.868.080 ton/ano, sendo 378,4 kg/hab/ano no mesmo período. Em 2011 foram gerados 61.936.368 ton/ano, sendo 381,6kg/hab/ano. E em 2012 foram gerados 62.730.096 ton/ano, sendo 383,2kg/hab/dia. Pode-se verificar que entre 2010 e 2011 houve um aumento da geração anual de resíduos a uma taxa de 1,8%, e aumento na produção per capita de 0,8%. A geração total de resíduos é superior ao crescimento populacional do mesmo período que foi de 0,9%, conforme tabela 01 (ABRELPE, 2015).

Tabela 1 - Geração de resíduos nos anos de 2010, 2011 e 2012

Ano	Geração de resíduos		
	Geração de RSU (t/ano)	Geração de RSU per capita (kg/hab/ano)	Taxa de crescimento populacional comparada ao ano anterior
2010	60.868.080	378,4	1%
2011	61.936.368	381,6	1,8%
2012	62.730.096	383,2	0,9%

Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2015).

No Brasil, em 2013, foram geradas 76.387.200 toneladas de resíduos, confirmando a hipótese de que a geração de resíduos é superior à taxa de crescimento populacional. Sendo assim, implica dizer que a população brasileira, a cada dia que passa gera mais resíduos (ABRELPE, 2015).

O resíduo sólido é gerado a partir do momento em que o produto ou material é descartado pelo seu proprietário por ser inútil. Sendo assim, o maior problema dos resíduos está relacionado ao aumento da geração, e ausência de serviços como coleta, transporte, tratamento e disposição desses resíduos (MASSUKADO, 2004). Eles um dos maiores problemas da atualidade quanto a sua destinação.

Podem ser provenientes de atividades industrial, doméstica, comercial, agrícola, dentre outros, e se não forem corretamente gerenciados podem causar danos irreversíveis ao meio ambiente.

As localidades que não têm uma correta gestão dos resíduos podem sofrer com poluição atmosférica, odores e gases nocivos; poluição hídrica devido à percolação do chorume, contaminação do solo, desvalorização imobiliária de áreas próximas a lixões e proliferação de doenças relacionadas aos resíduos (ANDRADE, 2011).

Para um gerenciamento adequado dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é necessária uma coleta abrangente (mais de 90% da população), numa frequência de pelo menos 3 vezes por semana, limpeza frequente de ruas e disposição desses resíduos em aterro sanitário. Para efetivar a qualidade ambiental da cidade, implanta-se a coleta seletiva que é a separação dos resíduos na fonte para serem destinados à reciclagem e compostagem (ANDRADE, 2011).

A problemática do gerenciamento dos resíduos está relacionada à urbanização das cidades, aumento populacional, o aumento do consumo de descartáveis e, também, o aumento na necessidade de consumo. Esses fatores têm como consequência o aumento na geração de resíduos sólidos, e esses resíduos não são destinados de forma correta, provocando diversos problemas à saúde da população e ao meio ambiente. O odor emitido pelos resíduos trata-se de grande problema causando náuseas à população do entorno. A poeira provoca problemas respiratórios e a questão estética também é bastante questionada (CAMPOS, 2012).

Outra grande questão é a disposição de resíduos químicos no lixo comum, como pilhas, baterias, óleos e graxas, remédios dentre outros. Esse tipo de resíduo é prejudicial à saúde da população e ao meio ambiente, pois pode contaminar o solo e a água, e os agentes biológicos encontrados nos resíduos são transmissores de diversas doenças.

No Brasil mais de 70% do lixo é despejado em locais inadequados, e somente 27,7% dos municípios destinam os resíduos adequadamente. As cidades de menor porte não possuem quantidade de pessoal suficiente para tratar das questões relacionadas ao meio ambiente, e muitas vezes não contratam técnicos especializados nesta área, tornando mais difícil o gerenciamento de resíduos. Esses fatores associados a falta de captação de recursos financeiros e a falta de prioridade para o setor de saneamento favorecem à má gestão (MATOS; DIAS, 2011).

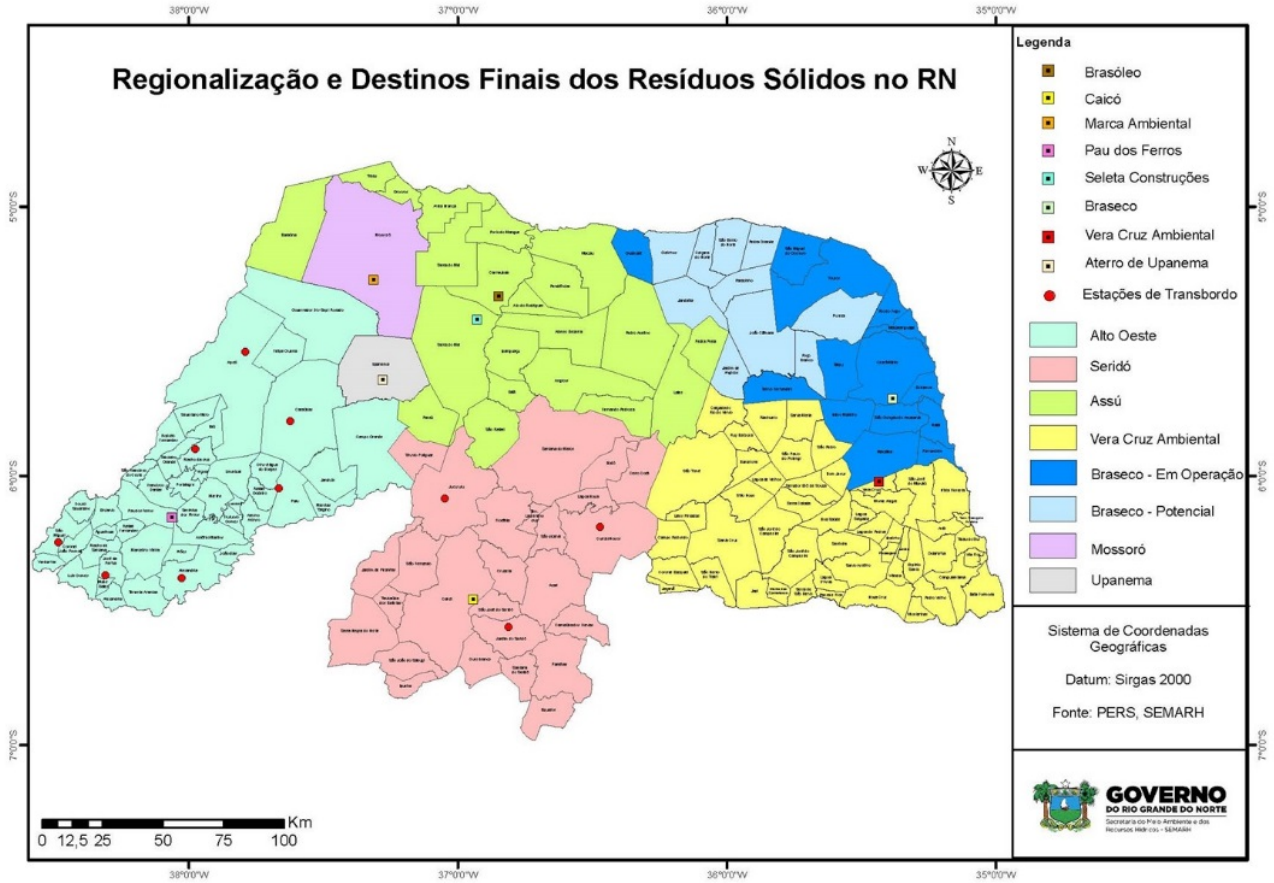
A sociedade atual caracteriza-se por criar “necessidades” de consumo, e a todo momento são estimuladas pela mídia, que instiga a população a consumir cada vez mais, como se a sensação de felicidade estivesse ligada à posse de um produto. Historicamente falando, o acúmulo de riqueza tornou-se essencial para

a sociedade em meados do século XVIII durante a revolução industrial (GODECKE, 2012).

O aumento do consumo e outros fatores acarretou impactos ambientais irreversíveis, ocasionando a perda de boa parte da biodiversidade. O maior impacto provocado pelos resíduos sólidos urbanos é o grande volume gerado e sua destinação de forma inadequada, a consequência disso são as diversas doenças provocadas à população.

Ao considerar a urgência em buscar soluções possíveis para a gestão resíduos sólidos e para atender a legislação vigente, no estado do Rio Grande do Norte, a proposta desse gerenciamento é de ser realizado por regiões, via consócios municipais, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Mapa da Regionalização e Destinos Finais dos Resíduos Sólidos no RN.



Fonte: Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH, 2019

Na proposta de regionalização o município de Mossoró que já tem aterro sanitário em funcionamento se manteve sozinho. Todavia, o aterro sanitário já se encontra com a sua capacidade bastante comprometida sendo necessária a ampliação ou a construção de um novo aterro para os anos futuros.

Na cidade de Mossoró, de acordo com Ferreira (2012), 160 toneladas de lixo chegam ao aterro sanitário. Verificou-se que os resíduos apresentam grande quantidade de matéria orgânica e materiais recicláveis, atestando a ineficiência da coleta seletiva no município. Porém, apesar do lixo coletado pela gestão municipal ser destinado para o aterro, ainda há no município vários lixões. O antigo lixão das cajazeiras, por exemplo, ainda serve como depósito de lixo pelos moradores das proximidades, devendo salientar, portanto, que a matéria orgânica continua a agir no ambiente por vários anos, e observa-se nesse lixão a incidência de queimadas que podem causar problemas respiratórios. Mesmo diante dessa problemática, Mossoró é um dos poucos municípios no Estado que possui aterro sanitário, conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Mapa de Destinação Final dos Resíduos no Rio Grande do Norte.



Fonte: Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH, 2019

Com base no exposto é possível mencionar que a problemática dos gestão dos resíduos sólidos é de abrangência local e global, sendo necessário um processo de remediação para que o lixo depositado não venha a causar tantos danos ambientais e nem prejuízos à saúde humana, trata-se de uma problemática multidimensional e que atinge toda a população mundial, com isto ela requer uma atenção especial no seu entendimento, sendo preciso analisá-la de forma

transversal e dentro de uma visão sistêmica, tendo a bacia hidrográfica como referência.

O descarte incorreto de resíduos no ambiente provoca sérias consequências à saúde pública e ao meio ambiente. Como exemplo, pode-se citar a poluição de rios, riachos, córregos, canais e lagoas; a obstrução do passeio público devido ao acúmulo de sujeira; poluição visual, pois o acúmulo de sujeira forma um cenário desconfortável ao ambiente; contaminação do solo e do lençol freático, pois existem resíduos líquidos que percolam o solo; incidência de vetores transmissores de doenças; alagamentos e inundações em períodos de chuvas, pois o lixo entope as galerias de águas pluviais; diminuição da vida útil do aterro sanitário por receber materiais que podem ser reaproveitados; prejuízos ao turismo local; e aumento dos gastos públicos com limpeza urbana; e ainda a catação em áreas insalubres, nas ruas e nas áreas de disposição final (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, 2010).

Nos países ricos são geradas grandes quantidades de resíduos, no entanto existem melhores condições econômicas para o gerenciamento eficaz. Em países em desenvolvimento, com urbanização acelerada e sem planejamento, a gestão dos resíduos é deficitária, pois os custos são altos para implantação e os governos ainda não deram a efetiva prioridade para esses problemas. A consequência disso é a incidência de impactos ambientais citados acima (ANDRADE, 2011).

O principal problema causado pela disposição de resíduos no solo é a exposição humana a várias substâncias tóxicas, que se dispersam no solo e no ar contaminado, e percolam o solo. E mesmo após a desativação do lixão os compostos orgânicos continuam a degradar, por esse motivo área próximas aos lixões tem grande incidência de metais pesados e compostos orgânicos. Já no caso da incineração do lixo, a população fica mais sujeita aos danos devido à inalação dos gases poluídos provenientes de incineradores. E os trabalhadores de materiais recicláveis que trabalham em condições insalubres, muitas vezes sem equipamento de proteção, estão sujeitos a diversas doenças respiratórias, substâncias químicas e infecção por vírus (GOUVEIA, 2012).

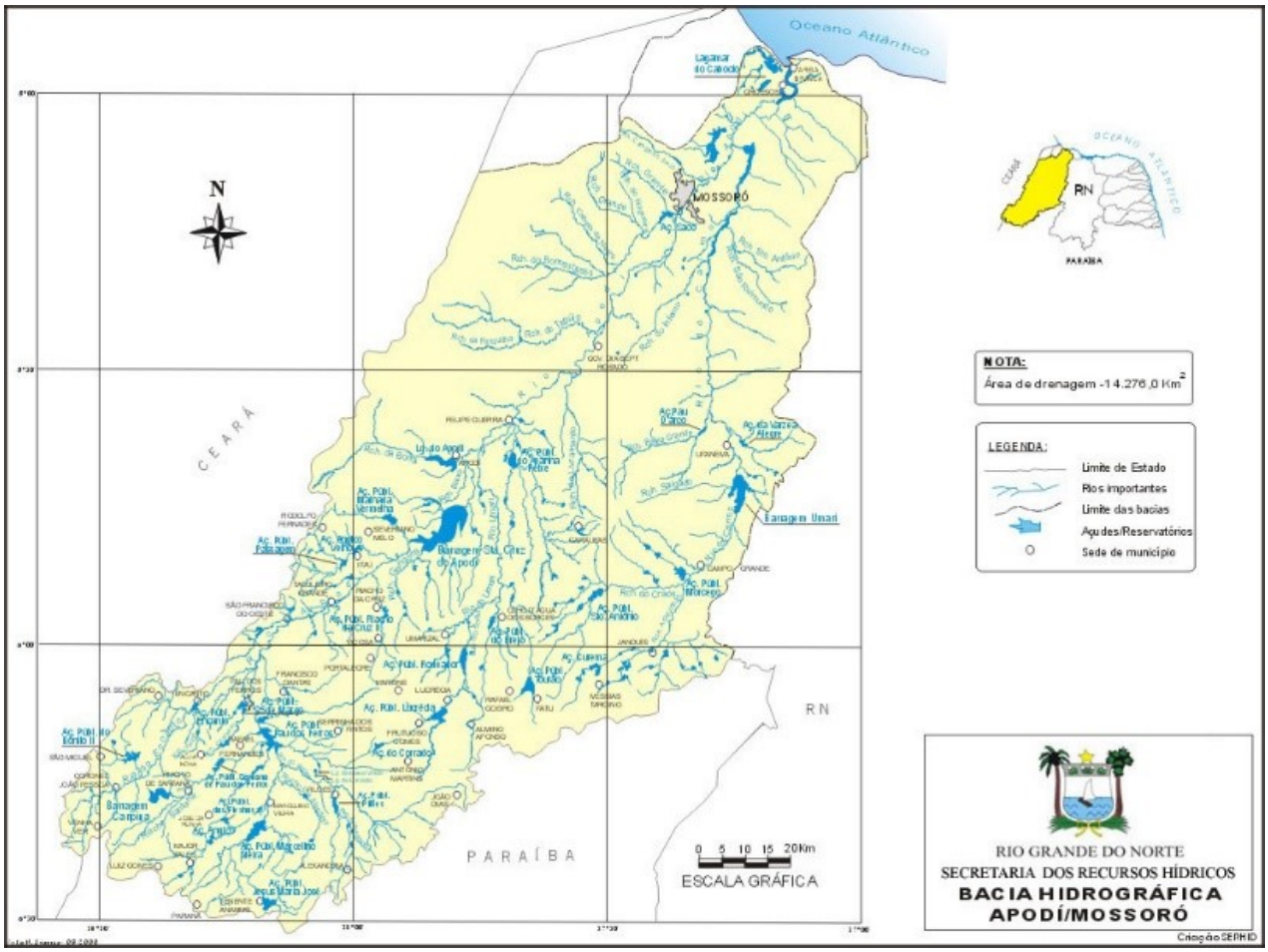
O desenvolvimento urbano e o crescimento desordenado da cidade de Mossoró de acordo com Petta et al. (2010) tem provocado diversos danos ambientais ao município, tendo em vista que não obedecem à capacidade do município de suportar esse desenvolvimento, prejudicando a bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. As maiores consequências identificadas pelo autores são: assoreamento do rio; contaminação das águas superficiais e subterrâneas; perda das vegetações nativas; e proliferação de doenças de veiculação hídrica.

