

# Geoprocessamento aplicado a caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – RN, Brasil

*Geoprocessing applied to geoenvironmental characterization of Rio Doce Basin – RN, Brazil*

FRANKLIN ROBERTO DA COSTA<sup>1</sup>, RAQUEL FRANCO DE SOUZA<sup>2</sup>, SEBASTIÃO MILTON PINHEIRO DA SILVA<sup>3</sup>

*franklincosta@uern.br<sup>1</sup>, francodesouza.raquel@gmail.com<sup>2</sup>, sebastiaomilton@gmail.com<sup>3</sup>*

## Resumo

O presente artigo teve como objetivo a caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN). Foi realizado o levantamento de dados primários e secundários para implementação de um Banco de Dados Geográficos (BDG) no Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS Essen 2.14.10. Os usos da terra na bacia, extraídos a partir da análise visual das imagens orbitais disponibilizadas pelo Google Earth, pelo plugin Quickmapservices no SIG QGIS Essen 2.14, tem relação direta com as características do meio físico, pois, as áreas predominantes de pastagem e cultivo intermitente se dão em áreas de clima mais seco, enquanto cultivos permanentes, cana de açúcar e hortaliças predominam em áreas de clima mais úmido, com maior abundância de água e com maiores concentrações populacionais. Como resultado, observou-se que as áreas antrópicas não agrícolas representam 41,47% da bacia, as áreas agrícolas 27,07%, os corpos d'água 2,32% e as áreas de vegetação natural 27,82% e usos não identificados 1,33%. Comprovam uma maior degradação ambiental na porção centro-leste da bacia, decorrente do uso e ocupação desordenada da bacia.

**Palavras-chave:** Geotecnologias, meio físico, uso e ocupação da terra.

## Abstract

*The present article had as objective the characterization geoenvironmental Rio Doce Basin (RN). The primary and secondary data collection for implementing a Geographic Database (BDG) Geographic Information System (GIS) QGIS Essen 2.14.10. The land use in the basin, was extracted from the visual analysis of orbital images provided by Google Earth, by Quickmapservices plugin in the GIS QGIS Essen 2.14. It has a direct relation with the characteristics of the physical environment, because the predominant areas of pasture and cultivation areas of intermittent get drier climate. While permanent crops, sugar cane and vegetables predominate in wetter climate areas, with greater abundance of water and higher concentrations. As a result, it was observed that anthropogenic areas represent non-agricultural 41.47% of the basin, 27.07% agricultural areas, 2.32% water bodies, natural vegetation areas 27.82%, and 1.33% unidentified uses. Prove a greater environmental degradation in the East-Central portion of the basin, caused by the use and disorderly basin occupation.*

**Keywords:** *Geotechnology, physical environment, land use and occupation.*

## 1- INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica caracteriza-se por uma área drenada por um rio ou sistema fluvial, formado por um conjunto de canais inter-relacionados (Christofolletti, 1998). Segundo Brigante e Espíndola (2003), é o resultado da interação entre a água e outros fatores naturais como a geologia, a geomorfologia, a vegetação e o clima. O homem assume um papel importante quando da ocupação dessas áreas, pois, ao longo do tempo, tem propiciado uma acelerada degradação ambiental, do que propriamente o seu uso sustentável.

Robaina (2008) ratifica essa questão ao afirmar que, no Brasil, o crescimento desordenado das cidades, controlado pelos interesses privados e especulativos, é considerado um dos principais condicionantes para a degradação ambiental, ocasionando, por conseguinte, os principais desastres naturais e áreas de risco existentes na atualidade. Ross e Del Prette (1998) afirmam que isso ocorre devido ao desenvolvimento econômico brasileiro nas últimas décadas, que gerou o crescimento econômico e tecnológico no país, mas intensificou os processos de degradação ambiental em áreas urbanas e rurais.

Nesse sentido, o planejamento e o gerenciamento de bacias hidrográficas assumem um papel importante, pois integram, além das informações do meio físico, aquelas relativas ao meio antrópico, principalmente no tocante ao uso e ocupação do solo e os dados socioeconômicos. De acordo com Pires e Santos (1995), se faz necessário a integração dos aspectos ambientais, sociais, econômicos, políticos e culturais, dando ênfase aos primeiros, já que há um limite da capacidade do meio em suportar o uso e ocupação.

A caracterização do meio físico torna-se, portanto, um importante instrumento para a realização de um diagnóstico ambiental que vise o planejamento, a gestão e o monitoramento ambiental, focados no ordenamento territorial pretendido, permitindo, desse modo, o uso da terra de modo sustentável.

Dentre as características do meio físico, a geologia, a geomorfologia, a pedologia, o clima e a vegetação são considerados, no meio científico, os mais utilizados para se retratar a paisagem local. A paisagem (natural), neste sentido, considera-se o resultado da dialética entre as forças endógenas e exógenas da Terra (Vitte, 2007).

Na literatura, nota-se a importância da caracterização ambiental de bacias hidrográficas como um instrumento de apoio ao planejamento urbano e ordenamento territorial. Teixeira et al. (2012) caracterizaram os aspectos ambientais, sociais, econômicos e a dinâmica de uso da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Gongogi na Bahia, visando contribuir para o planejamento e gestão dos seus recursos naturais. Para tanto, obtiveram dados digitais na Superintendência de Estudos Sociais e Econômicos da Bahia (SEI) e no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Esquerdo et al. (2014) realizaram a caracterização de aspectos físicos e socioeconômicos da bacia hidrográfica do rio Iguatemi, MS, na perspectiva de contribuir com

informações que pudessem subsidiar o sistema de gestão ambiental do estado e da região da bacia. Os dados foram apresentados em forma de mapas e tabelas, e, como resultado, destacou-se o elevado grau de antropização da bacia, com áreas predominantemente ocupadas por pastagens.

Reis et al. (2015) caracterizaram o meio físico da Microbacia do Arroio Schmidt, identificando elementos como o uso do solo, pedologia, geologia, climatologia, extensão e localização, a fim de instrumentalizar uma ferramenta auxiliar de gestão ambiental integrada de bacias hidrográficas. Para a realização deste trabalho, os autores utilizaram as ferramentas do geoprocessamento para a obtenção de mapas temáticos, além de visitas a campo, revisão bibliográfica e dados secundários.

O Forest Management Bureau (2016), localizado nas Filipinas, elaborou um manual para caracterização e análise da vulnerabilidade de bacias hidrográficas usando Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto, com o objetivo de caracterizar os componentes essenciais de bacias hidrográficas, relativos aos aspectos biofísicos como clima, geologia e vegetação, bem como de variáveis socioeconômicas, tais como renda, saúde e educação.

Essa caracterização, para o Forest Management Bureau (2016), permite aos gestores a base para a tomada de decisões, para o desenvolvimento e estratégias de conservação a ser implementado nesse recorte espacial. Afirma ainda que, com o advento de tecnologias como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto (SR), a preparação destas análises se dá de maneira mais fácil e precisa.

É importante destacar, a partir dos exemplos anteriores, que a caracterização do meio físico e antrópico busca auxiliar na execução de projetos que visem minimizar impactos ambientais negativos e potencializar os positivos, contribuindo para a instrumentalização de planejamentos e gerenciamentos ambientais.

Ab'Saber (1969), ao tratar sobre a fisiologia da paisagem, cujo objetivo é “entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais”, afirma que pequenas variações da paisagem podem ser determinadas por ações antrópicas predatórias, causando mudanças, em alguns casos irreversíveis, no “metabolismo” primário do meio natural. Essa alteração do metabolismo ocasionado pela ação humana se dá pela anulação dos processos morfodinâmicos, como a impermeabilização de superfícies e a implementação de cultivos que ocasionam desmatamentos.

Neste sentido, a incorporação dos dados do meio antrópico, geralmente em escala cartográfica maior que os dados do meio físico, disponível em órgãos públicos como o IBGE, se tornam importantes para se entender a dinâmica de uso e ocupação da terra.

A bacia hidrográfica do Rio Doce - BHRD encontra-se, nesse cenário, como um importante recorte geográfico a ser trabalhado. Localizado na porção leste do Estado do Rio Grande do Norte, a bacia vem passando por transformações que estão mudando a paisagem local,

principalmente pelo processo de uso e ocupação desordenada por parte da população urbana e rural. Os resultados são impactos ambientais negativos, apresentados por diversos autores, tais como Castro (2000), Azevedo (2006), Soares (2006), Barbosa *et al.* (2010), Moura (2010), Jerônimo e Souza (2013), Faustino *et al.* (2014).

A falta de dados e informações geoespaciais motivou a realização deste trabalho, buscando atualizar e/ou ampliar o nível de representação de alguns temas como vegetação, rede de drenagem e altimetria, para atender à uma demanda do mapeamento temático e caracterização geoambiental em escala cartográfica média, a partir de imagens orbitais disponibilizadas pelo Google Earth, com resolução espacial variando entre 1 metro e 0,61 cm.

Assim, neste trabalho, buscou-se essa caracterização ambiental da BHRD, de modo a subsidiar novas análises ambientais e auxílio na tomada de decisões em projetos de intervenção, conservação e mediação de conflitos, além de contribuir para o planejamento, gerenciamento ambiental e o ordenamento territorial da bacia.

## 2- MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1- Localização

A bacia hidrográfica do Rio Doce, com uma área de 396,7 Km<sup>2</sup>, é uma das mais importantes da Região Metropolitana de Natal (Costa *et al.*, 2016). Localizada na

porção leste do Estado do Rio Grande do Norte, tem na Lagoa de Extremoz, a principal fonte de abastecimento d'água para a Zona Norte do Município de Natal, RN, bem como outros municípios circunvizinhos. Está inserida em parte de 8 (oito) municípios (Ceará-Mirim, Extremoz, Natal, Ielmo Marinho, São Gonçalo do Amarante, Taipu e Poço Branco e Bento Fernandes), onde atuam diversos atores sociais como produtores rurais, empresários e sociedade civil em geral (FIGURA 01).

A maior porção da bacia está inserida no município de Ceará – Mirim, representando 40,77% de todo território. Bento Fernandes é o município que possui a menor extensão territorial, localizado no extremo oeste da bacia, com apenas 0,05%, ou o equivalente a 0,18 km<sup>2</sup>.

O município de Natal, apesar de não ser o de maior extensão territorial na bacia, com 11,87% (38,90 km<sup>2</sup>), é o que apresenta a maior área urbana, seguida dos municípios de São Gonçalo do Amarante (32,40 km<sup>2</sup>), Extremoz (2,59 km<sup>2</sup>) e Ceará – Mirim (2,19 km<sup>2</sup>). Os demais municípios são eminentemente rurais, com algumas agrovilas ligadas a assentamentos rurais, distritos, povoados e sítios.

### 2.2 Seleção, obtenção e organização dos dados

A caracterização do meio físico e do uso e ocupação da terra foram realizados a partir dos levantamentos cartográficos e bibliográficos referentes aos temas geo-

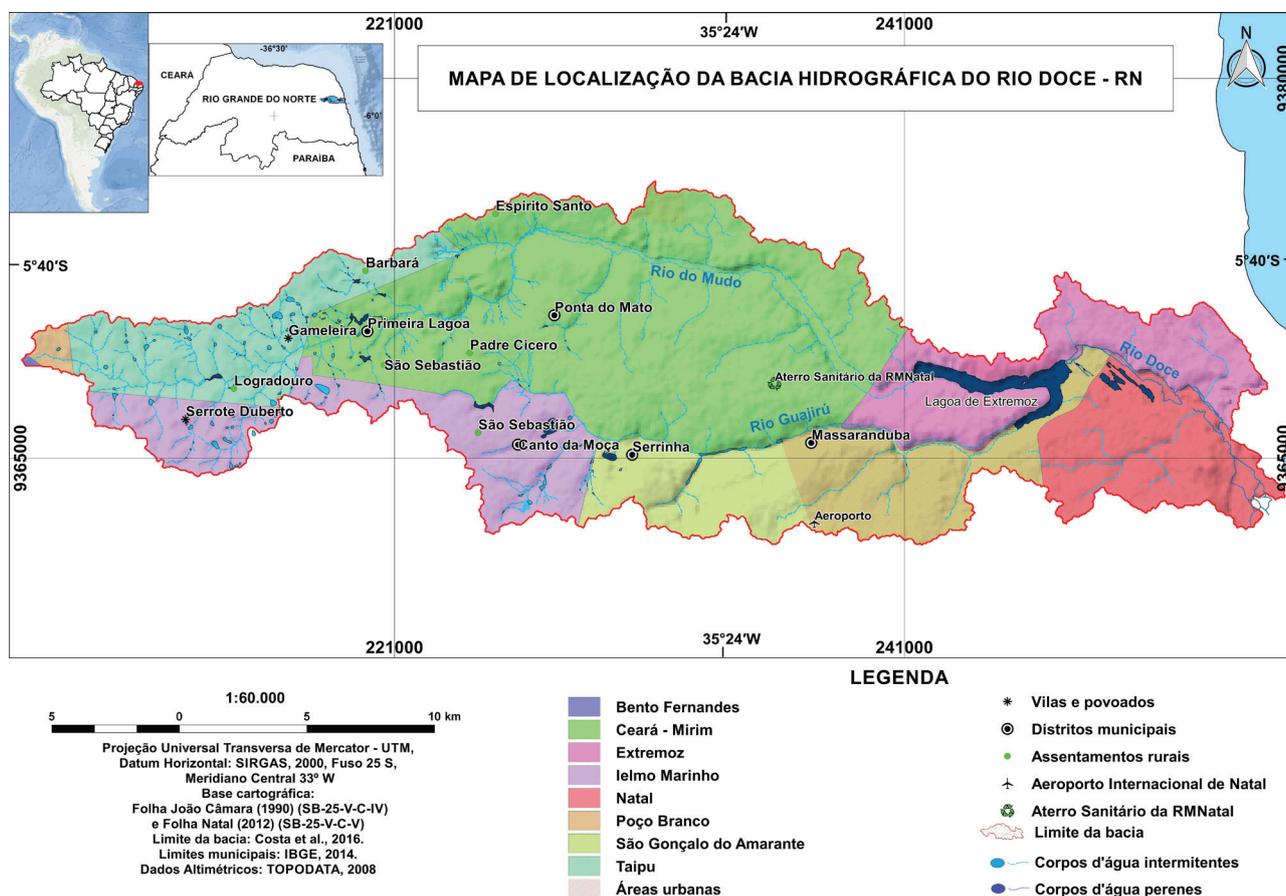


Figura 1- Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – RN

logia, geomorfologia, solos, clima, hidrografia, vegetação (meio físico). Os mapas foram gerados na escala 1:100.000 e tiveram como referência os dados obtidos em órgãos públicos municipais, estaduais e federais, e a extração de informações em imagens orbitais visualizadas pelo plugin quickmapservices, na plataforma do SIG QGIS Essen 2.14, em que foi possível extrair, a partir da interpretação visual, as informações da plataforma Google Earth. O uso de imagens fornecidas pelo Google Earth para classificação do uso e cobertura da terra tem apresentado resultados satisfatórios como principal produto (Ayach et al., 2012; Cardoso; Aquino, 2014), ou como comprovação de análise (ROSA; SANO, 2014).

O QUADRO 01 sintetiza as principais informações de cada tipo de dado empregado no estudo.

Os dados obtidos em formato *shapefile* (.shp\*) foram reprojatados para o Sistema de Coordenadas UTM, Datum horizontal SIRGAS 2000, Fuso 25 Sul para compor o BDG do SIG QGIS 2.14.18. Nesse ambiente SIG, analisou-se os temas, sobrepondo-os a imagens orbitais disponíveis no *plugin quickmapservices*. Nesse plugin, abriu-se a plataforma Google Earth Satellite para extração da drenagem e do uso e cobertura da terra. Além disso, foi possível realizar uma reinterpretação dos polígonos para as variáveis de cada tema, detalhando e atualizando, na medida do possível, alguns deles, como os de vegetação do solo e da geomorfologia. Os dados foram readaptados para uma escala com maior precisão temática, tendo em vista a possibilidade de observação espacial com maiores detalhes.

### 3- RESULTADOS

#### 3.1- O meio físico da BHRD

##### 3.1.1- Geologia

O arcabouço estrutural da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, RN é formado, majoritariamente, pelas Bacias Sedimentares Mesozóicas, classificadas como Bacia Potiguar/coberturas cenozoicas - BP. Já a oeste da bacia, tem-se o Domínio São José de Campestre (DSJ), forma-

do pelos Complexos Paleoproterozóicos e uma pequena faixa formada pelo Magmatismo Brasileiro, tendo como referência o Taipu (ANGELIM et al, 2006).

Amaral (1990) e Fonseca et al (2012) elaboraram cartas geológicas das folhas João Câmara (SB.25-V-C-IV) e Natal (SB.25-V-C-V), na escala 1:100.000, dividindo-as em unidades por era geológica. A partir desses materiais, identificou-se as unidades geológicas pertencentes a BHRD, sendo a maior parte da bacia inserida na Folha Natal SB.25-V-C-V. As principais informações geológicas mapeadas na região estão contidas no QUADRO 02.

O objetivo principal deste quadro foi relacionar e analisar os valores em área e percentual territorial em conjunto com outros temas do meio físico e antrópico.

Nesse sentido, de acordo com o QUADRO 01, a BHRD possui 15 unidades geológicas, onde 25,93% (102,87 km<sup>2</sup>) foram obtidas na folha João Câmara e 74,07% (293,83 km<sup>2</sup>) na folha Natal.

Observa-se que a maior parte da bacia é formada por rochas do período Neógeno, com diferentes tipos de depósitos, em uma área de 302,2 km<sup>2</sup>, sendo os depósitos arenosos e areno-argilosos os mais representativos (154,51 km<sup>2</sup> ou 38,95%) da bacia. Somado as demais unidades geológicas desse período, as formações somam o correspondente a 76,2% de toda a área. A segunda maior formação é do período Ediacarano, representados pela Suíte Dona Inês (65,23 km<sup>2</sup>) e pela Formação Seridó (4,42 km<sup>2</sup>), correspondendo a 17,6% da área da bacia. As demais unidades somam 6,3% da bacia, destacando-se as rochas do período Neógeno/Paleógeno, representado pela Formação Barreiras, com 22,07 km<sup>2</sup>, o que equivale a 5,6% da área da bacia.

Cada uma dessas unidades geológicas assume papel importante para o processo de ocupação sustentável da bacia, pois evoluem para terrenos com diferentes propriedades físico-químicas, permeabilidade, porosidade, solubilidade e liquefação e de capacidade de recarga. Nesse sentido, é possível avaliar o grau de sustentabilidade para cada unidade geológica, tendo como referência a ocupação humana.

Produto	Órgão	Escala	Ano Publicação
Cartas topográficas	SUDENE	1:100.000	1982
TOPODATA	INPE	1:50.000	2008
Geologia (Folha Natal)	CPRM	1:100.000	2012
Geologia (João Câmara)	CPRM	1:100.000	1990
Geomorfologia (Folha Natal)	CPRM	1:100.000	2012
Geomorfologia (João Câmara)	CPRM	1:100.000	1990
Pedologia	IBGE	1:250.000	2015
Clima	EMPARN	1:50.000	1997 – 2016
Vegetação	IBGE	1:250.000	2014
Hidrografia	Autor, SUDENE, TOPODATA/INPE	1:50.000	2017
Imagens orbitais	Imagens cedidas pelo Google Earth	1:50.000	2017

**Quadro 1-** Dados obtidos por órgão, escala e ano de publicação para a pesquisa.

3.1.1.1 Espacialização e características das Unidades Geológicas da BHRD

As unidades geológicas da BHRD foram espacializadas no mapa das unidades geológicas e organizadas por período e pela área abrangente, começando das forma-

ções mais antigas para as mais recentes, seguindo a metodologia e caracterização geológica de cada uma delas (Amaral, 1990, Fonseca et al., 2012) (FIGURA 02).