Metodologia

A bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró, conforme Figura 3, ocupa uma superfície de 15.500 Km^2, e integra territórios de 51 municípios (CARVALHO, 2011), e constitui um dos mais importantes recursos hídricos da região oeste potiguar. Este rio nasce no município de Luiz Gomes, dentro de uma bacia cristalina, sendo caracterizado por ser um rio temporário, devido à estrutura geológica. À medida que o rio se aproxima do município de Governador Dix-Sept Rosado dá-se início a formação geológica sedimentar, caracterizando um ecossistema de caráter permanente, onde sofre um afunilamento formando um eixo principal, que se estende até a foz entre os municípios de Grossos e Areia Branca (OLIVEIRA JÚNIOR, 2009).

De acordo com este autor o rio Apodi/Mossoró pode ser dividido da seguinte forma: Curso superior – compreende a área de nascente no município de Luiz Gomes (montante do rio) em uma altitude em torno de 700 m, se estendendo até a barragem de Santa Cruz; Curso médio – inicia à jusante da barragem de Santa Cruz até a cidade de Mossoró; Curso inferior ou região estuarina dos municípios de Mossoró, Areia Branca e Grossos.

Figura 3 - Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, 2015.



Fonte: Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte – SEMARH (2015).

O rio Apodi/Mossoró corta diversas cidades da nascente a foz, dentre elas podemos destacar Pau dos Ferros, Apodi, Mossoró e Areia Branca.

O clima predominante é do tipo BSw'h' caracterizado por um clima quente e semiárido, segundo a classificação climática de Köppen, com duas estações bem definidas uma chuvosa e outra seca. No extremo sudoeste da bacia, correspondendo às suas nascentes, ocorre o tipo AW, caracterizado por um clima tropical chuvoso. Os índices pluviométricos variam entre 550 e 800 mm por ano. A geologia da região a partir de sua nascente caracteriza-se por pertencer ao escudo cristalino, e ao se aproximar do litoral existem as formações sedimentares, e a vegetação predominante é a caatinga (ROCHA et al., 2009).

A bacia do Apodi-Mossoró encontra-se bastante antropizada devido à urbanização crescente nas suas margens, e as principais atividades econômicas no seu entorno são: extração mineral, comércio, agricultura familiar, fruticultura irrigada, salinas e exploração de petróleo (PETTA et al., 2007), especialmente a cidade de Mossoró, pois é a maior cidade pertencente à bacia, tanto em extensão territorial como contingente populacional.

A pesquisa foi realizada utilizando-se das abordagens qualitativa e quantitativa. Inicialmente foi realizada uma visita a Secretaria de Serviços Urbanos do município de Mossoró para realização de uma entrevista com o responsável pela pasta, onde foi possível compreender como se dá o gerenciamento de resíduos sólidos no município.

O passo seguinte foi a visita de campo realizada no lixão desativado do município e aterro sanitário. In loco foram marcadas as coordenadas geográficas para avaliar a distância do lixão e do aterro com relação ao corpo hídrico, e verificar de que forma eles podem contribuir para o aumento da poluição do rio. Além disso, foram marcados pontos de lixões espalhados nas ruas do município, a fim de compreender por que ainda existem lixões em uma cidade onde há coleta periódica dos resíduos.

Além disso, foram consultados documentos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), SNIS (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento), ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), MMA (Ministério do Meio Ambiente) e ANA (Agência Nacional de Águas). Da prefeitura de Mossoró obteve-se o estudo referente à implantação do aterro do município elaborado em 2001, e o Plano de Saneamento Básico Setorial aprovado em 2012. Por fim, durante as visitas foram feitos os registros fotográficos do lixão desativado, pontos de lixões e aterro sanitário.

Para constituição dos mapas foram realizadas buscas por materiais geocartográficos e imagens de satélites. Na estruturação dos mapas de recursos hídricos e arquivos vetoriais foram utilizados dados da Secretaria do Meio

Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) do estado do Rio Grande do Norte, os dados que constituem os mapas de solo são da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Modelo Digital de Elevação foi do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e a direção dos ventos foram da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN).

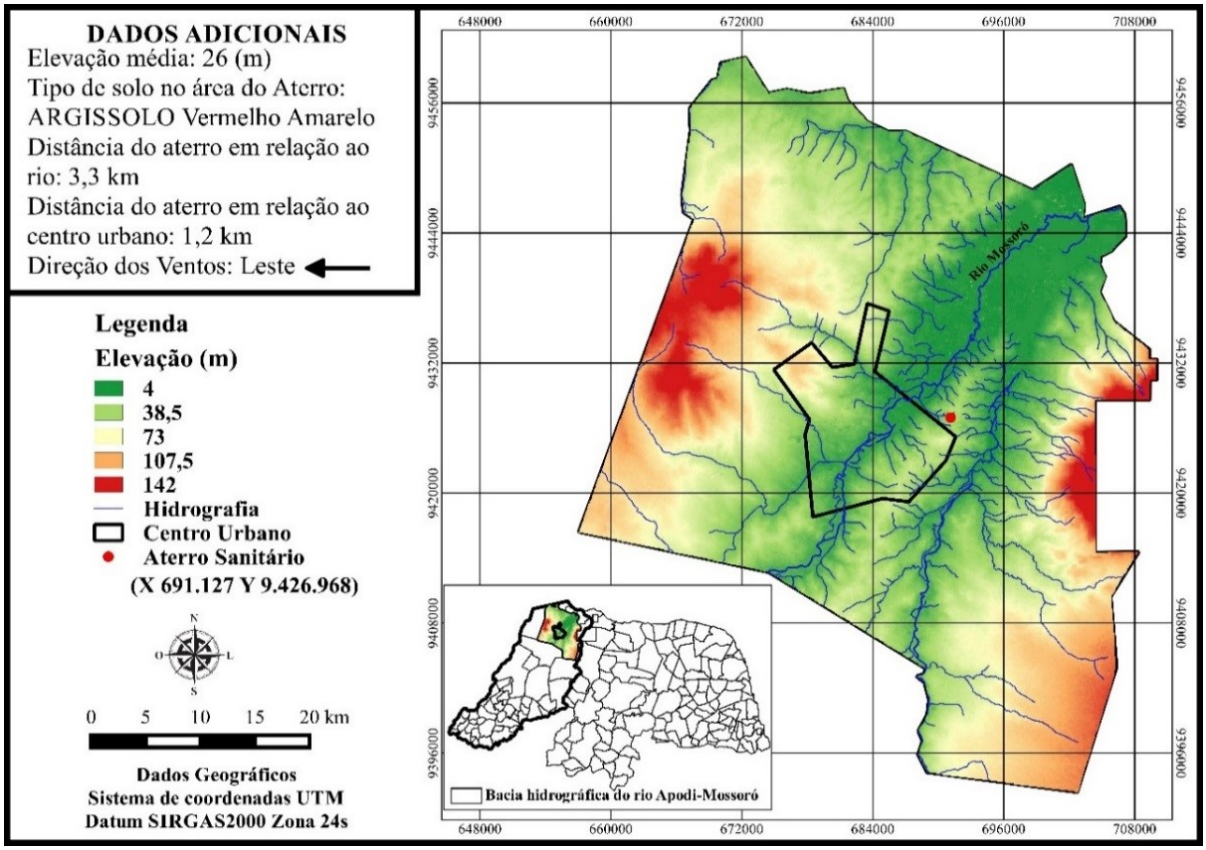
Diagnóstico da gestão de resíduos no município de Mossoró (RN)

De acordo com entrevista realizada com o responsável pela Secretaria de Serviços Urbanos do município, a população de Mossoró produz, em média, 0,6 kg de lixo/hab.dia. Existem uma média de 300 funcionários que trabalham diretamente na limpeza pública do município. São funcionários da empresa terceirizada e da própria prefeitura. O resíduo urbano é coletado em caminhões compactadores.

A Secretaria de Serviços Urbanos do município é a responsável pela gestão dos resíduos, no entanto é a empresa SANEPAV, a empresa terceirizada responsável pela coleta e gerenciamento dos resíduos.

Os resíduos da cidade de Mossoró são dispostos em aterro sanitário do próprio município, localizado às margens da BR 110, sentido à cidade de Areia Branca, Figura 4.

Figura 4 - Localização do aterro sanitário de Mossoró-RN, 2015.



Fonte: SEMARH (RN), 2015; INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial), 2015.

De acordo com a visita realizada ao aterro, os técnicos da SANEPAV informaram que este conta, atualmente, com 4 células finalizadas, perfazendo um total de mais de 100.000 m^3. No entanto, está sendo implantado uma segunda fase de elevação, que irá elevar 5,0 m em cada célula, e proporcionará o aumento da vida útil do aterro. Este deve operar até 2023.

Até o esgotamento da capacidade é prevista a implantação de 6 células. São depositados diariamente no aterro 150 toneladas de resíduos. O funcionamento é das 7:30h às 1:30h do dia seguinte, sendo duas equipes de trabalho. A área total do aterro é de 16 ha, e a área total de cada célula é de 70 m de largura por 140 m de comprimento nas 4 primeiras células.

O solo do aterro sanitário não é coberto com manta impermeável, pois de acordo com a SANEPAV, o IDEMA informou que não havia necessidade pelo fato do solo do local ser impermeável. De acordo com a figura 2, o aterro localiza-se a 3,3 km de distância do rio Apodi-Mossoró, e está a 26 m de altitude. Os ventos no município de Mossoró predominam no sentido Leste e Sudeste, conforme estudo realizado por (SOUSA et al., 2012).

Obteve-se junto à prefeitura de Mossoró o projeto para implantação do aterro sanitário desta cidade. Neste documento consta o seguinte: os estudos para implantação do aterro foram realizados em 8 (oito) áreas por meio de informações ambientais preliminares. Foram levantados dados sobre a localização, coordenada UTM, área, geomorfologia, geologia, hidrografia, vegetação, e perfis litológicos a partir da descrição de campo das áreas propostas para implantação do aterro. A área escolhida era uma área utilizada para destinação de resíduos de serviços de saúde do município, portanto já tinha um passivo ambiental. No entanto, tornou-se mais viável por ter fácil acesso, parte da área já pertencer ao município, boas condições ambientais (apesar da existência de um pequeno açude, o projeto de engenharia proporcionaria segurança ao aterro), e excelente terreno para implantação de um aterro, Figura 5.

Figura 5 - Aterro sanitário de Mossoró-RN, 2015.



Fonte: Lidiane Vieira (2015).

O mesmo estudo faz uma descrição da concepção do aterro, dimensionamento e características técnicas dos elementos do sistema. A estimativa é que o aterro opere por 15 anos a partir da data de implantação, ou seja, deve operar até 2023. Após a reforma, o técnico informou que aumentou a capacidade, assim será possível atender até 2023.

O município gasta, em média, 5% do orçamento anual. Esse valor corresponde a R$ 3.856.595,4 segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2010, gastos com atividade de limpeza. Neste município há o Plano de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos referente à gestão dos resíduos aprovada em 2012. Este estudo é subdividido em: Conceituação do Sistema de Limpeza Urbana; Diagnóstico da Situação do Sistema e seus Impactos; Objetivos e Metas do Programa; Projetos para Implementação do Programa e Ações para Emergências e Contingências; e por fim, Procedimento para Avaliação das Ações Programadas, sendo tudo com base no que dispõe a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Como medidas futuras da Secretaria de Serviços Urbanos, pretende-se implantar a logística reversa, fomentar a coleta seletiva e implantar parcerias público-privada (PPP´s), com vista a melhorar a prestação dos serviços.

A coleta de resíduos é realizada 2 a 3 vezes por semana, no entanto em áreas como o Corredor Cultural[3] e área central da cidade, essa coleta é realizada

[3] O corredor cultural no município de Mossoró corresponde a área central da cidade que dispõe de praças que expõe a história da cidade, praças para prática de esporte, Teatro Municipal, bares e onde se localiza a Estação das Artes, onde são realizados os eventos do município.

diariamente. A responsabilidade pela coleta, transporte e destinação dos resíduos é 95% da SANEPAV, e 5% da prefeitura de Mossoró que se responsabiliza pela coleta na zona rural. No entanto, percebe-se no município que há vários locais de disposição de resíduos, muitos deles localizados nas proximidades do rio Apodi-Mossoró, conforme Figura 6.

Figura 6 - Resíduos sólidos nas proximidades do rio Apodi-Mossoró, Mossoró (RN), 2015.



Fonte: Lidiane Vieira, 2015.

As maiores dificuldades encontradas para o gerenciamento de resíduos, de acordo com a prefeitura de Mossoró, são o entendimento e a educação ambiental da população, e a conscientização, de forma que a população como um todo não quer se responsabilizar pelo resíduo que produz.

Os resíduos industriais gerados no município não são de responsabilidade da prefeitura. As próprias indústrias são responsáveis pela correta destinação desses resíduos, conforme legislação.

Os resíduos dos serviços de saúde também são de responsabilidade dos geradores. Os hospitais locais contratam uma empresa responsável pela coleta desses resíduos que o destinam para um centro de incineração, localizado na cidade de Parnamirim (RN).

O resíduo domiciliar coletado na cidade de Mossoró não passa por qualquer tratamento ou triagem, portanto é diretamente depositado no aterro sanitário.

Além do aterro sanitário, a prefeitura do município deposita parte dos resíduos urbanos coletados em mais dois locais, sendo 1 localizado no bairro Rincão e o outro localizado na Estrada do óleo, conforme Figura 7.

Figura 7 - Resíduos sólidos em lixão a céu aberto, Mossoró (RN), 2015.



Fonte: Lidiane Vieira, 2015.

A prefeitura afirma que trata-se de um aterro de resíduos inertes, no entanto verificou-se durante a visita de campo que trata-se de um depósito de lixo à céu aberto, pois os resíduos são depositados diretamente sob o solo sem qualquer tratamento.

Os resíduos da cidade de Mossoró passaram a ser destinados para o aterro sanitário no ano de 2008. Antes era depositado em um lixão à céu aberto que se localiza nas cajazeiras, próximo às estações de tratamento de esgoto da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), conforme Figura 8. Este lixão após desativado não passou por qualquer processo de remediação.

Em visita ao local, verificou-se que ainda há deposição de resíduos domésticos no local, e principalmente resíduos da construção civil. As residências ficam um pouco afastadas do lixão desativado. Verificou-se também, que a área é um baixio, sendo, portanto, local de acúmulo de água em épocas de chuvas. A Secretaria de Serviços Urbanos também afirmou que existem planos para remediação do lixão, porém ainda não foi elaborado projeto e nenhuma forma de recuperação até o momento foi executada.

Figura 8 - lixão desativado de Mossoró-RN, 2015.



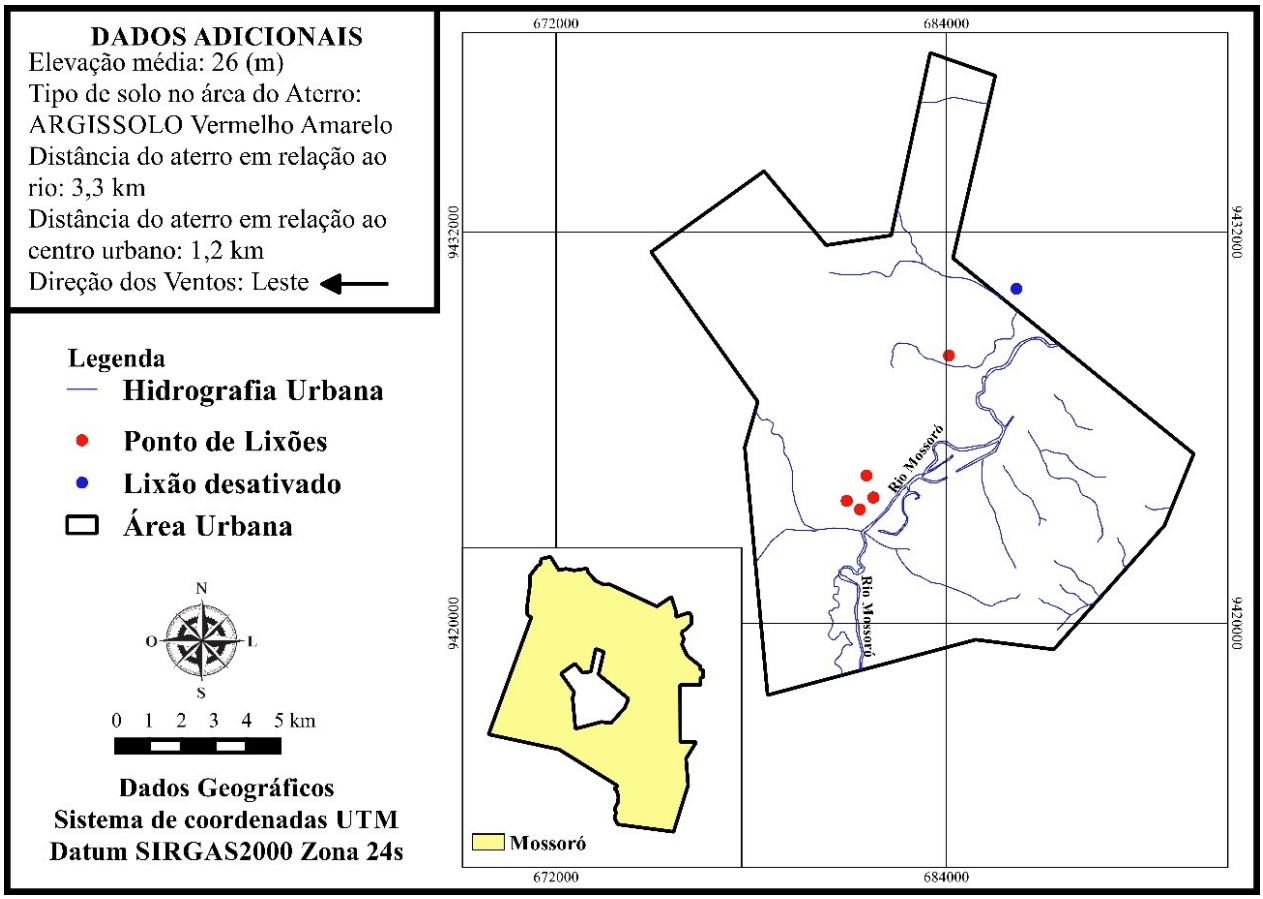
Fonte: Lidiane Vieira (2015).

O lixão desativado de Mossoró localiza-se a 1,2 km do rio Apodi-Mossoró, no entanto está em uma das áreas mais baixas da cidade, a 26 m acima do nível do mar, onde há cursos de drenagem, Figura 9. O solo do local é do tipo argissolo, e caracteriza-se por ser permeável. Nesta mesma imagem destaca-se, também, pontos de lixões dentro da zona urbana de Mossoró. Verificou-se uma maior concentração de lixões à céu aberto no bairro Belo Horizonte, que localiza-se às margens do rio Apodi-Mossoró. Há diversos outros pontos no município, no entanto esses apresentaram maior relevância neste estudo, devido à proximidade ao corpo hídrico.

Considerando os impactos ambientais causados pelo transporte de resíduos pela ação dos ventos, verificou-se que, de acordo com a predominância na direção dos ventos no município, que é de Leste e Sudeste, de acordo com estudo realizado por (SOUSA et al., 2009), os resíduos e os gases provenientes dos mesmos podem ser transportados no sentido das residências mais próximas.

Em trabalho realizado por Ferreira et al. (2012), verificou-se que é notório o descaso da comunidade no entorno do lixão, pois ainda continuam a depositar resíduos. As frequentes queimadas realizadas no local poluem o ar e ameaçam o lençol freático devido à infiltração do chorume. Também há no local criação de animais que se alimentam do lixo, e são destinados para o mercado consumidor da cidade.

Figura 9 - Localização do lixão desativado de Mossoró-RN e pontos de lixões no município, 2015.



Fonte: SEMARH – RN, 2015; INPE, 2015.

De acordo com Lima (2013), em seu estudo realizado no lixão desativado do bairro de Jangurussu em Fortaleza/CE, depois de 15 anos de desativação do lixão, este ainda provoca impactos negativos dos pontos de vista ambiental e social à população do entorno, como a incidência de doenças como diarreia, dengue, hepatite, meningite, dentre outras. Nas análises físicas, químicas e bacteriológicas realizadas no trecho do rio Cocó que fica próximo ao lixão, evidenciou-se que os parâmetros de oxigênio dissolvido, matéria orgânica, nutrientes, metais pesados e bactérias de origem fecal estão muito acima dos valores máximos permitidos pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 357).

Em estudo realizado por Samuel-Rosa et al. (2012) no antigo aterro da Caturrita, localizado no município de Santa Maria - RS, verificou-se que devido à ineficiência do sistema de coleta de chorume, o corpo receptor dos efluentes está sofrendo a introdução de contaminantes ainda antes de entrar em contato com os efluentes do sistema de tratamento de chorume. Verificou-se que devem ser lançados anualmente no corpo receptor quantidade de carbono orgânico solúvel, fósforo, nitrogênio, sódio, potássio, cálcio e ferro da ordem de 1,0 Mg/ano. Como

não há remediação ou monitoramento da área, conclui-se que daqui a 30 anos ainda sejam lançados 14,5Mg de carbono orgânico solúvel, nitrogênio, sódio, potássio, cálcio e ferro.

O município de Mossoró dispõe de coleta seletiva implantada com 2 associações, sendo Associação Comunitária Reciclando para a Vida (ACREVI), e Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Mossoró (ASCAMAREM). A prefeitura arca com as despesas de transporte, aluguel, água, energia, combustível e fardamento.

A prefeitura afirmou que a coleta seletiva atingia 50% do município de acordo com trabalho realizado por Vieira (2013), porém atualmente a Secretaria de Serviços Urbanos afirma que esse dado chega a 24% do município, se considerar a quantidade de ruas que são percorridas pelo caminhão da coleta, e os diretores responsáveis pela ASCAMAREM e ACREVI afirmam que esse percentual chega, no máximo, a 30%, todavia esse percentual está comprometido devido ao corte de recursos por parte da prefeitura local.

A renda média dos catadores dessas associações varia, sendo uma média de R$ 800,00/mês na ASCAMAREM, e R$ 200,00/mês na ACREVI. O gestor municipal afirma que essa diferença de valores se deve a forma como as associações são gerenciadas. Porém, a diretora da ACREVI afirma que faltam recursos por parte do município, provavelmente por questões políticas.

As duas associações coletam papel, papelão, plástico, vidro e metal. A ASCAMAREM ainda coleta cobre, bateria e alumínio. No ano das 2014 as duas associações coletaram uma média de 567.000 kg de papel/papelão; 185.000 kg de plástico; 106.000 kg de vidro; e 33.000 kg de metais.

No entanto, no trabalho de Ferreira et al. (2012) observou-se que há um desperdício de resíduos passíveis de reciclagem que são depositados tanto no lixão como destinados para o aterro sanitário, evidencia-se, portanto, a ineficácia dos programas de coleta seletiva.

Por fim, é possível aferir que incentivar programas e projetos de educação ambiental no município poderá ser um caminho para contribuir positivamente com o sucesso da coleta seletiva municipal, realizada pelas associações que atuam no município.

Considerações finais

O município de Mossoró tem procurado atender as exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos, no entanto ainda há muito a ser feito para que se alcance os objetivos propostos pela política.

Diante disso, recomenda-se planejar e executar a remediação do antigo lixão do município no intuito de minimizar os impactos advindos dos lixões mesmo após

a desativação, e evitar que continue sendo utilizado para deposição de resíduos, e consequentemente evitar maiores danos à bacia hidrográfica.

Recomenda-se, ainda a desativação do lixão à céu aberto utilizado para deposição de resíduos inertes, transferência desse resíduo para um aterro sanitário e remediação do local.

Faz-se necessário a implantação de uma educação ambiental mais eficiente por parte do município, com vista a evitar que a população continue a despejar seus resíduos nas vias públicas, e nas margens do rio para evitar maior contaminação do corpo hídrico.

Por fim, é importante que o poder público amplie a coleta seletiva e forneça mais recursos, como forma de minimizar a quantidade de resíduos que são enviadas para o aterro sanitário, e promover a salubridade ambiental por meio do reaproveitamento dos resíduos sólidos.

Referências

ANDRADE, R. M. DE, FERREIRA, J. A. A Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil frente às questões da globalização. Revista Eletrônica do Prodema, Fortaleza, v. 6, n.1, p. 7-22. Mar 2011.

BRASIL (2007). Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, 2007. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445. htm>. Acesso em: 05 jun. 2015.

BRASIL (2010). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.leidireto.com.br/lei-12305.html>acesso em: 05 jun. 2015.

CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. Análise de sistemas ambientais aplicada ao planejamento: estudo em macro e mesoescala na região da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2011. 269p.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 17, n. 2, p. 171–180. 2012. Disponível em:< http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522012000200006>. Acesso em: 20 set. 2015.

FEDERAÇÃO GOIANA DE MUNICÍPIOS – FGM. Acesso em:<http:// http://fgm-go.org.br/noticias/areas-tecnicas/meio-ambiente-areas-tecnicas/senado-aprova-prorrogacao-do-prazo-para-extincao-de-lixoes/>. Acesso em: 20 out. 2015.

FERREIRA, A. R., CAMACHO, R. G. V, NETO, A. Q. A. Avaliação e Diagnóstico Ambiental dos Resíduos Sólidos Gerados no Município de Mossoró/RN. Geotemas, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v. 2, p. 55 – 67, Jul/Dez 2012. Disponível em:< http://periodicos.uern.br/index.php/geotemas/article/view/259>. Acesso em: 01 dez 2015.

GODECKE, M. V., NAIME, R. H., & FIGUEIREDO, J. A. S. O Consumismo e a Geração de Resíduos Sólidos Urbanos No Brasil. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 8(8), 1700–1712. 2012.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Faculdade de medicina, USP. 2012.

LIMA, C. R. G. de. Análise socioambiental da área do lixão de Jangurussu (Fortaleza-CE) e os impactos na comunidade do entorno. Tese (Doutorado). 2013. 155p. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2013

MASSUKADO, L. Sistema de Apoio à Decisão: avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares. Disponível em: <http://www.bdtd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/processaArquivo.php?codArquivo=301>. 2004.

MATOS, F., & DIAS, R. A Gestão de Resíduos Sólidos e a Formação dos Consórcios Intermunicipais, 4(3), pp. 501-519, 2011.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (2010). Resíduos sólidos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>. Acesso: 12 abr. 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. T. DE. Bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró: macro-invertebrados como bioindicadores e a percepção ambiental dos pescadores e marisqueiras do seu entorno. 2009. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

PETTA, R. A., GOMES, R. C., ERASMI, S., CAMPOS, T. F. C., NASCIMENTO, P. S. R. Análise da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró no contexto de alterações ambientais e socioeconômicas ligadas à exploração do petróleo. In. 4º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás. Resumos... Campinas, SP, Brasil. Out. 2007. Disponível em:< http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4PDPETRO_6_2_0289-2.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2015.

PETTA, R. A.; MELO, A. C. de; NASCIMENTO, P. S. R. Subsídio à Gestão Ambiental do Rio Apodi-Mossoró na Área Urbana de Mossoró-RN. Geografia, Londrina – PR, v. 19, n. 2, 2010. Disponível em:< http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/>. Acesso em: 16 nov. 2015.

ROCHA, A. B. da; BACCARO, C. A. D.; SILVA, P. C. M. da; CAMACHO, R. G. V. Mapeamento geomorfológico da bacia do Apodi-Mossoró, (RN) - NE do Brasil. Mercator - Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, v. 8, n. 16, p. 201-216, 2009. Disponível em:< http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewArticle/242>. Acesso em: 02 ago. 2015.

SAMUEL-ROSA, A., DALMOLIN, R. S. D., COPETTI, A. C. C. A poluição causada por aterros de resíduos sólidos urbanos sobre os recursos hídricos. Ciência e Natura, v. 107, n. 118, 2012. Disponível em:< http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/article/view/9357/0>. Acesso em: 02 jun. 2015.

SEIDEL, J. M. Um problema urbano – gerenciamento de resíduos sólidos e as mudanças ambientais globais. V Encontro Nacional da ANPPAS, Florianópolis – SC – Brasil, 2010. Disponível em:< http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT11-294-209-20100830220743.pdf>. Acesso em: 08 set. 2015.

SOUZA, A. C. M.; SILVA, M. R. F. da; DIAS, N. S. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). Irriga, Botucatu - SP, v. 1, n. 1, p. 280-296, 2012. Disponível em:< http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/453>. Acesso em: 15 jan. 2016.

VIEIRA, L. A. Diagnóstico do saneamento ambiental no município de Mossoró-RN. 2013.55p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró-RN, 2013.

WALDMAN, Mauricio. Lixo – Cenários e Desafios. São Paulo, 2010.

CAPÍTULO 16

O COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI-MOSSORÓ: CRIAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E FORTALECIMENTO

Ramiro Gustavo Valera Camacho
Rodrigo Guimarães de Carvalho
Suzaneide Ferreira da Silva Menezes
Geraldo Braz Silva Santos
Ruan Otávio Teixeira
Márcia Egina Câmara Dantas

Introdução

Os comitês de bacias hidrográficas (CBHs) são organismos criados com a finalidade de possibilitar a participação social na gestão da água, considerando como área de ação as bacias hidrográficas brasileiras. A necessidade de uma gestão participativa e descentralizada das águas brasileiras foi fortalecida a partir da Lei federal 9.433/1997 que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), onde consta que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), sendo que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades. Com relação as competências dos CBHs, a PNRH estabelece que:

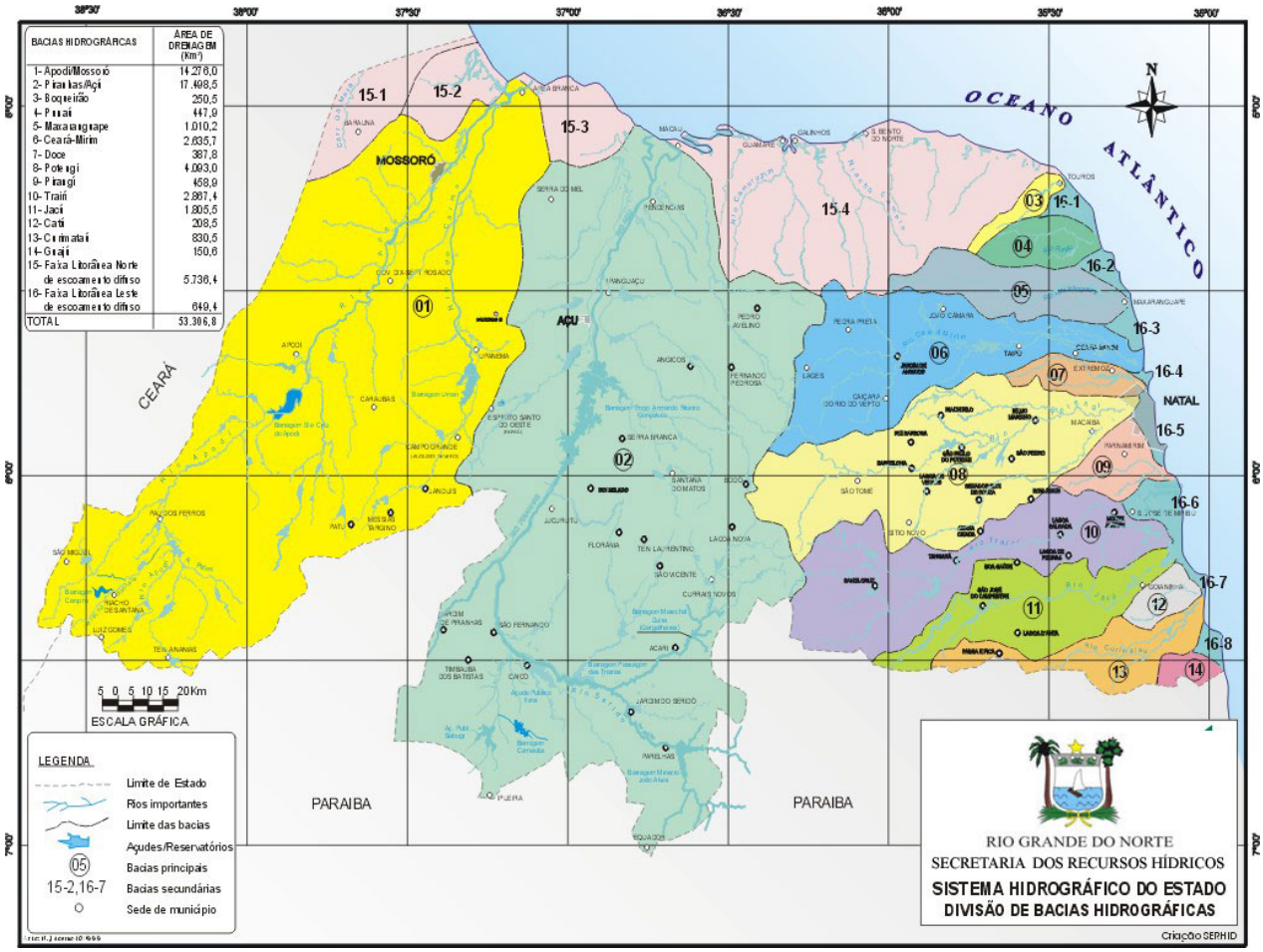
> Art. 38. Compete aos Comitês de Bacia Hidrográfica, no âmbito de sua área de atuação:
> I - promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes;
> II - arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos;
> III - aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia;
> IV - acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;
> V - propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com os domínios destes;
> VI - estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados;
> VII - (VETADO)
> VIII - (VETADO)
> IX - estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.
> Parágrafo único. Das decisões dos Comitês de Bacia Hidrográfica caberá recurso ao Conselho Nacional ou aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com sua esfera de competência. (BRASIL, 1997).