As formações do período Neógeno são classificadas como: Depósitos arenosos e areno-argilosos (Unidade

SIGLA DAS UNIDADES	FONTE	NOME DAS UNIDADES GEOLÓGICAS	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	PERÍODO
PP2jc	Amaral (1990)	Complexo João Câmara	0,06	Riaciono
Q2eln	Fonseca et al (2012)	Depósitos eólicos litorâneos não vegetados	1,83	Neogeno
K12a	Amaral (1990)	Formação Açú	2,68	Cretáceo
Q12fm	Fonseca et al (2012)	Depósitos flúvio-marinhos	2,7	Neogeno
NP3ss	Amaral (1990)	Formação Seridó	4,42	Ediacarano
N23c	Amaral (1990)	Depósitos colúvio-eluviais	8,37	Neogeno
Q1a	Fonseca et al (2012)	Depósitos aluvionares antigos	8,85	Neogeno
Q2ac	Fonseca et al (2012)	Depósitos aluvionares de canal	27,23	Neogeno
Q2elv	Fonseca et al (2012)	Depósitos eólicos litorâneos vegetados	32,1	Neogeno
NP3_gamma_3di	Amaral (1990)	Suíte intrusiva Dona Inês	65,23	Ediacarano
Q1mc	Fonseca et al (2012)	Depósitos Marinhos e Continentais Antigos	66.61	Neogeno
Q2ar	Fonseca et al (2012)	Depósitos arenosos e areno-argilosos	154,51	Neogeno

Fonte: Adaptado de Amaral (1990) e Fonseca et al (2012).

Quadro 2- Unidades Geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Doce - RN

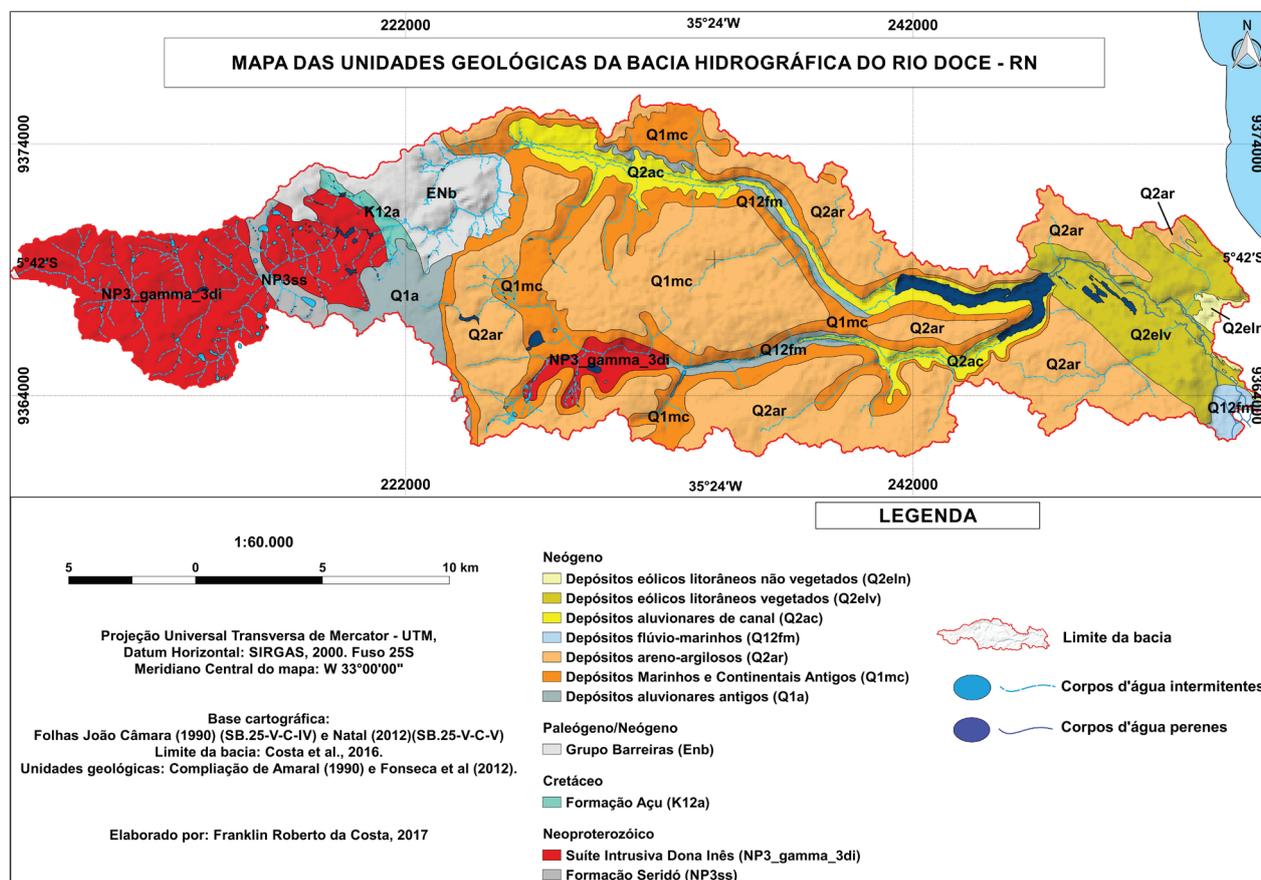


Figura 2- Unidades Geológicas da BHRD. Fonte: CPRM, 2012.

Sedimentos Aluvionares), Depósitos Marinheiros e Continentais Antigos, Depósitos eólicos litorâneos vegetados, Depósitos aluvionares de canal, Depósitos aluvionares antigos, Depósitos colúvio-eluviais, Depósitos flúvio-marinhos, Depósitos eólicos litorâneos não vegetados.

Os Depósitos arenosos e areno-argilosos são os mais abundantes na bacia, com 154,51 km<sup>2</sup> (38,95%). Localizados na porção centro-leste da bacia, se caracterizam como coberturas arenosas a areno-argilosas inconsolidadas, de granulometria média a grossa. Localmente podem apresentar fragmentos de quartzo e/ou seixos de arenito remobilizados.

Os Depósitos marinhos e continentais antigos estão localizados ao longo dos rios Mudo e Guajiru até a porção central da bacia, com uma área de 66,61 km<sup>2</sup> (16,79%). Possuem como características arenitos médios a finos, de coloração amarelo dourado, marrons a alaranjados, dispostos de forma discordante sobre o Grupo Barreiras ou depósitos aluvionares antigos. A discordância com o Grupo Barreiras se dá pelas concreções ferruginosas retrabalhadas de um paleossolo laterítico (Fonseca *et al.*, 2012).

Os Depósitos eólicos litorâneos vegetados localizam-se na porção leste da BHRD, representam 32,1 km<sup>2</sup> (8,09%) e são formados por areais quartzosas bem selecionadas, de coloração avermelhada, devido a existência de películas de óxidos de ferro, a amarronzadas, ocasionadas pela matéria orgânica em decomposição. Possuem formas de dunas residuais ou lençóis arenosos.

Os Depósitos Aluvionares de Canal possuem uma área de 27,23 km<sup>2</sup> (6,86%) estão distribuídos nas margens e nos canais das drenagens da bacia, incluindo-se a Lagoa de Extremoz, ocupando praticamente toda a extensão da bacia. Caracteriza-se pelas areias quartzosas de granulometria média a grossa. Ocasionalmente são conglomeráticas, com estratificações cruzadas e níveis descontínuos de sedimentos mais finos (siltítico-argilosos) em direção às desembocaduras.

Bezerra *et al.* (2006) utilizaram o termo Depósitos Aluvionares Antigos para os paleocanais fluviais que, ao migrar para cotas topográficas mais baixas, deixaram como registro, terraços aluviais. Possuem 8,85 km<sup>2</sup> (2,23%) e localizam-se às margens dos rios Mudo e Guajirú, e na porção oeste da bacia, limitando-se ao Norte com o Grupo Barreiras e a Formação Açú, a leste com os Depósitos Marinheiros e Continentais Antigos e a oeste com a Suíte Intrusiva Dona Inês. São formados por arenitos conglomeráticos e conglomerados com seixos de quartzo e fragmentos de diversas rochas, incluindo arenitos ferruginosos do Grupo Barreiras. Subordinadamente ocorrem sedimentos argilo-arenosos a arenitos médios de diversas cores. São fracamente consolidadas (fraca diagênese) e apresentam frequentes estruturas de paleosismicidade.

Os Depósitos Flúvio-marinhos são sedimentos constituídos de areias finas, siltes e argilas finamente laminaadas. Possuem uma área de 2,7 km<sup>2</sup> (0,68%) e estão localizados no extremo leste da bacia. São ricos em carbonatos e matéria orgânica viva e biodetrítica. São associados aos depósitos de mangue e de planícies de maré, que, para a

BHRD, referem-se à foz do rio Doce.

Os Depósitos Eólicos Litorâneos Não-Vegetados são os que possuem menor área dentre as unidades geológicas sedimentares (1,83 km<sup>2</sup>, 0,46% da bacia) e se caracterizam por sedimentos formados de areias quartzosas finas a médias, de coloração esbranquiçada, com formas de dunas diversas, podendo haver transição com dunas vegetadas. Em imagens aéreas e orbitais, é facilmente identificado como dunas sem vegetação, existentes no extremo leste da bacia.

No período de transição entre o Neógeno e o Paleógeno, tem-se uma unidade geológica representada pelo Grupo Barreiras, localizado na porção noroeste da bacia, com uma área de 22,07 km<sup>2</sup> (5,56%), é formado por conglomerados a arenitos conglomeráticos e subordinadamente arenitos e argilitos. Possuem coloração avermelhada, com cimento ferruginoso e fraca diagênese. Podem apresentar horizontes e/ou colunas de oxidação em que assumem cores variegadas (branca, vermelha e roxa).

O período Cretáceo tem a Formação Açú como unidade geológica representada na bacia, ocupando uma pequena parcela, representando 2,68 km<sup>2</sup> (0,68%) da sua área total, na sua porção oeste. É composta por sedimentos arenosos, areno-argilosos, arenosos arcóseos, de granulação fina a média e conglomerático na base. Os sedimentos arenosos são poucos consolidados, apresentando-se silicificados (Amaral, 1990).