Portanto, diante da importância dos CBHs na implementação da PNRH, garantindo uma gestão participativa e descentralizada das águas, os estados da federação devem trabalhar para a criação, instalação e fortalecimento dos CBHs nas bacias hidrográficas de domínio estadual. No Rio Grande do Norte, existem 14 bacias hidrográficas e 2 áreas de escoamento difuso na faixa litorânea, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Percebe-se que existe uma diferença notável em relação ao tamanho das bacias hidrográficas e, evidentemente, existem muitas diferenças sociais, econômicas e ambientais, fazendo com que cada bacia seja única e mereça ser estudada, analisada e gerida de acordo com suas particularidades de oferta e demanda de água.

Até o ano de 2020, o Rio Grande do Norte possuía 3 CBHs estaduais em funcionamento, o CBH do rio Pitimbu, o CBH do rio Ceará-Mirim e o CBH do rio Apodi-Mossoró. Ainda existe o CBH do rio Potengi que foi aprovado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (CONERH), mas que ainda não foi instalado, e o CBH Piancó-Piranhas-Açu que se encontra em funcionamento na esfera federal. Destaca-se a importância da instalação em 2013 do CBH do rio Apodi-Mossoró, pois está vinculado a maior bacia hidrográfica genuinamente estadual com uma área de 14.276 km^2, abrangendo 52 municípios e uma população estimada que já ultrapassa os 700 mil habitantes (IBGE, 2020).

Figura 1 – Bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte.



Fonte: SEMARH, 2020.

A bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (BHRAM) possui uma diversidade de atividades econômicas como, por exemplo, a extração de petróleo, a produção de sal marinho, a fruticultura irrigada, a agricultura familiar e a produção de cimento. Outro fator de destaque é que será uma das bacias receptoras das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), o que deverá promover mudanças significativas na exploração de recursos naturais e no aumento do tensionamento em relação aos conflitos territoriais e de acesso a água. Até 2020, a BHRAM não conta com o Plano de Recursos Hídricos (PRH) e nem com o Enquadramento dos Corpos D'água, instrumentos básicos de planejamento. Também não há cobrança pelo uso da água bruta, o que compromete a condição operacional do CBH Apodi-Mossoró.

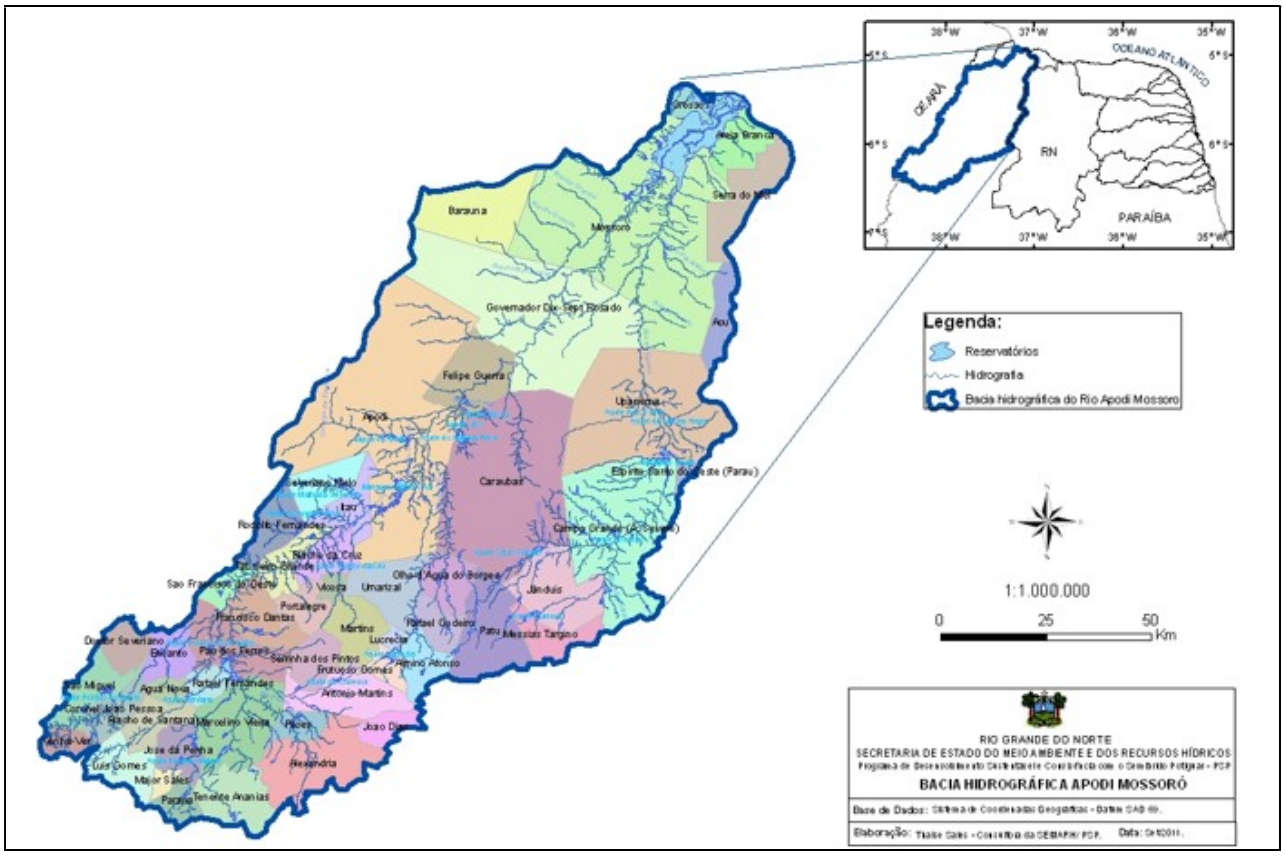
Diante de tantos desafios para a gestão de uma bacia hidrográfica no semiárido brasileiro, este capítulo visa registrar todo o processo de criação e funcionamento do CBH Apodi-Mossoró, destacando desde o período de mobilização para a formação do comitê, seu funcionamento, os desafios operacionais, os conflitos em relação ao uso da água e os resultados alcançados

em termos de mediação, proposição, alocação negociada, educação ambiental, mobilização e capacitação.

O processo de mobilização e criação do CBH Apodi-Mossoró

Entender o processo de mobilização desenvolvido para a instalação do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (CBHAM), requer o resgate de alguns acontecimentos que viabilizaram a inserção da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) no processo seletivo promovido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos (SEMARH), através do Termo de Referência (TR) que consolida o pacto entre a SEMARH e a FUERN por meio do Centro de Estudos e Pesquisa do Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional do Semiárido (CEMAD) e Pró-Reitoria de Extensão (PROEX), oportunidade onde a explanação do diagnóstico realizado pela UERN sobre a bacia do rio Apodi-Mossoró (Figura 2) convenceu os membros do Conselho Estadual dos Recursos Hídricos (CONERH) sobre a urgente necessidade de criação do CBH.

Figura 2 – Bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN.



A proposta intitulada “Serviços de mobilização social com vistas à implantação do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró (CBH), estado do Rio Grande do Norte”, concorreu na Modalidade Shopping Nacional, Acordo de Empréstimo nº. 7.488 – BR (Banco Mundial), edital nº. 001/2012/SEMARH/PSP, em edital aberto a ampla concorrência.

Após a fase seletiva, passou-se a efetivar algumas estratégias metodológicas em que o planejamento participativo se constituiu em uma função político-administrativa de gestão do projeto, o qual foi estruturado a partir de algumas medidas socializadoras de conhecimentos e práticas, buscando o diálogo entre saberes a partir da perspectiva interdisciplinar, cujo contexto gerou o sentimento de pertencimento, compromisso e responsabilidade para a efetividade do projeto. Todavia, esta não se limitou apenas ao cumprimento de metas, mas a compreensão de que, além dos objetivos do projeto, estava-se atuando com pessoas, as quais são imprescindíveis para a concretização da instalação do CBH do rio Apodi-Mossoró, cujo percurso compreende 52 municípios, situados entre a nascente, médio curso e foz. Os três principais componentes membros do CBHAM poderiam ser:

- Usuários de água (40% dos representantes): setores de irrigação, piscicultura, indústria, mineração, abastecimento público e turismo que captem água em açudes, rios ou poços.
- Sociedade Civil (30% dos representantes): com atuação na bacia, representado por ONGs de defesa de interesses difusos e coletivos da sociedade, organizações técnicas de ensino e pesquisa com interesse na área de recursos hídricos.
- Poder público (30% dos representantes): representantes de instituições das esferas municipais, estaduais e federais.

Frente ao exposto, compreende-se que a mobilização foi essencial para a implantação e manutenção do fórum de discussão deliberativo, voluntário e de uma significativa importância política de gestão de recursos hídricos, assim como o seu monitoramento e uso responsável. Daí, a importância deste trabalho de mobilização e de diagnóstico no percurso que interliga os 52 municípios componentes da bacia hidrográfica, que, conforme mencionado anteriormente, requereu a instalação deste comitê, de forma participativa e paritária.

As ações e procedimentos que foram desenvolvidos pela equipe de mobilizadores podem ser divididas nas seguintes etapas: 1. Mobilização social para constituição do CBH e preparação de relatórios de atividades de mobilização; 2. Realização de encontros regionais de mobilização; 3. Mobilização social para inscrição ao processo eleitoral do CBH Apodi-Mossoró; 4. Realização de reuniões plenárias; 5. Realização de assembleia geral de instalação e posse dos membros e eleição da diretoria do comitê da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró; 6. Realização de oficina de planejamento das atividades do comitê. (Figura 3).

Figura 3 – Imagens das diferentes etapas da mobilização para a instalação do CBHAM.



Fonte: http://cbhdorioapodimossoro.blogspot.com

Gestão participativa das águas: os trabalhos desenvolvidos no CBHAM entre 2013 e 2016

Sobral (2011) afirma que os comitês de bacias hidrográficas se caracterizam como fóruns de decisão no espaço da bacia e agem como "parlamentos das águas da bacia". Dulac e Cruz (2015) corroboram com isso e apontam que em se tratando da tomada de decisões de gestão das águas, os Comitês de Bacia Hidrográfica funcionam como um espaço político de integração, articulando usuários, população e poder público.

Desde a promulgação da lei das águas houve um aumento considerável no número de Comitês de Bacias Hidrográficas estaduais no território nacional. No ano de 1997 existiam apenas 29 comitês estaduais. Esse número subiu para 206 CBHs instalados no ano de 2015, abrangendo 35,94% do território nacional. Os comitês interestaduais são bem menos expressivos, contabilizando apenas 9, considerando os que estão instalados e em funcionamento (ANA, 2016). Assim, ao longo dos anos esse espaço vem se consolidando e garantindo a gestão da água de forma democrática e participativa, principalmente nos rios de domínio dos estados.

No Rio Grande do Norte a lei estadual de recursos hídricos antecedeu a lei nacional, sendo promulgada em 1996, e os comitês já foram previstos na política estadual como integrantes do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGERH (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, 1996). Segundo Marím et al. (2016), o estado conta com 63% do território do Rio Grande do Norte condicionado a atuação de comitês de bacias hidrográficas, com 3 comitês Estaduais e 1 comitê interestadual.

A bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, localizada na região Oeste do Rio Grande do Norte, possui um comitê de bacia formalmente criado desde o ano de 2010 por meio do decreto governamental nº 21.881/2010 (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, 2010). Apesar de sua criação ter ocorrido no referido ano, sua instalação ocorreu apenas em 2013, com a eleição da primeira diretoria no dia 22 de fevereiro 2013. O funcionamento até a primeira eleição ocorreu por meio de uma diretoria provisória, que atuou na estruturação até a efetiva posse dos membros. O comitê é estruturado pelo seu regimento interno e conta com uma diretoria executiva, plenário e câmaras técnicas. A diretoria executiva é formada por um Presidente, um vice-presidente e um secretário executivo, que são eleitos nas plenárias. Ao longo da bacia as diversas atividades econômicas demandam água e o comitê assume um papel importante na resolução dos conflitos.

Esse passo foi bastante importante para o gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que na região semiárida as questões sobre uso e conservação da água se tornam ainda mais relevantes pela escassez natural. Kemerich et al (2016) apontam que o êxito da política das águas está, de certa maneira, interligado ao êxito de funcionamento do comitê de bacia hidrográfica, pois estes desempenham um papel estratégico, possuindo potencial de sintetizar as diretrizes da política nacional de recursos hídricos.

O comitê da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró se constitui como um importante espaço na bacia no tocante a resolução de conflitos e tomada de decisão no que concerne aos recursos hídricos. Os conflitos ocorrem em função dos diferentes interesses que existem sobre os recursos hídricos, envolvendo o abastecimento humano, a irrigação, a pesca e a indústria.

O período de funcionamento 2013 – 2016 do CBHAM foi estudado por Santos (2017) que teve como objetivo geral avaliar a gestão participativa dos recursos hídricos na BHRAM a partir do trabalho desenvolvido pelo CBHAM. Os objetivos específicos foram: i) classificar as ações prioritárias do comitê de bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró; ii) levantar o perfil dos integrantes do Comitê de bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró; iii) investigar a percepção dos membros do Comitê sobre os aspectos relativos à participação e gestão da água na bacia.

O CBHRAM é composto por 30 membros titulares, com 40% sendo compostos por representantes dos usuários, 30% por representantes da sociedade civil e 30% por representantes do poder público. O segmento mais heterogêneo é dos usuários, com representantes da aquicultura, pesca, indústria, mineração, irrigação e uso agropecuário. O poder público é representado por órgãos federais, estaduais e municipais. Já a sociedade civil é representada por meio de instituições de Ensino e Pesquisa, além de ONGs (Quadro 1).

Quadro 1 - Entidades titulares no CBHRAM em 2016.

Segmento	Entidades Titulares
UNIÃO	DNOCS
	IBAMA
ESTADO	SEMARH
	IGARN
MUNICÍPIOS	Mossoró
	Apodi
	Umarizal
	Pau dos Ferros
	Luiz Gomes
SOCIEDADE CIVIL	UERN
	IFRN
	DIACONIA
	COOPERVIDA
	Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Apodi
	CODESAOP
	Conselho Comunitário de Ponta do Mel
	Associação de Agricultores Familiares do Sítio Santa Cruz II
	Associação Comunitária Rural Abderramant
USUÁRIOS	CAERN
	SIESAL
	PETROBRAS
	NORSAL
	COEX
	Francisco Antônio Gama
	Antônio Kaédino da Costa Pinto
	Igor de Azevedo Arruda
	Josean Fábio dos Santos
	Colônia de Pescadores Z22 “pescador Gustavo Alves”
	Anaeel Alves Medeiros
	Colônia de Pescadores Z08 Areia Branca

Fonte: Fornecido pela Secretaria Executiva do CBHRAM, 2017.

A composição heterogênea dos usuários representa a diversidade de atividades econômicas distribuídas nos diversos trechos da bacia, como por exemplo, a extração do petróleo, produção de sal marinho, agricultura e fruticultura irrigada, pecuária extensiva e mineração de calcário (CARVALHO; KELTING; E SILVA, 2011; CARVALHO, 2012). Além dessas atividades, há uma população considerável na bacia, cuja estimativa para o ano de 2016 já ultrapassava os 700.000 habitantes (IBGE, 2017). O município de Assu não foi levado em conta pelo fato de seu território estar quase totalmente inserido em outra bacia. Esse cenário gera uma alta demanda por recursos hídricos e isso contrasta com a baixa disponibilidade hídrica na bacia, resultado tanto de fatores naturais, como baixa pluviometria e altos índices de evapotranspiração, como de fatores antrópicos, como a poluição e estrutura de armazenamento e distribuição insuficientes.

Segundo o IGARN (2015) há um total de 618 açudes cadastrados na bacia e isso equivale a um volume de 10,7% de potencial de armazenamento no estado. Os reservatórios com armazenamento superior a 5 milhões de m^2 são monitorados periodicamente. Na bacia do rio Apodi-Mossoró são 21 reservatórios monitorados e a situação que antecedeu o período chuvoso de 2017 se apresentou extremamente crítica, com apenas cinco reservatórios possuindo água, sendo quatro com volume abaixo de 20%, incluindo o maior reservatório da Bacia, a barragem de "Santa Cruz do Apodi". Apenas um reservatório possuía acima de 20% de disponibilidade hídrica, no entanto é um reservatório de pequeno porte (Tabela 1).

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica em reservatórios.

Reservatórios na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró com água disponível no início de 2017					
Reservatório	Município	Capacidade (m^3)	Volume em m^3	Volume em %	Data de medição
Santa Cruz do Apodi	Apodi	599.712.000	111.623.590	18,61	18/01/2017
Umari	Upanema	292.813.650	26.009.784	8,88%	19/01/2017
Rodeador	Umarizal	21.403.850	1.450.620	6,78%	18/01/2017
Morcego	Campo Grande	6.708.331	15.390	0,23%	19/01/2017
Encanto	Encanto	5.192.538	2.550.233	49,11%	18/01/2017

Fonte: Adaptado da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte – SEMARH, 2017.

Além da escassez natural, outros problemas decorrentes de origem antrópica estão afetando os recursos hídricos tanto na quantidade, como na qualidade. Se tratando de gerenciamento de resíduos sólidos na bacia, há diversos problemas ao longo do corpo hídrico decorrente principalmente da implantação de lixões e disposição inadequada próxima aos rios. Nos municípios de maior relevância

socioeconômica (Pau dos Ferros, Apodi, Mossoró e Areia Branca) há uma problemática muito grande nesse aspecto do saneamento, sendo Mossoró o único município que possui aterro sanitário. Mesmo assim há disposição inadequada de resíduos sólidos, muitas vezes próximos ao rio (SANTOS, 2016).

As águas ao longo da bacia apresentam problemas no tocante a qualidade, desde regiões próximas as nascentes, até a região estuarina. É atribuído a esta deterioração da qualidade da água, principalmente, o descarte de esgoto sem tratamento. Constantemente são identificados coliformes fecais nas amostras de água (CASTRO, 2015). Domingos et al. (2015) também aponta a dragagem, lançamento de resíduos sólidos e desmatamento de mata ciliar como atividades que influenciam na qualidade da água no município de Governador Dix-Sept Rosado. Inclusive, até o ano de 2008 já haviam sido desmatadas 37,8% das áreas ao longo da bacia (CARVALHO, 2012). Esse conjunto de fatores implica diretamente nos recursos hídricos, pois a vegetação tem um papel importante no controle da erosão e assoreamento, assim como o descarte descontrolado de efluentes pode ultrapassar a capacidade de autodepuração dos corpos d'água.

Aspectos metodológicos

Para o objetivo de identificar as ações prioritárias do CBHRAM foram lidas e sistematizadas as atas das reuniões, incluindo tanto atas das reuniões ordinárias, quanto das reuniões extraordinárias. O período de análise compreendeu o início de 2013 até o final de 2016. Foram lidas e analisadas um total de 17 atas, sendo 14 de reuniões ordinárias e três de reuniões extraordinárias. Todas as atas utilizadas neste estudo foram cedidas pela secretaria executiva do CBHAM.

A análise das atas consistiu na leitura e sistematização de acordo com os itens discutidos/deliberados. Para melhor compreensão, os encaminhamentos e deliberações receberam classificação e foram sistematizadas de acordo com o trabalho de Dulac et al. (2012), que se baseou na metodologia de Cury (2005). Essa classificação visa identificar os assuntos que predominam no comitê, indicando assim suas prioridades de atuação. Em razão das diferenças regionais e do CBH analisado, foram realizadas algumas adaptações na metodologia visando enquadrá-la melhor à realidade do objeto de estudo.

As deliberações aqui contabilizadas foram todas as votações, encaminhamentos e resoluções que ocorreram nas plenárias. Isso inclui desde votações para eleições de diretoria executiva, aprovação de calendários de reuniões, criação de grupos de trabalho, até os encaminhamentos enviados as entidades intervenientes na bacia hidrográfica.

O item "financeiro" e o item "eventos", que constam no trabalho de Dulac et al. (2012) foram removidos devido não ter sido observado deliberações que se

enquadravam nesse aspecto. Para melhor adaptar a metodologia ao cenário do CBHRAM, foi incluído o item articulação. Essa inclusão baseou-se na Política Nacional de Recursos Hídricos que, ao definir as atribuições do CBHs, impõe que estes devem, além de promover os debates relacionados aos recursos hídricos, articular a atuação das entidades intervenientes. Essa adaptação tornou-se necessária, visto que durante a leitura e análise das atas foram identificados que muitos encaminhamentos eram enviados aos órgãos que atuam na área da bacia, solicitando intervenções desde demandas de abastecimento, até mesmo ações de fiscalização. Além dessa inclusão, adaptaram-se alguns critérios do "aspecto avaliado" da deliberação no item administrativo, visando gerar maior transparência na contagem de alguns pontos que o comitê colocou em votação nas plenárias para que seus membros aprovassem e participassem das decisões.

A metodologia proposta por Dulac et al. (2012), com as devidas adaptações, pode ser observada na Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação das deliberações do CBHAM entre 2013 e 2016.

Deliberação	**Aspecto Avaliado**
Administrativo	Autorregulamentação administrativa, como mudanças de regimento interno, criação de Grupos de Trabalhos e Câmaras Técnicas, Eleições, definição de calendários e locais de reuniões.
Articulação	Encaminhamentos de correspondências e ofícios com solicitações destinados aos órgãos intervenientes na Bacia Hidrográfica. Neste item foram incluídas as demandas de resolução de problemas na bacia que estão além da atuação do CBH e estão mais sob responsabilidade de outros órgãos.
Normativo	Regulamentação regional de políticas de recursos hídricos. As deliberações que aqui se enquadram estão relacionadas aos instrumentos de gestão e outras demandas assumidas pelo comitê, como regulação de uso, interveniência do comitê em outros aspectos relacionados a política de recursos hídricos e correlatas.
Planos/Estudos e projetos	Estudo e confecção de planos e projetos para a bacia. Refere-se a aprovação quanto a intenção de realização de estudos e de caracterização e diagnóstico da bacia, bem como de indicações decorrentes destes estudos.

Fonte: Adaptada de Dulac et al. (2012) e Cury (2005).

Aplicando o mesmo método de análise e classificação das atas de comitês de bacia, Kemerich et al. (2015) ressalta a importância de considerar como deliberação não apenas os itens aprovados, mas também os assuntos discutidos mesmo sem aprovação, pois esta análise possibilita a identificação das decisões mais importantes no tocante as atribuições de um comitê. Essa abordagem foi utilizada neste trabalho, visando melhor identificar quais ações o comitê de bacia do Rio Apodi-Mossoró tem realizado.

Resultados

Durante o ciclo analisado – início de 2013 ao final de 2016 – houve um total de 54 deliberações no Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró. A divisão de deliberações no CBHRAM por item pode ser visualizada na Tabela 2.

Tabela 2 - Total de deliberações aprovadas por assunto no CBH Apodi-Mossoró de 2013 a 2016.

DELIBERAÇÃO	Número de deliberações	Porcentagem (%)
Articulação	19	35,19%
Administrativo	16	29,63%
Normativo	11	20,37%
Planos/Estudos e projetos	8	14,81%
Total	54	100%

Fonte: Autores, 2017.

De acordo com as atas analisadas e os critérios adotados para apontar o aspecto avaliado da deliberação, houve um maior número de deliberações do item articulação, totalizando 35,19% do número de deliberações. Isso reforça a atuação do comitê enquanto articulador de demandas da bacia com as entidades intervenientes, na maioria das vezes direcionada aos órgãos executivos. Os encaminhamentos e correspondências foram a diversos órgãos, das diferentes esferas administrativas, tanto estaduais, quanto da união.

Algumas deliberações a se destacar são: recomendações ao Ministério da Integração Nacional, DNOCS, SEMARH e IGARN sobre o projeto de irrigação da Chapada do Apodi; encaminhamentos ao Ministério da Integração Nacional sobre a instalação de adutora de engate rápido no Alto Oeste; correspondência a Capitânia dos Portos de Areia Branca sobre a regularização de atividades no estuário; correspondência ao IDIARN sobre providências no uso de agrotóxico no Açude Caldeirão em Coronel João Pessoa-RN. Essas deliberações geralmente incluem resolução de problemas que estão além daqueles que são da atribuição do Comitê de Bacia. Nesse sentido, Alvim e Ronca (2004) afirmam que o comitê não possui uma natureza executiva e isso implica na sua atuação, que fica mais voltada a recomendações que dependem muitas vezes da ação mais efetiva do Estado, da União ou dos municípios.

O segundo item com mais deliberações foi o administrativo, com 29,63% contabilizadas. Dulac et al. (2012) aponta que as deliberações administrativas do CBH indicam a busca por uma auto-organização contínua, visando se estruturar para atender as diversas demandas. Nesse aspecto, vale destacar a criação de grupos de trabalho, que foram dois: O GT enquadramento do rio Apodi Mossoró e o GT conflitos do aquífero Jandaíra. São passos importantes que estruturam grupos visando o aprofundamento no diagnóstico e caracterização da bacia,

possibilitando aplicar instrumentos da política de recursos hídricos e intermediar conflitos. As demais deliberações estão voltadas principalmente as eleições para escolha dos diretores executivos, definição de calendários de reuniões e os respectivos locais.

O item Normativo contabilizou 11 deliberações no total, que equivalem a 20,37% das deliberações. Apesar do baixo número de deliberações nesse aspecto, verificou-se que foram passos importantes, como por exemplo, aprovação do macro enquadramento do baixo curso do Rio Apodi-Mossoró para apreciação no Conselho Estadual dos Recursos Hídricos. Na área enquadrada ocorrem importantes atividades socioeconômicas da bacia, como, por exemplo, a salineira, e a aplicação desse instrumento permitirá um melhor controle no combate à poluição das águas, delimitando os padrões de lançamentos de efluentes, conforme determina a PNRH, Art. 9º, parágrafo II (BRASIL, 1997).

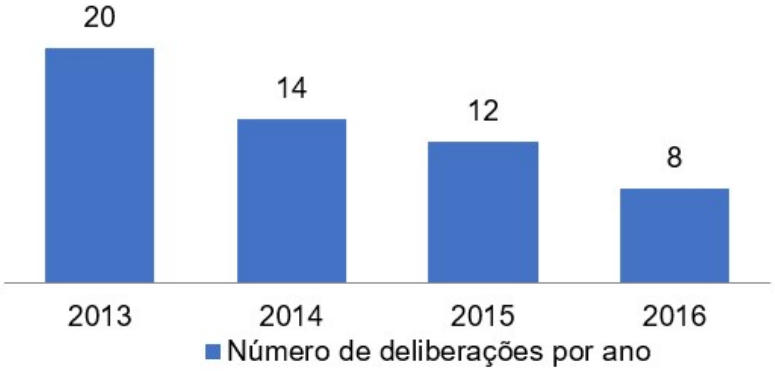
Além disso, o comitê também foi espaço para definir diminuição da vazão de barramentos de maneira participativa. Reforçando-o como "parlamento das águas", onde não há predominância somente do conhecimento técnico, mas envolvimento da sociedade na tomada de decisão. Um exemplo disso foi na barragem de Umari, no município de Upanema, onde ocorreu diminuição da vazão visando garantir uma maior disponibilidade hídrica no futuro. Outro exemplo nesse sentido foi o fechamento de comportas na BR 405 visando verificar a fluidez da água liberada pela Barragem de Santa Cruz do Apodi, no médio curso da bacia. Esses dois últimos exemplos retratam o cenário de conflito acentuado, podendo ser atribuído a isso a estiagem severa que vem atingindo a região. Mesmo correspondendo apenas a 20% das deliberações, isso retrata uma atuação mais efetiva do que em outros comitês, como no caso da Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim, onde o item normativo representou apenas 5,95% das deliberações e segundo os autores isso indica que o CBH em questão avança timidamente na regulamentação regional de políticas de recursos hídricos (KEMERICH et al, 2013).

O item Planos/Estudos e Projetos contabilizou 14,81% das deliberações. Uma deliberação bastante importante nesse item foram os estudos para caracterizar a área que abrangeria o macro enquadramento do baixo curso do rio Apodi-Mossoró, mais precisamente após a barragem de passagem de pedra, no município de Mossoró. Esse trecho do rio foi enquadrado como águas salinas, em virtude de toda essa área sofrer influência marinha.

Outros aspectos que merecem destaque foram as apresentações de projetos e infraestruturas na bacia, como exemplo da SEMARH, CAERN e DNOCs, com o projeto da barragem Umarizeira, os de abastecimento de água e esgotamento sanitário na bacia, saneamento no baixo curso com foco em Areia Branca e projeto de perímetro irrigado na chapada do Apodi.

Foi constatado que o número de deliberações foi alto no primeiro ano de atuação do comitê e isso foi declinando ao longo dos anos seguintes (Figura 4). Assim, apesar da média em torno de 13,5 deliberações ao ano, houve uma redução significativa na aprovação de deliberações ao decorrer dos anos, com os últimos dois anos apresentando um número de deliberações abaixo da média. Esse resultado difere do trabalho de Kemerich et al (2013), em pesquisa realizada no estado do Rio Grande do Sul na bacia hidrográfica dos rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim, em que nos 3 primeiros anos de atuação do CBH houve um crescimento no número de deliberações. Contudo, foi possível constatar casos semelhantes, como no comitê do Rio da Várzea, que também apresentou maior número de deliberações no primeiro ano de análise no estudo de Kemerich et al (2015), com 18 deliberações. Após o primeiro ano, no referido trabalho também houve uma redução no total de deliberações.

Figura 4 - Número de deliberações em cada ano no CBH Apodi-Mossoró.



Fonte: Autores, 2017.

Isso pode ser justificado por dois fatores: 1º) número de reuniões ocorridas, onde o ano de 2013 houve 5: 4 ordinárias e 1 extraordinária. Em 2014 houve 4 reuniões ordinárias; em 2015 houve 3 reuniões ordinárias e 1 extraordinária; Já no ano de 2016, ano com menor número de deliberações, só ocorreram 3 reuniões ordinárias e 1 extraordinária. 2º) O primeiro ano foi o de organização administrativa, onde em decorrência dos processos de estruturação do Comitê houve um maior número de deliberações, principalmente dos itens relativos à eleição de diretoria executiva, aprovação de regimento, criação de grupos de trabalho e definição de calendário de reuniões e locais de realização.

A gestão da água demonstra uma grande complexidade pelos diferentes interesses e por um uso interferir em outro. O Comitê de Bacia do Rio Apodi-Mossoró é um importante espaço para intermediar e garantir essa gestão. O comitê apresentou passos importantes nos anos iniciais. Apesar de o número de deliberações terem caído ao longo dos anos (2013 – 2016), percebe-se um grande esforço para resolver problemas pontuais na bacia, se articulando com diversos órgãos. Outro fator positivo é sua auto estruturação, com criação de

grupos de trabalho. Além disso, destaca-se a atuação do comitê em aspectos normativos, sendo espaço para regular vazão de reservatórios e propor implementação de instrumentos.