O período Ediacarano possui 2 (duas) unidades geológicas, localizadas na porção oeste da bacia: a Suíte Intrusiva Dona Inês e a Formação Seridó. A Suíte Intrusiva Dona Inês representa, na bacia, uma área de 65,23 km<sup>2</sup> (16,44%), e, segundo Angelim *et al.* (2006), é caracterizada como uma suíte sin a tardi-tectônica, cuja colocação é controlada pelas zonas de cisalhamento extensional. É composta por monzonitos a sienogranitos, equigranulares de granulação fina a média, com variações a microporfírica, e fácies com textura grossa transicionando para pegmatítica, tendo como minerais máficos a biotita e menos frente o anfibólio. Fonseca *et al.* (2012) complementam ao afirmar que a unidade é composta por Hornblenda e/ou biotita granitos, leucogranitos, com granulação fina a média e fácies com muscovita ou granada, de afinidade calcálica de alto Potássio (K).

A Formação Seridó representa 4,42 km<sup>2</sup> (1,11%) e é composta por micaxistos com porções subordinadas de calcário metamórfico, calcissilicáticas e anfibólitos, cujos constituintes minerais caracterizam uma sequência metamórfica da facies xistos-verdes a anfibólito. Segundo Fonseca *et al.* (2012), encontra-se a cordierita granada biotita xisto com textura lepidoblástica, veios centimétricos de quartzo.

### 3.1.2 Geomorfologia

A geomorfologia da BHRD pode ser dividida, no sentido oeste-leste, em 03 (três) setores, sendo possível identificar 06 (seis) unidades geomorfológicas distintas. A primeira é representada pela unidade Depressão Ser-

taneja (formas tabulares), que está localizada na porção oeste da bacia, chegando próximo à porção central.

Na porção central da bacia, avançando para a porção leste, têm-se a predominância da unidade Tabuleiros (formas tabulares), considerada a maior unidade existente na bacia. A outra unidade geomorfológica existente neste setor é a Planície de Inundação Fluvial, que percorre o leito dos rios que compõem a bacia.

Na porção leste da bacia encontram-se uma maior diversidade de unidades geomorfológicas, decorrentes das características geológicas e pedológicas locais. Observam-se as unidades Dunas Fixas e Dunas Móveis no extremo leste. Por fim, na porção sudeste da bacia encontra-se a unidade Planície Flúvio-Marinha.

A ocupação urbana se concentra na porção leste da bacia (cidades de Natal e Extremoz), com uma pequena parte na porção norte, representado pela cidade de Ceará-Mirim, além de alguns povoados e agrovilas espalhados pela porção centro-oeste da bacia (FIGURA 03).

*3.1.2.1 Espacialização e características das Unidades Geomorfológicas da BHRD*

A denominação Depressão Sertaneja proposta pelo IBGE (2009), se caracteriza como uma depressão periférica em relação aos Baixos Platôs da Bacia Potiguar, compreendendo um conjunto diversificado de padrões de relevo com

predomínio de superfícies aplainadas com relevo plano a suave ondulado, resultado de processos de arrasamento generalizado do relevo sobre diversos tipos de litologias. De acordo com Dantas e Ferreira (2010), as superfícies aplainadas da Depressão Sertaneja são arrasadas e em cotas baixas. No caso da bacia, esta unidade encontra-se nas cotas altimétricas que variam entre 120 e 57 metros, fazendo limite com a unidade Tabuleiros Costeiros.

Os Tabuleiros representam formas de relevos tabulares esculpidas em rochas sedimentares, pouco litificadas e dissecadas por uma rede de canais com baixa a moderada densidade de drenagem e padrão dendrítico, com predomínio da pedogênese, com formação de solos espessos e bem drenados, com baixa suscetibilidade a erosão (IBGE, 2009).

Na BHRD, representam 230,83 km<sup>2</sup>, equivalente a 58,18%, e estão localizados em cotas que variam entre aproximadamente 30 a 100 metros de altitude, assim como afirmam Dantas e Ferreira (2010), em relação a posição da unidade Tabuleiros no estado do Rio Grande do Norte. De acordo com os autores, esta unidade está, no litoral, sotoposta ao campo de dunas. Os canais principais esculpem vales amplos e encaixados em forma de “U”, resultado do processo de entalhamento fluvial e notável alargamento das vertentes do vale, via recuo erosivo das suas encostas. Estão embasados em rochas sedimentares

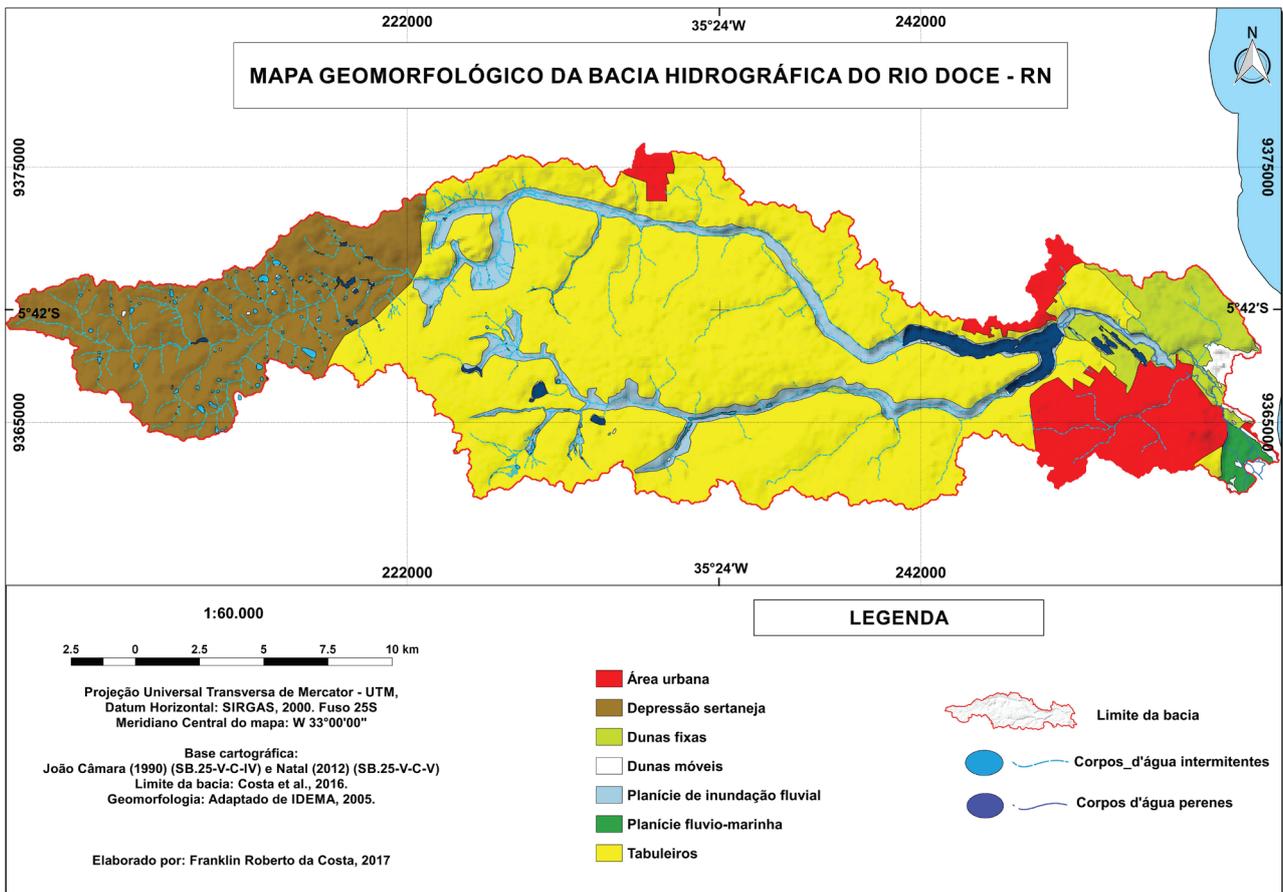


Figura 3- Mapa geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Doce.  
Fonte: Adaptado de IDEMA, 2005.

pouco litificadas do Grupo Barreiras, limitados a leste pelas planícies costeiras e, a oeste, pelas superfícies da Depressão Sertaneja.

A Planície de Inundação Fluvial, segundo Christofoletti (1981) e Guerra e Teixeira-Guerra (2008), são macroformas, em geral planas, localizadas acima do nível topográfico de um canal de rio, inundada quando o canal fluvial não comporta as águas em períodos de cheias periódicas e/ou excepcionais. Rocha (2011) complementa ao afirmar que esta planície é formada pela feição deposicional do vale do rio associada com um regime climático ou hidrológico da bacia de drenagem. Na BHRD, representam 31,98 km<sup>2</sup>, equivalente a 8,06%, e se encontra ao longo dos rios que a compõem, aumentando à medida que se aproxima da foz, tendo a maior área presente na Lagoa de Extremoz.

As Dunas encontradas na BHRD são divididas entre móveis e fixas. São caracterizadas por formarem superfícies de relevo ondulado, constituído de depósitos areno-quartzozos, depositados por ação eólica longitudinalmente a linha de costa. As dunas móveis encontram-se desprovidas de vegetação, apresentando mobilidade, principalmente próxima a linha de costa, localizada, principalmente, no município de Extremoz, com uma área de 20,39 km<sup>2</sup>, representando 5,14%. Já as dunas móveis encontram-se recobertos por vegetação pioneira (Pfaltzgraff, 2010).

A Planície Flúvio-marinha é a menor unidade geo-

morfológica da bacia e está localizada no extremo leste, na foz do rio Doce, com uma área de 2,84 km<sup>2</sup>, equivalente a 0,72% da bacia. Segundo Pfaltzgraff (2010), são superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais continentais e marinhos, constituídas de depósitos argilo-arenosos a argilosos. Terrenos mal drenados e inundáveis, com padrão de drenagem meandrante e divagante, sob influência de refluxo de marés.

### 3.1.3 Solos

O mapa de solos da BHRD teve como base o mapa de solos elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2014) (FIGURA 04). Foi realizada uma reinterpretação e atualização temática das variáveis existentes, a partir das imagens orbitais visualizados no plugin do Google Earth Pro aberto no QGIS Essen 2.14. O Google Earth disponibiliza imagens da empresa norte americana Digital Globe, responsável pelos satélites com as seguintes resoluções espaciais: Quickbird (60 cm), GeoEye-1 (50 cm), IKONOS (1m), WorldView-2 e 3 (50 cm), além das imagens do satélite Landsat 7 e 8. Nesse caso, o Google Earth trabalha com um misto de imagens que apresentam resoluções espaciais que variam de acordo com a escala analisada, observada a partir do zoom na imagem aberta no software. Realizou-se, também, visitas a campo visando solucionar dúvidas quando necessário.

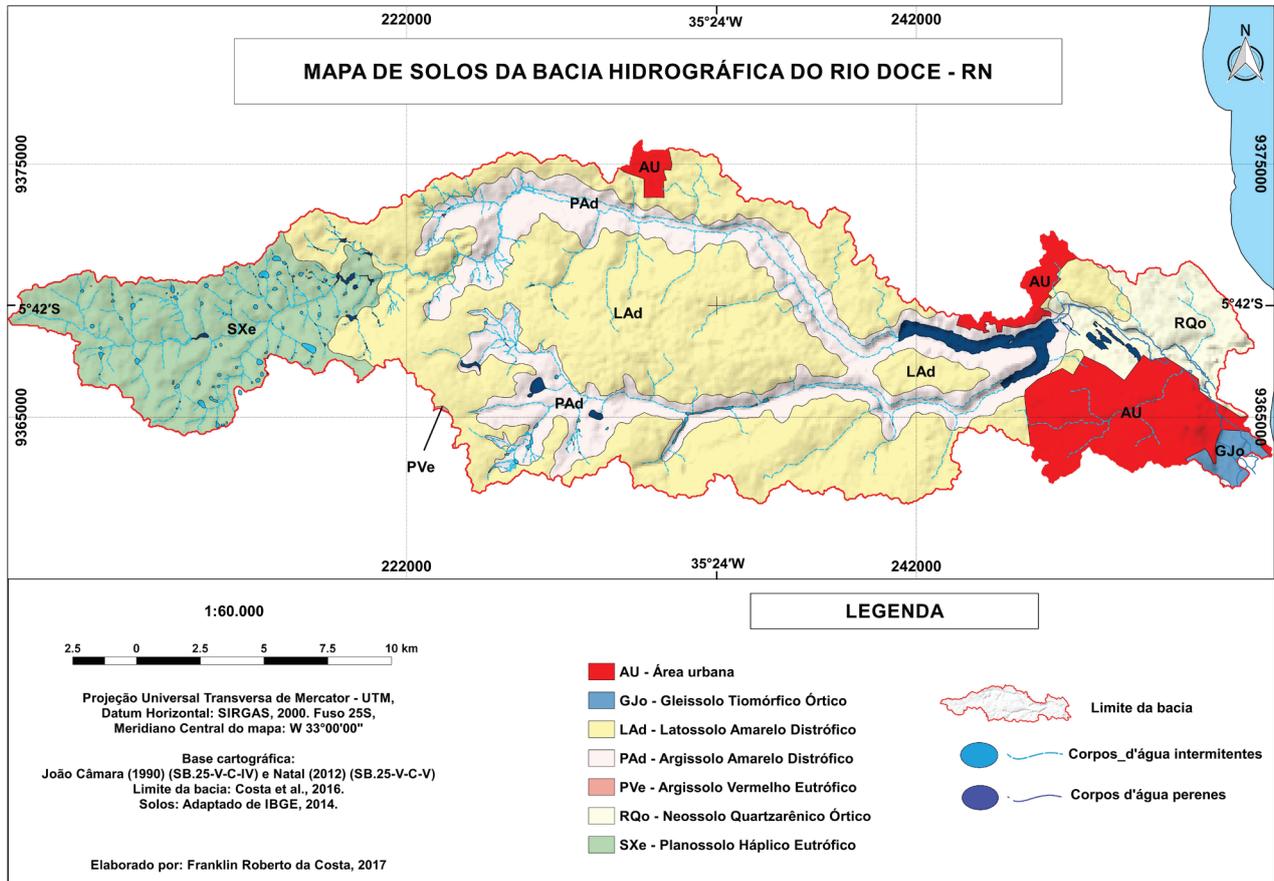


Figura 4- Mapa de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Fonte: Adaptado de IBGE, 2014.

De acordo com o IBGE (2014), os solos da bacia estão distribuídos a seguir, de acordo com suas respectivas áreas e os percentuais da distribuição na superfície da bacia (QUADRO 03).

### 3.1.3.1 Espacialização e características dos solos existentes na BHRD

O solo Argissolo Amarelo Distrófico é encontrado em praticamente toda extensão da bacia, seguindo os cursos principais dos rios. São solos constituídos por material mineral, que tem como características a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa. O horizonte B textural encontra-se abaixo de qualquer horizonte superficial. Uma pequena parte, localizado na porção central da bacia, próximo do seu limite territorial, tem-se a presença do solo Argissolo Vermelho Eutrófico, com uma área de 0,1 km<sup>2</sup>, representando 0,03%.

O solo Gleissolo Tiomórfico Órtico é pouco desenvolvido, lamacento, escuro e com alto teor de sais provenientes da água do mar, formados em ambientes de mangues a partir de sedimentos flúvio-marinho recentes, misturados com detritos orgânicos. Tais sedimentos são decorrentes da deposição pelas águas dos rios quando se encontram com as águas do mar, em condição de baixa energia. Estão localizados na foz do rio Doce, a leste da bacia e ocupam 3,35 km<sup>2</sup>, representando 0,84% da bacia (Jacomine, 2008).

Os solos do tipo Neossolo Quartzarênico Órtico ocupam uma área de 21,97 km<sup>2</sup>, o equivalente a 5,54% da superfície da bacia, localizados na porção leste. São constituídos por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso e não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido a baixa atuação dos processos endogenéticos.

O solo do tipo Planossolo Háplico Eutrófico é um solo mineral imperfeitamente ou mal drenado, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, textura mais leve, contrasta abruptamente com o horizonte B ou com transição conjugada. Geralmente com acentuada concentração de argila e permeabilidade lenta a muito lenta. São

encontrados na porção oeste, ocupando 60,29 km<sup>2</sup> da bacia, o que representa 15,2% da sua superfície.

Por fim, o solo Latossolo Amarelo Distrófico é constituído por material mineral, com horizonte B latossólico abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte superficial. São solos em estágio de intemperização avançado. É o solo mais abundante na bacia, localizado na porção central, ocupando 189,31 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 46,4% de toda a bacia.

### 3.1.4 Clima

Felipe *et al.* (2006) elaboraram o mapa das unidades climáticas do Estado, a partir de dados obtidos no Instituto de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte, dividindo-o em 5 (cinco) tipos: Úmido, Sub-úmido, Sub-úmido seco, Semiárido e Semiárido Rigoroso (FIGURA 5A).

A BHRD está localizada nas unidades climáticas Sub-úmido e Sub-úmido Seco. Segundo Felipe *et al.*, (2006), o clima Sub-úmido é caracterizado por médias pluviométricas anuais que variam entre 800 e 1200 milímetros. Equivale na classificação de Köppen, ao clima tropical chuvoso, com estação chuvosa começando entre fevereiro e março, prolongando-se até os meses de agosto e setembro.

Ainda segundo esses autores (*op cit*), o clima Sub-úmido seco possui média de precipitação entre 600 e 800 milímetros. Equivale na classificação de Köppen a transição entre o Tropical Típico (Aw) e o Semiárido (Bs).

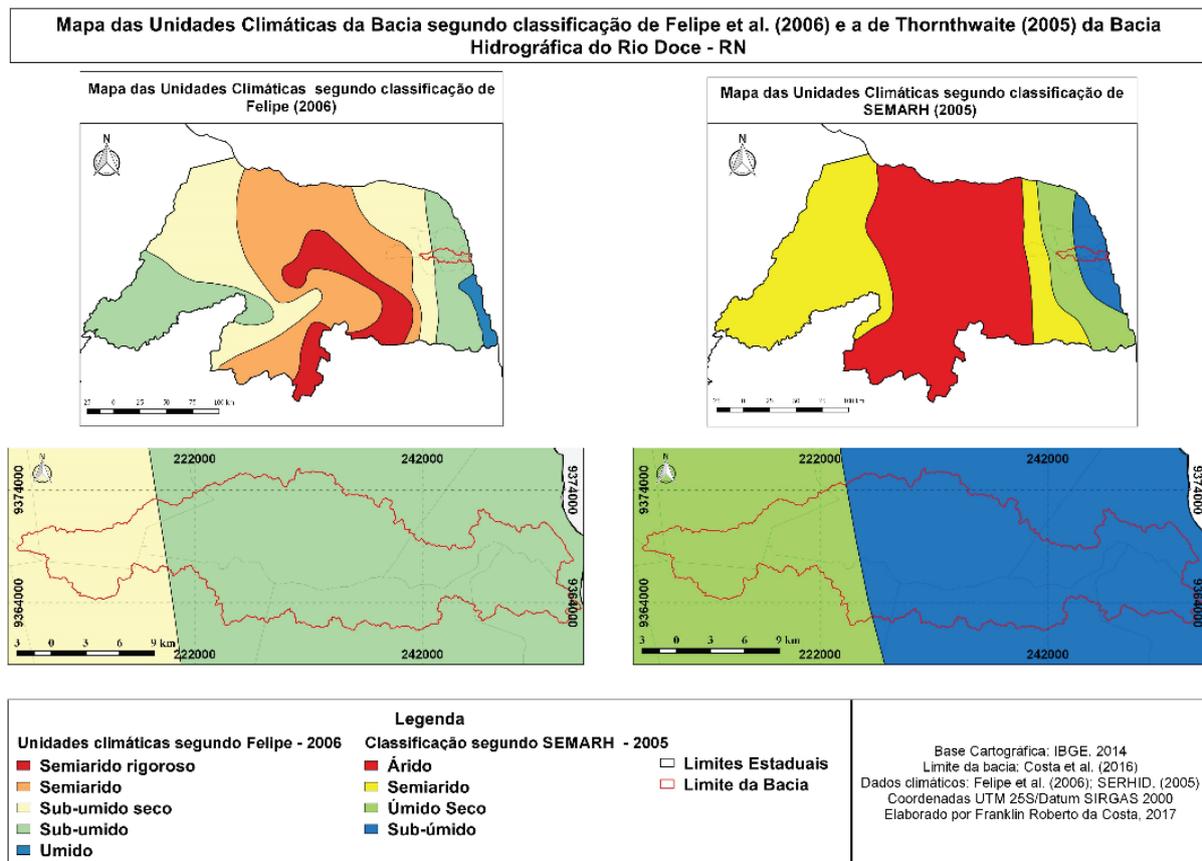
Já na classificação da SEMARH (2005) (FIGURA 5B), que teve como referência a classificação de Thornthwaite (1948), a bacia está inserida nas unidades Sub-úmido (C1DA'a') e Úmido seco (C1WA'a'). A primeira unidade tem como característica um clima seco e sub-úmido, com pequeno ou nenhum excesso de água, megatérmico e com baixa variação estacional.