Período de 2017 – 2020: desafios para o fortalecimento e consolidação do CBHAM

A 1ª Reunião Ordinária do CBH Apodi-Mossoró foi em 22 de fevereiro de 2013 e, em 16 de dezembro de 2020, ocorreu a 31ª Reunião Ordinária, marcando um período de oito anos de atividades em favor do bem comum, da distribuição justa da água e do desenvolvimento sustentável da bacia do rio Apodi-Mossoró. Os primeiros quatro anos foram de aprendizado na gestão de recursos hídricos no tocante as suas competências estabelecidas na PNRH. Nesse período o comitê com suas reuniões itinerantes pôde conhecer a realidade dos municípios que compõe a bacia. Já nos últimos quatro anos, o comitê iniciou seu processo de consolidação elaborando o Plano de Comunicação, o Termo de Referência para o Plano de Recursos Hídricos, realizando e participando de três encontros estaduais de CBHs do RN, se articulando com outros comitês do Brasil por meio do Fórum Nacional de CBHs e fortalecendo o Fórum Potiguar de CBHs.

Apesar dos avanços, podem-se apontar os fatores limitadores para o fortalecimento dos comitês como, por exemplo, a cobrança pelo uso da água bruta que ainda não foi estabelecida no RN e a não operacionalização do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FERH). Conforme a Resolução nº 02/2003 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), a qual trata sobre a criação de comitês do Rio Grande do Norte, todo ano os presidentes de CBHs deveriam apresentar o plano de trabalho ao conselho que, aprovando o documento, os recursos provenientes do FERH deveriam ser liberados para subsidiar as atividades planejadas.

A mudança na perspectiva de fortalecimento do comitê, após os quatro anos iniciais de instalação, não esteve atrelada ao avanço na gestão dos recursos hídricos do estado considerando a operacionalização da cobrança pelo uso da água, enquadramento de corpos d'águas de acordo com os usos preponderantes, plano de bacia, ou operacionalização do FERH, mas ao aporte de recursos provenientes do Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas (PROCOMITÊS).

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) idealizou o PROCOMITÊS observando as fragilidades que havia nos comitês estaduais estruturando-o com seis componentes, sendo: funcionamento, capacitação, comunicação, cadastro de instâncias colegiadas no Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos - SINGERH, instrumentos e acompanhamento.

No contexto das fragilidades (Figura 5), constataram-se as dificuldades que os estados tinham em dar suporte aos seus respectivos comitês. Destaca-se, por exemplo, que no componente funcionamento, uns dos principais problemas envolviam a falta de quórum para realização das reuniões ordinárias conforme estabelecido no regimento interno entre outros aspectos inerentes aos componentes citados como organização de documentos, convocatórias realizadas no prazo correto, etc.

Figura 5 – Fragilidades e componentes do PROCOMITÊS.



Fonte: ANA, 2021.

Em 2016, no XVIII Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas (ENCOB) realizado em Salvador, a ANA fez o lançamento do PROCOMITÊS, sendo-a sua criação oficializada com a aprovação das resoluções 1.190/2016 e 1.595/2016 (ANA, 2016).

No mesmo ano o estado do Rio Grande do Norte (RN), Espírito Santo (ES) e Santa Catarina (SC) assinaram o contrato com a ANA para iniciar o PROCOMITÊS. No Rio Grande do Norte, essa assinatura ocorreu na sede da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) mediante a realização de uma oficina para aprovação do quadro de indicadores e metas com a presença de membros dos três comitês criados e instalados, conselheiros do CONERH e representantes da SEMARH e do Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) (Figura 6).

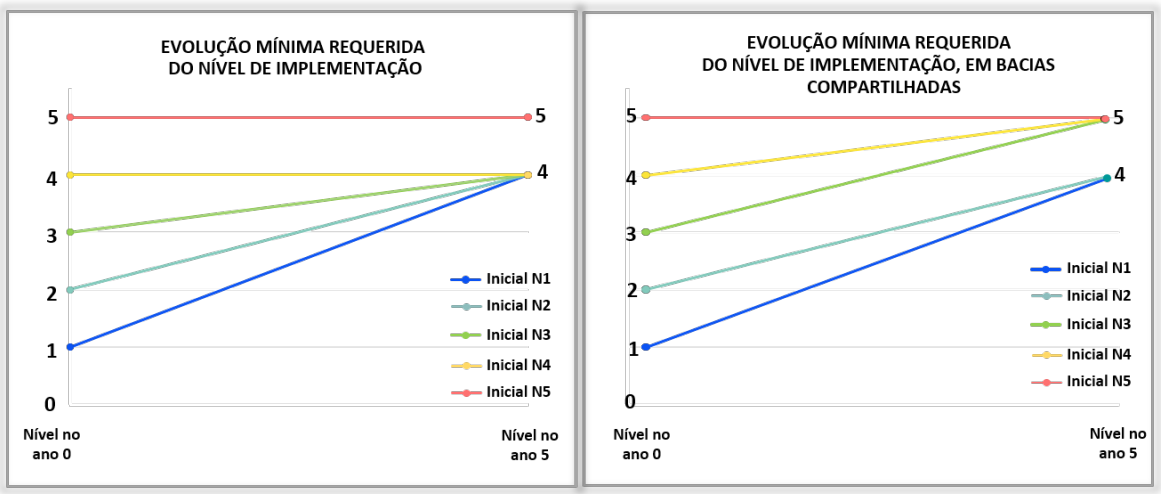
Figura 6 - Oficina do PROCOMITÊS em 2016.



Fonte: Acervo do CBHM, 2016.

Nessa oficina pôde-se constatar que os comitês do RN estavam classificados com o Nível 3 (N3), ou seja, comitês que apenas estavam instalados e realizando suas reuniões ordinárias conforme estabelecido no regimento interno. Ao final do contrato do programa de 05 anos, objetiva-se que os comitês de N3 alcancem o N4 (Figura 7) que corresponde a um comitê com as características de N3 e com o plano de bacia ou enquadramento de corpos d'água aprovado pelo colegiado.

Figura 7 – Evolução dos CBHs prevista no contrato do PROCOMITÊS.



Fonte: ANA, 2021.

No caso do RN, a lógica de funcionamento do PROCOMITÊS envolve o repasse de recursos aos comitês mediante o alcance das metas que foram acordadas na oficina para oficializar a assinatura do contrato. Esse repasse para o RN por meio da SEMARH corresponde a um valor de R$ 50.000,00 por ano, por comitê, caso as metas sejam atendidas em 100%.

Assinado o contrato, o ano de 2017 foi marcado como início da implementação do PROCOMITÊS no Rio Grande do Norte. No primeiro ano os comitês receberam o recurso denominado como enxoval, que correspondia ao valor citado, para poderem cumprir a meta estabelecida.

O repasse desse programa ocorre da ANA para SEMARH, visto que, os comitês não têm CNPJ. Em 2017, o enxoval deveria ter sido repassado em março, porém, em decorrência de algumas questões burocráticas o recurso foi depositado na conta da secretaria no segundo semestre e foi preciso esperar um período para pode utilizá-lo em decorrência de o estado ter que realizar a dotação orçamentaria.

Esse entrave prejudicou de certa forma a realização do processo eleitoral, visto que, no componente funcionamento existe o indicador "mandatos e processo eleitoral vigente". O estado, e especificamente a SEMARH, não tinha recurso para a realização de um processo eleitoral conforme ocorrido na instalação do CBHAM com uma boa mobilização para realização dos encontros regionais e consequentemente as plenárias setoriais. Mesmo sem poder utilizar o recurso, o comitê nesse período conseguiu realizar as atividades propostas e acordadas para o ano de 2017.

No dia 13 de dezembro de 2017, depois do processo eleitoral, tomaram posse os novos membros da gestão 2017-2021 e uma diretoria eleita com mandato de dois anos com possível recondução por igual período. O panorama atual de participantes no CBHAM pode ser visto na Quadro 3.

Quadro 3 - Entidades titulares do CBHRAM após eleições de 2017.

Segmento	Entidades Titulares
UNIÃO	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS
	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA
ESTADO	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH
	Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte – IGARN
MUNICÍPIOS	Prefeitura Municipal de José da Penha/RN
	Prefeitura Municipal de Pau dos Ferros/RN
	Prefeitura Municipal de Upanema/RN
	Prefeitura Municipal de Severiano Melo/RN
	Prefeitura Municipal de Governador Dix-Sept Rosado
SOCIEDADE CIVIL	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN
	Universidade Federal do Semiárido - UFERSA - Campus Mossoró
	Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Apodi
	Associação dos Posseiros do Projeto de Assentamento Milagre
	Associação dos Agricultores e Agricultoras Familiares do Sítio Santa Cruz

Segmento	Entidades Titulares
	Associação dos Produtores e Produtoras do Projeto Assentamento Caiçara
	Núcleo de Apoio ao Desenvolvimento na Agricultura Familiar no Semiárido Nordestino - Sertão Verde
	Conselho Comunitário de Ponta do Mel
	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES – Seção RN
USUÁRIOS DE ÁGUA	Companhia de Água e Esgotos do RN – CAERN - Mossoró
	Sindicato da Industria da Extração do sal no RN – SIESAL
	Norte Salineira S.A. - NORSAL
	Comércio e Indústria de Moagem e Refinação Santa Cecília – CIMSAL
	Ivone Maria de Moraes Brilhante
	Ivonilda de Souza Oliveira
	Antônia Maria de Souza Oliveira
	Francisco Firmino de Oliveira
	José Ubiraci Pereira da Silva

Os membros e a diretoria eleita, na Figura 8, vivenciaram os pontos positivos e as dificuldades que o programa proporcionou ao CBHAM. As dificuldades, avanços e perspectivas de mudança na gestão podem ser pontuados considerando os componentes do próprio programa.

Figura 8 – Diretoria formada em dezembro de 2017.



Fonte: Acervo do CBHM, 2019.

Um dos pontos positivos observados no tocante ao funcionamento do comitê refere-se ao cumprimento do quantitativo de reuniões ordinárias que totalizam 04 ao ano. No histórico do comitê, algumas reuniões ordinárias ao longo dos anos não foram computadas por falta de quórum mínimo, sendo essa realidade

modificada a partir do início do programa. Com muito esforço conseguiu-se reunir os membros para as reuniões, contudo, na maior parte das vezes com o quórum mínimo que corresponde a 10 membros.

A participação no comitê é voluntária, o colegiado dispõe de 30 vagas para membros titulares e 30 para membros suplentes, totalizando 60 vagas ou assentos disponíveis. Nesse sentido, era para o comitê ter uma boa representatividade nas reuniões, pelo menos ter o quórum em primeira convocação com 15 membros.

O comitê passou a ter o hábito de realizar a aprovação do relatório anual de atividades desenvolvidas e realizar o planejamento e a aprovação das ações do ano subsequente, isso permitiu que o CBHAM tivesse mais foco nas suas ações, pois, passou a estabelecer as metas a serem alcançadas em cada ano.

No aspecto de capacitação, o colegiado do comitê envolve os segmentos da sociedade civil, usuários de água e os poderes públicos das três esferas da federação. Sabe-se que o comitê é um fórum de discussão e tomada de decisões mediante deliberações e realização de encaminhamentos visando à mediação de conflitos entre as outras competências estabelecidas no PNRH. A capacitação veio na perspectiva de nivelar o conhecimento de novos membros e aprimorar o conhecimento dos membros mais antigos, porém há muita dificuldade para que haja uma participação significativa nos cursos oferecidos tanto no formato de ensino a distância (EaD) como no formato presencial.

No cotidiano, ao observar as ações e articulações do comitê, quando o formato da capacitação ocorre na modalidade EaD visualizam-se duas situações: a dificuldade do membro em manusear o computador ou notebook ou a falta de acesso ao aparelho; ou a disponibilidade de tempo para poder realizar o curso, considerando que a participação no colegiado é voluntária e o membro tem suas obrigações com a entidade a qual está vinculado.

Ressalta-se que o comitê possui membros que não estão vinculados a uma instituição, como um usuário de água, pessoa física, ou um pescador. No formato presencial, nota-se que, muitas vezes o representante não consegue se deslocar ou não dispõe de recurso para essa finalidade. Nesse ponto, onde o PROCOMITÊS poderia auxiliar no deslocamento, constata-se a morosidade que é a liberação do recurso disponível ao colegiado, visto que, o trâmite para acessar o orçamento do comitê ocorre via SEMARH, sendo necessário passar pela burocracia da administração pública.

Nas ações destinadas a comunicação, mesmo com as limitações dos comitês, consegue-se ter uma divulgação via blog e Facebook. O plano de comunicação é colocado em prática, mas de forma mínima sobre a atuação do colegiado como a divulgação das datas de reuniões e ações ou encaminhamentos. Esse ponto talvez seja um dos pontos a serem trabalhados na bacia visando o reconhecimento da sociedade como um todo de qual é o papel e quais são as

contribuições que esse colegiado propicia no tocante à questão hídrica e ambiental.

Fazendo um apanhado das visualizações das divulgações realizadas no blog, o comitê em 2017, 2018, 2019 e 2020 teve 1519, 1176, 605 e 37 visualizações respectivamente. A maior visualização ocorreu no ano de 2017 em decorrência do processo eleitoral uma vez que as deliberações, editais e divulgação dos resultados ocorreram via blog do CBH AM (CBHAM, 2021). O ano de 2020 foi bem atípico em decorrência da pandemia de COVID-19, e com a emissão dos decretos do governo do Rio Grande do Norte (Decreto nº 29.512, de 13 de março de 2020; Decreto nº 29.541, de 20 de março de 2020; Decreto nº 29.548, de 22 de março de 2020; e Decreto nº 29.583, de 1º de abril de 2020), o comitê realizou poucas atividades externas e as reuniões foram de forma remota, sendo as publicações realizadas via Facebook, podendo inferir, assim, o baixo número de acesso ao blog.

Um ponto a ser considerado, é que as publicações e a gestão das mídias não são realizadas por profissionais da área de comunicação, e sim pelos pesquisadores da SEMARH lotados na Coordenação de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (COGERH), que assessoram a secretaria executiva e a diretoria como um todo. Nessa perspectiva, reforça-se a necessidade da cobrança pelo uso da água para que os comitês possam ter uma agência de bacia que fará o papel de secretaria executiva com a perspectiva de maior celeridade na gestão das ações dos comitês e adequação das funções profissionais.

Sobre a estrutura do comitê, a diretoria é formada pelo presidente, vice-presidente e uma secretaria executiva. No momento que houver a agência de bacia há a necessidade de modificação da estrutura do regimento para que possa ter um presidente, vice-presidente e secretário, ficando a secretaria executiva a parte, visto que ela será responsável pela parte burocrática do colegiado.

Em continuidade aos desafios do comitê, considerando a necessidade de afirmação e divulgação das ações, a articulação que vem ocorrendo desde 2018 com a realização do Fórum Estadual de Comitês ou Fórum Potiguar demonstra o progresso de afirmação e consolidação do colegiado no sentido de demonstrar a sociedade civil e entidades públicas que os comitês existem e devem ser lembrados quando ocorrerem ações que envolvam os recursos hídricos.

Essa afirmação se faz necessária, em decorrência de que, em muitos assuntos envolvendo a água no âmbito da gestão pública, o comitê não é convidado a participar, e isso faz com que as ações na bacia fiquem descentralizadas/pulverizadas e percam força quando se objetiva a resolução de problemas ou reivindicações de ações estruturantes. O comitê dentro da bacia é a melhor opção que os segmentos da sociedade civil, usuários de água e poder público tem para solucionar problemas e ou reivindicar projetos e ações que estejam relacionadas aos recursos hídricos.

Outro aspecto, no contexto do comitê, relaciona-se ao conhecimento de quem compõe o comitê, dessa forma o componente cadastro do PROCOMITÊS envolve a divulgação no sistema da ANA dos representantes do colegiado com o intuito de conhecimento de quais entidades e quem são os representantes do colegiado. Os entraves relacionados a esse cadastro passam muito pela rotatividade de membros, como ocorre continuamente com os representantes do poder público municipal. Esse segmento possui maior rotatividade em relação aos outros, visto que a indicação do membro envolve geralmente cargos comissionados.

Os aspectos mais relevantes para que a atuação do comitê seja fortalecida no estado e na bacia hidrográfica, estão relacionados ao componente instrumento. A PNRH traz os instrumentos como o Plano de Recursos Hídricos (PRH) da bacia que tem que ser aprovado pelo comitê, sendo umas das suas competências legais. No PROCOMITÊS, há o indicador instrumento que visa à elaboração do Termo de Referência (TDR) pelo comitê e o estado, vislumbrando a elaboração e a aprovação do PRH.

Os membros do CBHAM elaboraram uma minuta do TDR para o Plano de Recursos Hídricos, que veio a ser revisado e finalizado no ano de 2018 pela Câmara Técnica de Planejamento, Regulação, Cobrança e Institucional (CTPRCI) (Figura 9). No atual cenário, de 2018 até 2020, a falta da elaboração e implementação do PRH para a bacia do rio Apodi-Mossoró é o resultado, especialmente, da falta de investimentos (recursos financeiros) e da limitação de recursos humanos especializados para auxiliar o CBHAM.