O clima úmido seco tem como característica ser seco e sub-úmido, com moderado excesso de água, megatérmico, com baixa variação estacional. Percebeu-se que ambas as classificações indicam uma área de transição nas unidades climáticas existentes na bacia, partindo, de leste para o oeste, com menores precipitações.

Sigla	Legenda	Área km <sup>2</sup>	%
PVe	PVe - Argissolo Vermelho Eutrófico	0.1	0.03
GJo	GJo – Gleissolo Tiomórfico Órtico	3.35	0.84
Ag	Ag - Corpos d'água	7.4	1.87
RQo	RQo – Neossolo Quartzarênico Órtico	21.97	5.54
AU	AU - Área Urbana	28.1	7.08
SXe	SXe – Planossolo Háplico Eutrófico	60.29	15.20
PAd	PAd - Argissolo Amarelo Distrófico	86.18	21.72
LAd	LAd - Latossolo Amarelo Distrófico	189.31	47.72

**Quadro 3-** Solos distribuídos na Bacia Hidrográfica do rio Doce por km<sup>2</sup> e percentual de distribuição na superfície.

**Fonte:** Adaptado de IBGE, 2014.



**Figuras 5 A e B-** Mapa das unidades climáticas da BHRD organizado a partir dos autores Felipe et al (2006) (A) e na classificação da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do RN - SEMARH (2005) (B).

No entanto, a classificação mais utilizada para a região é a da SEMARH (2000), que, a partir da classificação de Köppen, caracteriza o clima como predominantemente do tipo As<sup>7</sup> – clima tropical chuvoso com verão seco. A estação chuvosa se aproxima no período do outono, entre os meses de março e junho. As chuvas anuais médias crescem do interior para o litoral, passando de 700 milímetros nas cabeceiras para 1.400 milímetros na foz.

A temperatura média no médio curso da bacia foi de 25,4°C, com variações de 24°C a 26,5°C e amplitude térmica de 2,5°C. Já no baixo curso, as temperaturas variaram entre 24,4°C e 27,3°C, com média anual de 26,2°C e amplitude térmica de 2,9°C. Em toda a bacia, os meses mais quentes são dezembro, janeiro e fevereiro e os mais frios são julho, agosto e setembro (Castro, 2000).

#### 3.1.4.1 Espacialização e características das precipitações na BHRD

Para o presente trabalho, foram utilizados os dados pluviométricos de todos os municípios que fazem parte da bacia, entre os anos de 1997 e 2016. Na FIGURA 6 apresenta-se o gráfico da média das precipitações anuais na BHRD, elaborado em planilha eletrônica.

A média pluviométrica anual da bacia, entre os anos de 1997 a 2016, é de 1.036,10 milímetros. Desta média, Natal possui a maior delas, com 1720,31 milímetros,

seguido pelos municípios de Extremoz com 1227,20 milímetros, São Gonçalo do Amarante com 1234,36 milímetros e Ceará-Mirim com 1164,04 milímetros, estes últimos localizados na porção centro-leste da bacia, mais próximos do litoral, também com valores acima da média anual da bacia. Já Ielmo Marinho com 961,21 milímetros, Taipu com 692,86 milímetros, Poço Branco com 664,03 milímetros e Bento Fernandes com 624,82 milímetros, localizados na porção centro-oeste da bacia, apresentam as menores médias pluviométricas, abaixo da média anual geral da bacia (FIGURA 7).

No período analisado, a maior precipitação anual no alto curso da bacia, foi de 1.387,7 mm, no ano de 2009 e a menor de 328,5 mm, no ano de 2010. A média obtida no período para o alto curso foi de 735,7 mm. No médio curso, a maior precipitação foi de 1.772,4 mm, no ano de 2004 e a menor de 609,1 mm, no ano de 2010. A média anual desse trecho da bacia foi de 1.199,2 mm. Já no baixo curso, a maior precipitação foi de 2.221,5 mm no ano de 2004 e a menor de 753 mm no ano de 2016, com média anual de 1.473,8 mm.

Na FIGURA 7, observa-se que, se afastando do litoral, a precipitação diminui consideravelmente, chegando ao extremo oeste da bacia com uma média anual com metade do valor da precipitação média anual do extremo leste. A zona de transição entre as áreas de maior e menor

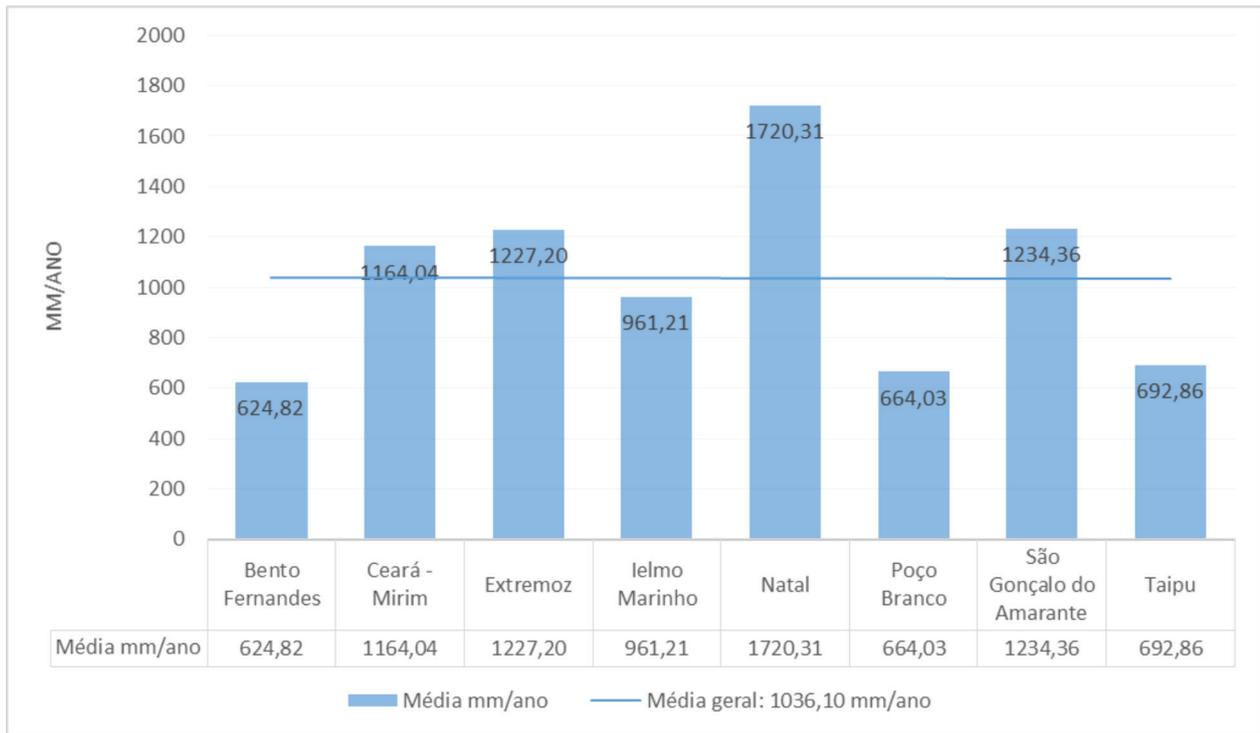


Figura 6- Gráfico representando a média da precipitação anual, por município, na BHRD.

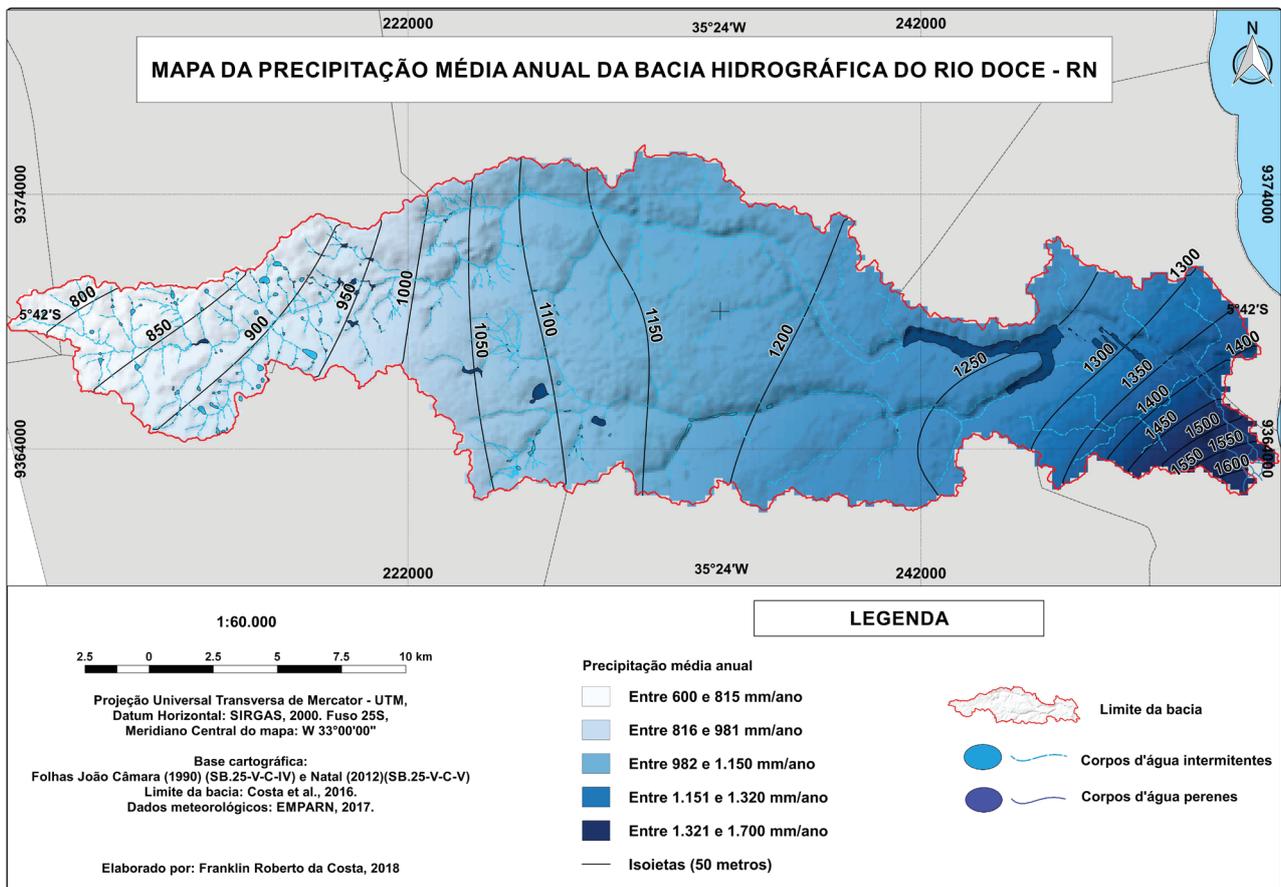


Figura 7- Mapa da média pluviométrica anual na BHRD (1997 – 2016).  
Fonte: EMPARN (2017).