Figura 9 – Representantes da Câmara Técnica de Planejamento, Regulação, Cobrança e Institucional.



Fonte: Acervo do CBHM, 2019.

Em 2019 e 2020 o CBHAM passou a coordenar processos de alocação negociada de recursos hídricos. A alocação envolve a definição de compartilhamento de água com os usuários do sistema hídrico, principalmente, em períodos de estiagem e/ou em regiões semiáridas onde a demanda pela água é maior que a disponibilidade. Ocorreram três alocações de reservatórios na bacia, onde uma ocorreu no açude Bonito II e duas no açude Rodeador (Figura 10) localizados em São Miguel e Umarizal, respectivamente, além de outras ações articuladas com o IGARN visando à regularização de usuários de água da bacia, por meio do Programa IGARN Itinerante, e de educação ambiental por meio do Programa Água Nossa.

Figura 10 – Primeira Comissão de Alocação de Recursos Hídricos formada em 2019 – Açude Rodeador.



Fonte: Acervo do CBHM, 2019.

Essas ações, principalmente, de educação ambiental foram uma das alternativas que o comitê encontrou visando cumprir as metas estabelecidas no PROCOMITÊS. Ressaltando que o comitê tinha o desejo de realizar tais ações, contudo com os entraves de disponibilidade de recursos financeiros por meio da SEMARH, vislumbrou essa articulação com o IGARN sendo uma alternativa mais viável diante do cenário de não ter acesso ao dinheiro.

Considerando e pensando no avanço da gestão, nesses últimos anos a diretoria do colegiado veio pressionando as entidades que estão à frente da política e execução da gestão de recursos hídricos, SEMARH e IGARN respectivamente. Uma das premissas para que isso houvesse ocorrido passa pela disponibilidade dos recursos financeiros atrelada à burocracia que o estado tem para realizar aquisição de equipamentos, contratação de serviços, passagens aéreas, entre outras. Esse impasse poderia ter sido resolvido caso, desde o início, houvesse ocorrido à transferência dos recursos proveniente do PROCOMITÊS para uma

entidade executiva, como uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP), para dar agilidade aos processos solicitados pelo comitê.

Nesses últimos anos considerando os avanços constatados, tem que se ressaltar o envolvimento dos comitês com o Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas (FNCBH) que possibilitou adquirir mais experiência de como ocorre o relacionamento entre os comitês e seus respectivos governos na gestão compartilhada de recursos hídricos. Isso fez com que o CBHAM amadurecesse sua visão na articulação buscando a implantação do plano de bacia e a cobrança pelo uso da água bruta que é o pilar para garantir a sustentabilidade do sistema, a efetivação da cobrança será um divisor de águas no avanço da gestão de recursos hídricos para todos os envolvidos na luta pelos recursos hídricos.

Considerações finais

O fortalecimento e consolidação dos comitês de bacias hidrográficas no Brasil é um caminho seguro para alcançar uma gestão mais justa e sustentável da água. Comitês como o da bacia do rio São Francisco ou o do Pontal do Paranapanema, são exemplos exitosos desse processo de ampliação da participação social na tomada de decisões e na implementação dos instrumentos da política nacional de recursos hídricos. Assim, espera-se que o CBH Apodi-Mossoró possa seguir esse caminho e alcançar a maturidade nos próximos 10 anos com a elaboração e implantação do plano de recursos hídricos e da cobrança pelo uso da água bruta, bem como, com a gestão das águas da integração do rio São Francisco.

Referências

ANA http://www.ana.gov.br/ Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró, de março de 2012, a Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH)http://www.semarh.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/semarh/programas/gerados/comitesdebacias.asp

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos Recursos Hídricos: Informes 2016. Brasília: ANA, 2016.

BOCK, Udo. Brienfing básico de comunicação para processos de mobilização social. In IV Congresso Brasileiro de Publicidade: Criando o futuro. São Paulo, 2008.

CARVALHO, R. G. de. Sistemas ambientais e desmatamento na região da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró/RN. Revista da ANPEGE, v. 8, p. 106-118, 2012.

CURY, J.F. A Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas: A Abertura de uma oportunidade para o Desenvolvimento Sustentável do Alto Paranapanema (1994-2004). 2005. 350f. Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

DPICHELLI, Katia Regina. Comunicação e mobilização social para o desenvolvimento sustentável em assentamentos rurais – os papéis da comunicação. 2º ENCONTRO DA REDE DE ESTUDOS RURAIS. UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), 2007.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Lei 6.908, de 01 de julho de 1996. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH e dá outras providências. Disponível em: </http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/pdf/6908-96.pdf/> Acesso em: 12/11/2016.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Decreto nº 21.881, de 10 de Setembro de 2010. Cria o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró e dá outras providências. DOE nº 12.293. Disponível em: </http://igarn.rn.gov.br/Conteúdo.asp?TRAN=ITEM&TARG=36942&ACT=&PAG=0&PARM=&LBL=Leis/> Acesso em: 10/10/2016.

Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH).<http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/pdf/6908-96.pdf>

POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>

TORO, José Bernardo e WERNECK, Nísia Maria. Mobilização Social: um modo de

construir a democracia e a participação. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.
SEMARH: Bacia Hidrográfica do Rio Apodi Mossoró. Disponível em: </http://servicos.searh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cBaciaDetalhe.asp?CodigoEstadual=01/> Acesso em: 08/02/2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Rodrigo Guimarães de Carvalho

Este livro foi concebido para contribuir com a discussão sobre o desenvolvimento sustentável da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, considerando a necessidade de uma visão abrangente e interdisciplinar dos aspectos socioambientais e as diretrizes para o planejamento integrado.

Espera-se que seu conteúdo seja útil para planejadores, consultores, gestores, usuários de água, estudantes do ensino técnico e superior, professores do ensino fundamental e médio, enfim, para toda a sociedade que tenha interesse em conhecer melhor a maior bacia hidrográfica genuinamente potiguar. O seu conteúdo deverá ser aprimorado e ampliado com novas edições a fim de que possa estar sempre atualizado, acompanhando as mudanças impostas pelo desenvolvimento socioeconômico e pela ampliação das estruturas de oferta hídrica.

O Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró disporá dessa obra para que os seus membros possam compreender melhor a bacia e, assim, se capacitar para a importante missão de debater, propor e deliberar sobre assuntos relacionados a água e meio ambiente.

Por fim, deve-se agradecer a todos os autores e autoras que se dedicaram a pesquisar e doar parte da sua obra intelectual em benefício da sociedade potiguar, valorizando a ciência e a vida. Cabe assim, aos gestores públicos, enxergar o potencial existente nas instituições de ensino, pesquisa e extensão, no que se refere ao desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, proporcionando uma maior participação destas na elaboração e aplicação dos instrumentos da política nacional de recursos hídricos e da política nacional de meio ambiente.

SOBRE OS AUTORES



ADRYANE GORAYEB NOGUEIRA CAETANO

Professora Associada II do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, coordenadora da Pós-Graduação em Geografia (nota 6/CAPES) e Coordenadora do Laboratório de Geoprocessamento e Cartografia Social (Labocart) do Departamento de Geografia da UFC. Orienta trabalhos de Mestrado e Doutorado nas temáticas de mapeamento participativo, cartografia social e impactos socioambientias da energia eólica. Em 2016, concluiu Pós-Doutorado em Geografia pela Texas A&M University/EUA sobre Energias Renováveis com bolsa do CNPq e, atualmente, lidera o Observatório da Energia Eólica (http://www.observatoriodaenergiaeolica.ufc.br/).



ALCIGERIO PEREIRA DE QUEIROZ

Graduado em Geografia (UERN), Especialista em Educação Ambiental e Geografia do semiárido (IFRN) e em Educação, Pobreza e Desigualdade Social (UFRN). Mestre em Geografia (UERN), atualmente cursa doutorado em Manejo de Solo e Água (UFERSA). Tem afinidade com pesquisas voltadas a Geografia Física, com ênfase em bacias hidrográficas, gestão da água e os solos do semiárido. Também tem interesse nas pesquisas voltados para a educação ambiental, pobreza e desigualdade social no semiárido e Educação a Distância.



ALFREDO MARCELO GRIGIO

Professor Adjunto do Departamento de Gestão Ambiental e dos Programas de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) e em Ciências Naturais (PPGCN) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Doutor em Geodinâmica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Coordenador do Núcleo de Estudos Sociedade, Ambiente e Território (NESAT).



ANTÔNIO HELTON DA SILVA BARBOSA

Mestre em Ciências Naturais (2017) e graduado em Gestão Ambiental (2014) pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Tem experiência na área de Ciências Ambientais, com ênfase em Geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto. Atualmente é bolsista do Programa de Capacitação Institucional e integrante do Grupo de Geoprocessamento do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Coordenação Espacial do Nordeste (COENE), em Natal/RN.



ANTONIO JEOVAH DE ANDRADE MEIRELES

Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC) e dos Programas de Pós-Graduação em Geografia e em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Doutor em Geografia pela Universidade de Barcelona (2001). Desenvolve pesquisas em Geociências, com ênfase em Geografia Física e Geomorfologia atuando principalmente nos seguintes temas: indicadores geoambientais de flutuações do nível relativo do mar e mudanças climáticas, evolução geomorfológica da planície costeira, planejamento e gestão, impactos socioambientais de grandes empreendimentos no litoral, cartografia social, justiça ambiental e climática. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 1B.



BRENDA THAÍS GALDINO DA ROCHA

Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia - Universidade Federal do Ceará (UFC). Graduada em Geografia pela mesma instituição. Foi membro do Laboratório de Cartografia Social e Geoprocessamento - LABOCART (UFC), onde atuou em atividades de Ensino, Extensão e Iniciação científica. Atualmente tem interesse nas temáticas do Ensino de geografia e Cartografia escolar.



CAMILA SAIURY PEREIRA SILVA

Mestre em Ciências Naturais (2017) com graduação em Gestão Ambiental (2014) pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Atua na área de geoprocessamento e meio ambiente. É bolsista do Programa de Capacitação Institucional e integrante do Grupo de Geoprocessamento do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais da Coordenação Espacial do Nordeste.



CAROLINA MALALA MARTINS SOUZA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2007), Mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2009) e Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (2012). Atualmente é Professora Adjunto IV da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo, atuando principalmente nas seguintes linhas de pesquisa: Gênese, Morfologia e Classificação de Solos, Mineralogia do Solo, Manejo da matéria orgânica do solo em regiões semiáridas, Solos menos desenvolvidos e Educação em Solos.



CLARA LÍVIA CÂMARA E SILVA

Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural do Semiárido (2012), pós-graduada em Gestão Ambiental com ênfase em Auditoria e Perícia pela Faculdade Vale do Jaguaribe (2014) e Mestra em Ciências Naturais pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (2016). Atua como pesquisadora nas áreas de meio ambiente, ciências climáticas, saneamento, recursos hídricos e geotecnologias.



DAVID HÉLIO MIRANDA DE MEDEIROS

Professor substituto dos cursos de graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará - UECE. Doutor em Ciências Marinhas Tropicais, do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará - UFC. Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará - UECE. Graduado em Geografia (Bacharelado) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Membro do Grupo de Pesquisa Sistemas Costeiros e Oceânicos do CNPq. Pesquisador vinculado ao Laboratório de Geologia e Geomoforlogia Costeira e Oceânica - LGCO/UECE e ao Laboratório de Oceanografia Geológica - LOG/UFC. Participa da rede de pesquisa BrasPor (Brasil/Portugal) para o estudo dos sistemas costeiros.



DIEGO EMANOEL MOREIRA DA SILVA

Mestre em Geografia pelo programa de Pós-Graduação em Geografia - GEOCERES, pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN/CERES pelo Campus de Caicó, Graduado em Geografia (BACHARELADO) pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN/CERES pelo Campus de Caicó e Graduando em Geografia (LICENCIATURA) na Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN/CERES pelo Campus de Caicó. Atua como membro colaborador do LABIGEO - Laboratório de Biogeografia da UFRN e está vinculado ao TRÓPIKOS.



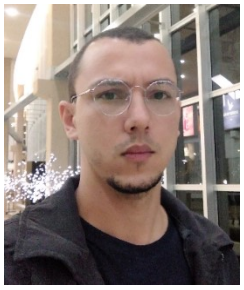
DIÓGENES FÉLIX DA SILVA COSTA

Geógrafo e Doutor em Ecologia, é natural de Jardim do Seridó-RN. Atua como Professor Adjunto III do Departamento de Geografia da UFRN, lecionando as disciplinas de Ecologia, Biogeografia, Recursos Naturais e Planejamento Ambiental nos cursos de graduação em Geografia. Coordena o Lab. & Grupo de Pesquisa em Biogeografia de Ecossistemas Tropicais (TRÓPIKOS), desenvolvendo pesquisas nas áreas de caracterização de ecossistemas costeiros, classificação e mapeamento de serviços ecossistêmicos, biogeografia de áreas úmidas, fitogeografia de ecossistemas tropicais, monitoramento ambiental e ensino de geografia física/biogeografia. Atua também como docente dos Programas de Pós-Graduação em Geografia e em Desenvolvimento e Meio Ambiente. No exterior, é pesquisador colaborador do Centre for Environmental and Marine Studies - CESAM/Universidade de Aveiro, Portugal e membro da International Society for Salt Lake Research, onde atuou na Diretoria na gestão 2012-2014. No Brasil, é membro fundador da Associação Brasileira de Biogeografia (ABBIOGEO) e membro integrante do Instituto Nacional de Áreas Úmidas - INAU II (Rede Nacional de INCTs/CNPq).



EDSON VICENTE DA SILVA

Graduação em Geografia - Bacharelado e Licenciatura. pela Universidade Estadual do Ceará (1981), mestrado em Planejamento Rural em Função do Meio Ambiente pelo Instituto Agronômico Mediterrâneo de Zaragoza (1987), doutorado em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Rio Claro São Paulo (1993), pós-doutor em Educação Ambiental pela Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia (2006) e pós-doutor em Planejamento e Geoecologia da Paisagem pela Faculdade de Geografia, Universidade de Havana-Cuba (2007). Atualmente é professor titular da Universidade Federal do Ceará (1997).



FILIPE DA SILVA PEIXOTO

Professor do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGEO da UERN. Geógrafo, mestre e doutor em Geologia, na subárea Hidrogeologia e Gestão de Recursos Hídricos. Tem publicado e desenvolvido projetos em análise de risco de contaminação de recursos hídricos nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte.



FRANCISCO DAVY BRAZ RABELO

Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento de Imóveis pela Universidade Cidade de São Paulo (UNICID), mestrado em Geografia pela UFC. É Professor Assistente da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), lotado no Centro de Estudos Superiores de Tefé (CEST), atua na área de Geografia Física, com ênfase em Geoprocessamento.



GERALDO BRAZ SILVA SANTOS

Graduado em Gestão Ambiental pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e Especialista em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido (IFRN). Experiência com atividades de extensão, educação ambiental e execução de condicionante ambiental no setor de Petróleo e Gás em plataformas marítimas e terminal portuário. Atualmente desenvolvendo atividades de desenvolvimento territorial, educação ambiental, comunicação social com comunidades afetadas e responsabilidade socioambiental em área de influência de empreendimento de energia eólica.



GUSTAVO HENRIQUE GONZAGA DA SILVA

Formado em Ecologia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) com mestrado em Biologia de Organismos Aquáticos e doutorado em Aquicultura em Águas Continentais pelo Centro de Aquicultura da UNESP. Professor Associado IV da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA). Vinculado aos Programas de Pós-Graduação em Ciência Animal e Ecologia e Conservação (mestrado e doutorado). Minhas principais linhas de pesquisa são: Manejo e Monitoramento de Bacias Hidrográficas, Limnologia e Aquicultura Sustentável. Coordenador do Laboratório de Limnologia e Qualidade de Água do Semiárido, editor associado da Acta Limnologica Brasiliensia e bolsista de produtividade do CNPq - nível 2.



HERMÍNIO SABINO DE OLIVEIRA JÚNIOR

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas - PPGCC da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Bacharel em Gestão Ambiental (UERN), com mestrado em Manejo de Solo e Água (UFERSA) com ênfase em Geoprocessamento aplicado aos recursos hídricos. Especialista em Geoprocessamento. Possui experiência em gestão dos recursos hídricos, geoprocessamento aplicado, manejo do solo e planejamento urbano. Suas recentes experiências profissionais foram como colaborador no setor de geoprocessamento na Subsecretaria de Gestão Ambiental (Mossoró/RN), pesquisador líder da área de geoprocessamento na Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH/RN) e Consultor ambiental na empresa AGRIAMBIENTAL.



JEANE CRUZ PORTELA

Possui Graduação em Engenharia Agronômica pela Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia (1998), Mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade de São Paulo (2000) e Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2009). Atualmente é Professora Associado da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Ciência do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: Semiárido, Caatinga, Agroecologia, Manejo e Conservação do Solo e da Água, Etnopedologia, Relações Solo e Paisagem e Educação em Solos.



JOÃO PAULO SILVA DOS SANTOS

Mestre em Ciências Naturais pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Possui graduação em Geografia pela mesma Universidade. Especialização em Gestão Estratégica e Inovação pela Escola Superior Aberta do Brasil. Atualmente é Professor nível IV da rede municipal de ensino do município de Mossoró (RN).



JOÃO VINÍCIUS CRUZ BARBOSA

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Pós-Graduado em Energias Renováveis pela Universidade Potiguar. Tem experiência com geoprocessamento e atua nas áreas de ciências ambientais e socioeconômicas. Possui conhecimento em pesquisas relacionadas à estudos costeiros, recursos hídricos, geografia da saúde, saneamento e preservação ambiental.



JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO

Professor titular da Universidade Federal Rural do Semi-Árido em Mossoró-RN. Graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (1977), Mestrado em Meteorologia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa - UFV (1983) e Doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (2003).



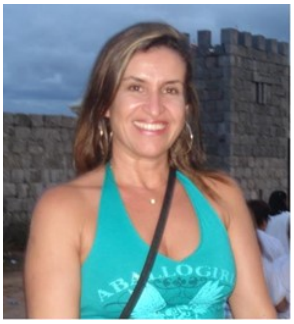
JOSÉ MAIRTON FIGUEIREDO DE FRANÇA

Bacharel em Economia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1994), Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2005) e mestre em Economia pela Universidade Federal do Ceará (1998). Atuou como secretário da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte (2015 a 2018), como Secretário Municipal do Desenvolvimento Econômico e Trabalho (2014 a 2015) e Gerente da Gestão Ambiental (2005 a 2014) na Prefeitura Municipal de Mossoró-RN. Atua como professor adjunto da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Atualmente coordena a pesquisa "Estudo da Capacidade de Pagamento pelos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Norte" e atua como Assessor Técnico da Pró-Reitoria de Administração da UERN.



JOSÉ MANUEL MATEO RODRIGUEZ (*in memoriam*)

Possui graduação em Geografia pela Universidade de Havana (1970). Doutorado em Ciências Geográficas pela Universidade Estatal de Moscou (1979). Doutor em Ciências pela Universidade de Havana (2007). Pós-Doutorado em Análise Ambiental pela Universidade de Varsovia da Polônia (1985), Pós-Doutorado em Geoecologia da Paisagem pela Universidade Estatal de Moscou (1988) e Pós-Doutorado Planejamento Ambiental pela Universidade Monich (2010). Atualmente é Professor Titular Aposentado da Universidade de Havana; Professor Emérito da Universidade de Havana, nomeado em 22 de março de 2017, no título assinado pelo Ministro da Educação Superior de Cuba e pelo Reitor da Universidade de Havana; e Acadêmico Titular de Mérito da Academia de Ciência de Cuba. Atua como professor visitante na UNESP/Rio Claro, UFC / Fortaleza, Universidade de Zaragoz, Universidade Autônoma de Guadalajara, Universidade de Quintana Ro, Universidade Nacional de Colômbia, Universidad de los Andes/ Venezuela, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, e Professor visitante estrangeiro, contratado pela UFSM, desde julho de 2018.



KÁTIA ALVES ARRAES

Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal Fluminense (UFF/RJ), 2006, Pós-Graduação em Análise de Sistemas pela Pontifícia Universidade Católica (PUC/RJ), 1993, Graduação em Tecnólogo em Processamento de Dados (Faculdades Reunidas Nuno Lisboa/RJ), 1988. Servidora Pública Federal no cargo de Tecnologista Sênior III, do Plano de Carreira de Ciência e Tecnologia. Atualmente lotada no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Coordenação Espacial do Nordeste (COENE), em Natal/RN, atuando na área de Ciências Exatas e da Terra, especificamente com Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento no Projeto de Geotecnologias Aplicadas a Análise da Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo do Bioma Caatinga.



KLEISSON EDUARDO FERREIRA DA SILVA

Graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Possui curso-técnico-profissionalizante em Automação Industrial pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio Grande do Norte (SENAI/RN). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geofísica.



LIDIANE ARAÚJO VIEIRA

Graduada em Engenharia agrícola e ambiental pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2013), especialista em Gestão Ambiental com Ênfase em Auditoria e Perícia pela Faculdade do Vale do Jaguaribe (FVJ), mestre em Ciências Naturais pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), com linha de pesquisa na área de Diagnóstico e Conservação Ambiental, doutoranda em Manejo de Solo e Água na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) com linha de pesquisa em Impactos Ambientais Pelo Uso do Solo e da Água. Atualmente está como professora substituta na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).



LUÊNIA KALINE TAVARES DA SILVA

Graduada em Tecnologia em Gestão Ambiental - IFRN – 2010, Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente - UFRN – 2015, especialista em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido - IFRN - 2019. Atua como pesquisadora em Gestão Ambiental e tem experiência na área de Saneamento, Sustentabilidade, Licenciamento e Educação Ambiental.



LUÍS CÉSAR DE AQUINO LEMOS FILHO

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Ceará (2004). Mestre em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Lavras (2005) e Doutor em Engenharia Agrícola (Engenharia de Água e Solo) pela mesma universidade (UFLA). Atualmente é professor Associado I da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), em Mossoró, RN. Líder do Grupo de Pesquisa em Manejo de Recursos Naturais do Semiárido (RENAS). Atua na área de engenharia de água e solo, com ênfase em Manejo de Bacias Hidrográficas e Hidrologia do Semiárido. Desenvolve pesquisas voltadas para regiões semiáridas, atuando principalmente nos seguintes temas: Geoestatística; Física-Hídrica do solo; Manejo de água e solo; Hidrologia de regiões semiáridas, Recursos naturais no semiárido; Qualidade das águas; Impactos ambientais no semiárido e Conservação de solo e água no semiárido. Tem interesse na sustentabilidade do uso do capital natural no semiárido brasileiro.



MÁRCIA EGINA CÂMARA DANTAS FREIRE

Bacharel em Gestão Ambiental – UERN; Especialista em Geografia e Gestão Ambiental – FIP. Especialista em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido – IFRN. Mestra em Ambiente, Tecnologia e Sociedade – UFERSA. Experiência em Gestão de Recursos Hídricos, Sustentabilidade Ambiental e Meio Ambiente.



MÁRCIA REGINA FARIAS DA SILVA

Licenciada em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2001), mestrado em Ecologia de Agroecossistemas pela Universidade de São Paulo (2004) e doutorado em Ecologia Aplicada (Ambiente e Sociedade), pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (2009). Pós-doutorado em Geografia pelo Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Coimbra. Atualmente é Professora Adjunta IV da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Atuando junto ao Departamento de Gestão Ambiental e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (DGA/FACEM/UERN).



MARCO ANTONIO DIODATO

Professor Associado da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Possui graduação em Engenharia Florestal; Mestrado em Ciências Florestais e Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná (UFPR).



MARCO LUNARDI ESCOBAR

Professor do Mestrado em Geografia e do Departamento de Comunicação Social da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Doutor em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande, em Geografia - Ambiente e Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal de Mato Grosso. Advogado com ênfase na área ambiental.



MELQUISEDEC MEDEIROS MOREIRA

Possui Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1994), Mestrado e Doutorado em Engenharia Geotécnica pela Universidade de Brasília (1996, 2002). Tem experiência na área de Geologia de Engenharia e Geoprocessamento, atuando principalmente nos seguintes temas: Cartografia Digital para o Planejamento Urbano (Cartas de Suscetibilidade e Cartas Geotécnicas de Aptidão à Urbanização), Sensoriamento Remoto, Prevenção de Riscos Geotécnicos, Gerenciamento e Setorização de Riscos de Chuvas/Deslizamentos e Inundações.



MIGUEL DRAGOMIR ZANIC CUELLAR

Engenheiro Eletrônico com especialização em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, trabalhando no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Tem experiência na área de Engenharia Aeroespacial, com ênfase em especificações de Estações de Recepção de satélites de Sensoriamento Remoto; atuando também na capacitação profissional por meio de cursos de curta duração utilizando os softwares SPRING e TeraView. Atualmente é servidor aposentado.



RAIMUNDO ALBERTO COSTA QUEIROZ

Professor de Geografia efetivo da Rede Estadual de Ensino do RN e Advogado (OAB/RN 11183). Possui Licenciatura em Geografia (2003) e Bacharelado em Direito (2009), ambas as graduações pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN. É Mestre em Geografia pela UERN e Especialista em Direito Ambiental pelas Faculdades Integradas de Patos – FIP e em Direito Penal e Processo Penal pela Faculdade Damásio de Jesus.



RAMIRO GUSTAVO VALERA CAMACHO

Possui graduação em Engenharia Agronômica pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró-ESAM, atual Universidade Federal Rural do Semi-Árido (1988), mestrado em Agronomia/Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (1991) e doutorado em Ciências (Área de concentração Botânica) pelo Instituto de Biociências -IB, da Universidade de São Paulo - USP (2001). Com pós-doutorado em Educação Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso- UFMT junto ao Grupo Pesquisador em Educação Ambiental, Comunicação e Arte- GPEA/UFMT. Atualmente é Professor adjunto IV do Departamento de Ciências Biológicas - DECB e participa do Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais - PPGCN; em Geografia - PPGGeo; e do PROFBIO UERN.



RENATO DE MEDEIROS ROCHA

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, especialista em Ecologia Marinha e Artemia pela University of Gent (Bélgica), doutor em Biotecnologia em Recursos Naturais pela Rede Nordestina de Biotecnologia. Desde fevereiro de 2021 é aposentado como Professor Associado IV da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. É Líder do Grupo de Pesquisa: Ecologia de Ambiente Hipersalinos (UFRN), membro da Base de Pesquisa Semiárido: Natureza, História e Sociedade (UFRN), um dos líderes do Núcleo de Estudos em Ambientes Hipersalinos do Semiárido Brasileiro (UFERSA) e Diretor do Núcelo de Estudos Especiais em Ambientes Hipersalinos do Sindicato das Indústrias de Extração de Sal Marinho do Rio Grande do Norte (SIESAL). Tem experiência na área de Ecologia Aplicada e Biotecnologia Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: Artemia, microalgas halofílicas, Ecologia de Ambientes Hipersalinos, Impactos Ambientais e Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas. Desde 2016 é consultor do Sindicato da Indústria de Extração de Sal Marinho do Rio Grande do Norte.



RODRIGO GUIMARÃES DE CARVALHO

Possui Graduação em Geografia (Bacharelado, UECE, 2002), Especialização em Planejamento e Gestão Ambiental (UECE, 2004), Mestrado em Geologia (UFC, 2007) e Doutorado em Geografia (UFC, 2011). Atua como Professor Adjunto IV da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN junto ao curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, Mestrado em Ciências Naturais e Mestrado em Geografia. Desenvolve pesquisa e extensão nas seguintes áreas: geoprocessamento aplicado ao meio ambiente; estudos socioambientais para a criação e manejo de áreas protegidas; análise de indicadores e índices ambientais; gestão da zona costeira e zoneamento ambiental. Presidente do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró 2018 - 2019 e 2020 - 2021, é membro efetivo do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, do Fórum Potiguar dos Comitês de Bacias Hidrográficas, do Fórum Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas, do Conselho Gestor da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão e do Conselho Municipal de Meio Ambiente de Mossoró.



RODRIGO SÁVIO TEIXEIRA DE MOURA

Possui graduação em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal Rural do Semi-árido (2010) e Doutorado em Ciência animal pela mesma universidade (2018). Atualmente é docente do curso de engenharia de pesca da Universidade Federal do Maranhão (UFMA/Pinheiro). Tem experiência nas áreas de: Limnologia; Sustentabilidade na Aquicultura; Modelagem de Ecossistemas e Teias Tróficas; e Programação Aplicada à Engenharia de Pesca.



ROGÉRIO TAYGRA VASCONCELOS FERNANDES

Possui Graduação em Engenharia Civil e Engenharia de Pesca (Ufersa), com Mestrado em Ciência Animal - Ecologia e Conservação do Semiárido - e Doutorado em Ciência Animal - Produção e Conservação Animal no Semiárido - pela Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA. É Professor Efetivo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, onde ministrou as disciplinas de Projeto Auxiliado por Computador e Expressão Gráfica, ambas no Curso de Graduação em Bacharelado em Ciência e Tecnologia e, atualmente, ministra as disciplinas de Legislação ambiental aplicada à pesca e aquicultura e Piscicultura, ambas no curso de Engenharia de Pesca. Possui experiência na área de Engenharia Ambiental e de Pesca, atuando principalmente na Gestão ambiental de ecossistemas costeiros; Recuperação de manguezais; Monitoramento ambiental de estuários; Levantamentos de biodiversidade de ecossistemas salinos; Levantamentos Topográficos e Licenciamento Ambiental.



RUAN OTAVIO TEIXEIRA

Especialista em Perícia e Gestão Ambiental pela UNI-RN, 2015. Mestre em Recursos Naturais na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, campus Campina Grande/PB. Atuou na Qualital Ambiental na área de Investigação de Passivo Ambiental, Amostragem de Emissões Atmosféricas e Avaliação de Impactos Ambientais entre outras atividades (2015-2016). Atualmente está como pesquisador na Secretaria de Estado de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente – SEMARH, desde 2016, na área de recursos hídricos e geoprocessamento.



RUBSON PINHEIRO MAIA

Geógrafo (UECE), Mestre em Geografia Física com ênfase em Geomorfologia (UFC), Doutor em Geodinâmica e Geofísica (UFRN). Atua na área de Geomorfologia com ênfase em Morfotectônica. Possui trabalhos nas áreas de morfotectônica de ambiente cárstico, em sistemas fluviais, em zonas de deformação e em maciços cristalinos. Participou do projeto de Mapeamento Geológico-Geomorfológico da Folha SB-24-X-D-I (Mossoró-RN) financiado pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e do projeto de mapeamento/caracterização do carste (Porocarste) na Bacia Potiguar financiado pela Petrobrás. Participa do projeto Porocarste 3D financiado pela Shell. Integra o INCT (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia) na área de Estudos Tectônicos. Atualmente é Professor de Geomorfologia da Universidade Federal do Ceará.



SUZANEIDE FERREIRA DA SILA MENEZES

Graduada em Serviço Social pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (1988), mestre em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2001) e doutora em Ciências Sociais pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2009), Cursando Pós-doutorado no Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas/UFPI. Professora adjunto IV APOSENTADA, da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Docente do Programa de Pós-Graduação em Serviço Social e Direitos Sociais (PPGSSDS), nível mestrado. Membro do Núcleo de Estudos e Pesquisa sobre a Terceira Idade (NEPTI), Pesquisadora na área da assistência social, gestão pública e envelhecimento. Coordeno pesquisa "Diagnóstico socioterritorial de município de Porto do Mangue: estratégia para identificação das vulnerabilidades no território, avaliação e revisão do Plano Municipal de Assistência social", FLUXO CONTÍNUO PARA INSTITUCIONALIZAÇÃO DE PROJETOS, EDITAL N° 004/2020-PROPEG/UERN.



VALDECI DOS SANTOS JÚNIOR

Graduação em licenciatura em história pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (1989), especialização em literatura e produção de textos pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2003), Mestrado em Arqueologia pela Universidade Federal de Pernambuco (2005), Doutorado em Arqueologia pela Universidade Federal de Pernambuco (2013) e Pós-doutorado (2016) pela Universidade de Coimbra (Portugal). Atualmente é Professor Adjunto IV e Coordenador do Laboratório de Arqueologia "O Homem Potiguar" (LAHP) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN.



WESLEY KEVIN SOUTO DO VALE

Bacharel em Gestão Ambiental pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Atua nas áreas de Geoprocessamento, Clima Urbano e Inundações.