precipitação anual está na porção central da bacia, onde pode-se perceber pelas isoietas, que a partir do oeste do município de Ceará-Mirim, as precipitações estão abaixo da média anual da bacia.

Para facilitar a análise dos intervalos das precipitações média anual por área da bacia (km e %) observadas no mapa da figura 09, realizou-se a vetorização da imagem tiff gerada pela interpolação dos dados, possibilitando a elaboração do quadro 4.

Observa-se que a maior área da bacia está na média pluviométrica anual, referente ao intervalo entre 907 a 1188 mm (199,3 km<sup>2</sup> ou 50,2%). Em seguida, aparece o intervalo entre 1189 a 1469, com uma área de 156,6 km<sup>2</sup>, localizado na porção centro-leste da bacia, representando 39,5% da sua extensão territorial.

Nos extremos aparecem as menores áreas em extensão para as menores e maiores classe de precipitação. O intervalo de 602 a 906 mm/ano, localizado no extremo oeste da bacia, apresentou 30,2 km<sup>2</sup> de extensão, o que representa 7,6% da área da bacia. Os intervalos de 1470 -1600 e acima de 1600 mm/ano estão localizados na porção extremo leste da bacia e apresentam 10,6 km<sup>2</sup> de extensão, representando 2,7% da bacia.

Para a bacia hidrográfica do rio Doce foram analisados os 8 (oito) municípios pertencentes a bacia, distribuídos em 5 microrregiões: Baixa Verde (Bento Fernan-

des e Poço Branco), Litoral Nordeste (Taipu), Macaíba (Ceará-Mirim, São Gonçalo do Amarante), Natal (Natal e Extremoz), Agreste Potiguar (Ielmo Marinho) Para cada Microrregião, a EMPARN (2017) adotou intervalos de valores, em quantis, que caracterizam a precipitação anual acumulada como muito seco, seco, normal e muito chuvoso (QUADRO 5).

De acordo com o QUADRO 5, observa-se que a média da bacia está caracterizada entre o período seco a normal, com predominância do -período seco. Analisando isoladamente cada município, Extremoz e Taipu se apresentaram como os mais secos no período, enquanto Ielmo Marinho foi o único a apresentar, como característica, um período normal a chuvoso. Os demais municípios estiveram na média da bacia como um todo, de seco a normal.

Em relação à média pluviométrica diária da bacia, entre os anos de 1997 a 2016, observou-se 07 (sete) dias de chuvas por mês, ao longo do ano (FIGURA 8). Os municípios acima da média foram Natal (14 dias) e Extremoz (08 dias). Os municípios de Ceará-Mirim e São Gonçalo do Amarante estiveram na média da bacia (7 dias). Abaixo da média estão os municípios de Poço Branco (6 dias), Ielmo Marinho (5 dias), Bento Fernandes (4 dias) e Taipu (3 dias).

De acordo com o gráfico, observa-se que há uma tendência de aumento das chuvas entre janeiro e março (6

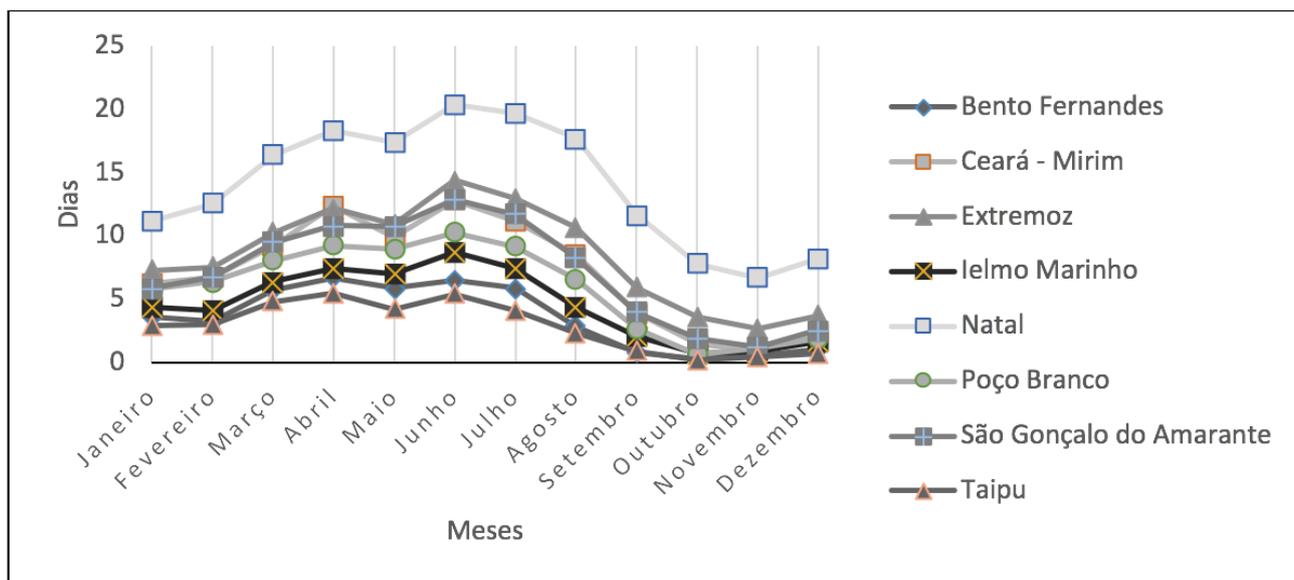
Classes de precipitação média anual (mm/ano)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
602 - 906	30.2	7.6
907-1188	199.3	50.2
1189 – 1469	156.6	39.5
1470 – 1600	9.2	2.3
acima de 1600	1.4	0.4

**Quadro 4-** Intervalos das precipitações média anual por área da bacia em km<sup>2</sup> e percentual

Município	Média da Pluviosidade anual	Muito Seco	Seco	Normal	Muito Chuvoso	Característica da precipitação acumulada no ano
Bento Fernandes	<b>624,8</b>	389,21	528,12	740,72	1005,71	Seco a Normal
Ceará – Mirim	<b>1164,0</b>	826,66	1101,9	1478,4	1779,23	Seco a Normal
Extremoz	<b>1227,2</b>	1185,77	1581,7	2015,2	2263,51	Muito seco a seco
Ielmo Marinho	<b>961,2</b>	448,96	572,24	781,58	1071,51	Normal a chuvoso
Natal	<b>1720,3</b>	1185,77	1581,7	2015,2	2263,51	Seco a Normal
Poço Branco	<b>664,0</b>	389,21	528,12	740,72	1005,71	Seco a Normal
São G. Amarante	<b>1234,4</b>	826,66	1101,9	1478,4	1779,23	Seco a Normal
Taipu	<b>692,9</b>	713,47	889,72	1216,17	1642,12	Muito seco
Media	<b>1036,10</b>	<b>745,71</b>	<b>985,68</b>	<b>1308,30</b>	<b>1601,32</b>	<b>SECO A NORMAL</b>

**Quadro 5-** Caracterização da precipitação acumulada, por ano, entre 1997 e 2016

Fonte: Adaptado da EMPARN, 2017.



**Figura 8-** Gráfico representando a média da precipitação diária por meses, por município, na BHRD. Fonte: Elaborado pelos autores. Dados obtidos na EMPARN, 2017.

a 9 dias). A partir do mês de abril, até o mês de julho, as chuvas diárias aumentam em números de dias, bem como no volume de água. Considera-se esse período como o mais chuvoso na bacia.

A partir de julho, os dias com precipitação diminuem, bem como seu volume d'água. Considera-se o período entre setembro e dezembro como o mais seco na bacia, com a média máxima de 4 dias com chuvas (setembro) e a mínima de 2 dias (outubro e novembro).

A soma das chuvas diárias, no período de um ano, apresentou uma média de 81 dias, equivalentes a aproximadamente 3 meses por ano. Os municípios com mais meses chuvosos no período de 01 (um) ano foram Natal (06 meses), seguido de Extremoz, São Gonçalo do Amarante e Ceará-Mirim (3 meses). Os demais municípios apresentaram menos de 3 meses de chuvas por ano (FIGURA 9).

O município menos chuvoso foi Taipu, com a média de 34 dias de chuvas por ano, equivalente a um pouco mais 1 (um) mês. Em seguida aparecem Bento Fernandes (43 dias), Ielmo Marinho (55 dias) e Poço Branco (71 dias).

### 3.1.5 Hidrografia

A caracterização do meio físico tem na hidrografia, uma das principais variáveis utilizadas para se entender a dinâmica de formação de uma bacia hidrográfica. Permite, nesse sentido, avaliar as diferentes dinâmicas, interações ecossistêmicas e fluxos de massa.

Neste sentido, entende-se como bacia hidrográfica, uma área formada por um rio principal e seus afluentes. Esses afluentes seguem em direção ao rio principal e este segue em direção a foz para desaguar, no caso da BHRD, no estuário do rio Potengi.

#### 3.1.5.1 Espacialização e características da hidrografia na BHRD

A hidrografia da BHRD é formada por 3 microbacias, em duas delas os 02 (dois) rios principais, bem como

seus afluentes são considerados intermitentes quais sejam os rios do Mudo e o Guajirú e na terceira bacia o rio principal, que é o rio Doce é perene, enquanto seus afluentes são intermitentes (FIGURA 10).

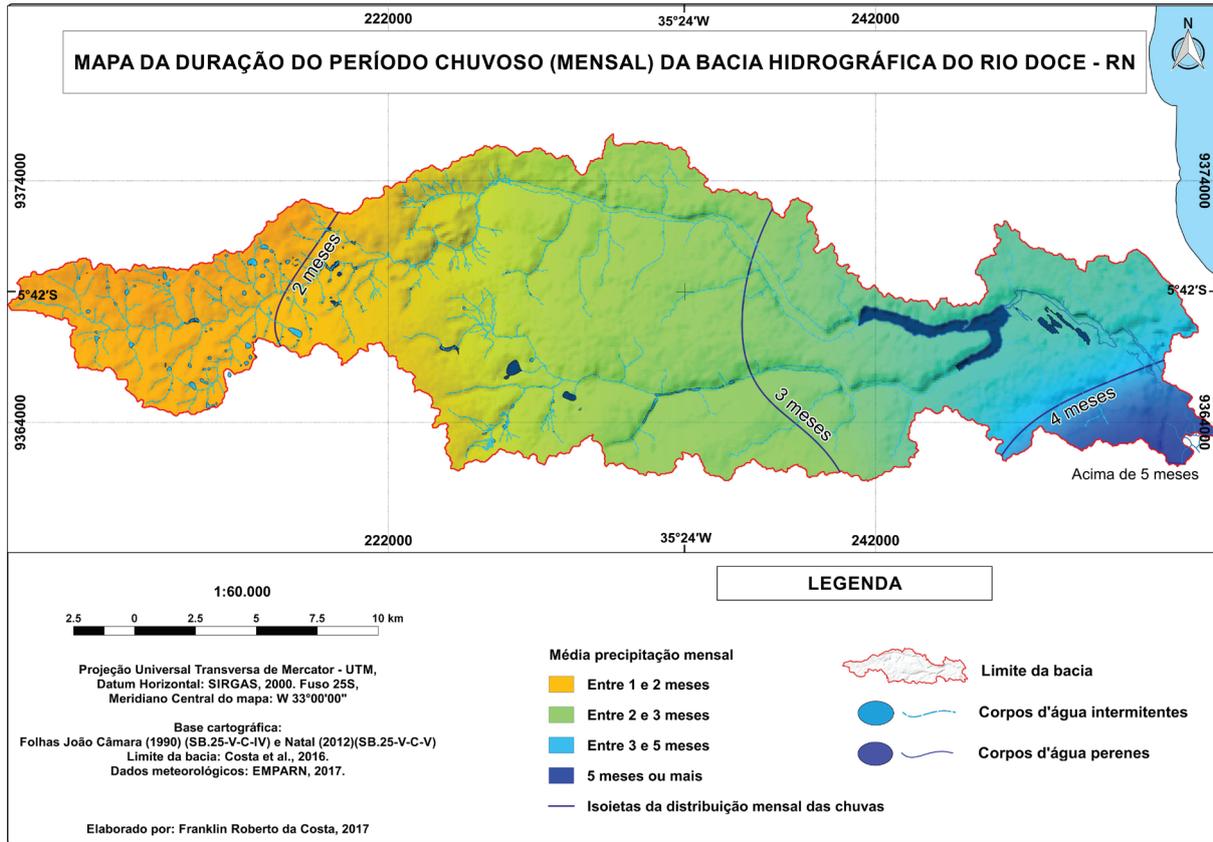
O rio Doce é formado a partir da unificação dos rios do Mudo e Guajirú dentro da Lagoa de Extremoz. Segundo Cunha (2004), o rio Doce corre sobre sedimentos quaternários de dunas e aluviões até a sua desembocadura. É alimentado por olhos de água em aproximadamente 14 km de percurso, pois seu leito está em um nível mais baixo que o nível estático das águas.

De acordo com a FIGURA 10, observa-se que a maior sub-bacia é a do rio do Mudo, com uma área de 213,84 km<sup>2</sup>, ou 53,9% da bacia. Seu rio principal possui uma extensão de, aproximadamente, 47 km. A segunda maior bacia é a sub-bacia do rio Guajirú, com 119,09 km<sup>2</sup>, representando 30% da bacia, cujo rio principal e homônimo percorre uma extensão de 28 km. Já a sub-bacia do rio Doce possui uma área de 63,77 km<sup>2</sup>, ou 16,1% da bacia homônima. Seu rio principal possui uma extensão de 12 km, a partir da passagem da água da Lagoa de Extremoz para o rio.

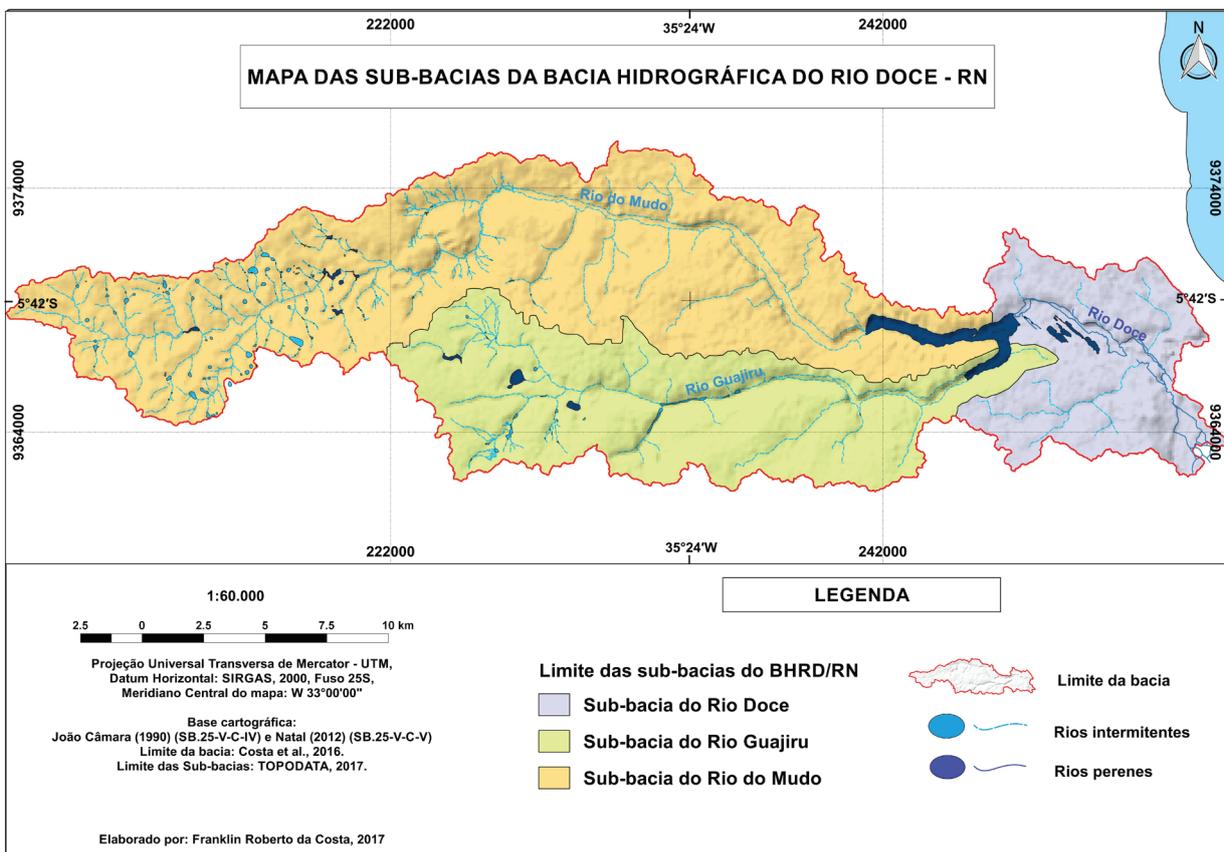
Os cursos d'águas intermitentes estão localizados em uma região de clima mais árido, cujas características são a baixa pluviosidade e temperaturas elevadas, aumentando a evapotranspiração. O rio perene é alimentado pelo aquífero Dunas/Barreiras, principalmente a partir da Lagoa de Extremoz a jusante da bacia (Castro, 2000).

### 3.1.6 Vegetação

A bacia hidrográfica do Rio Doce/RN apresenta pequenas porções do seu território cobertas com vegetação nativa e sucessionais. Isso porque, as formas de ocupação marcaram a supressão da vegetação para o desenvolvimento de atividades diversas, destacando-se o desmatamento para produção agrícola, a pecuária e a expansão urbana.



**Figura 9-** Mapa da duração do período chuvoso em número de meses na BHRD.  
Fonte: EMPARN, 2017.



**Figura 10-** Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – RN.

### 3.1.6.1 Espacialização e características dos tipos de cobertura vegetal existentes na BHRD

As formações vegetais encontradas na BHRD pertencem ao Domínio fitogeográfico Caatinga, e uma pequena parte, mais a leste da bacia, ao Domínio Mata Atlântica. De acordo com IBGE (2014), as formações existentes na bacia são: Savana Estépica Arborizada, Savana Arborizada e Formações Pioneiras com Influência Fluvial e/ou Lacustre e Fluviomarinha (Mangue). As áreas antropizadas foram divididas em: Área de Influência Urbana, Cultura Permanente, Cultura Temporária, Pastagem e Dunas não vegetadas (QUADRO 6).

O trabalho originalmente desenvolvido pelo IBGE (2014) foi executado na escala 1:250.000 e contribuiu para a identificação das principais formações de vegetação da bacia. No entanto, para o presente trabalho, apoiado pelo Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), interpretação visual de imagens orbitais e visita a campo, foi possível um nível maior de detalhe das Formações Pioneiras e as Formações com Influências fluviais e lacustres (FIGURA 11).

Nesse caso, foram inseridas a Formação de Influência Fluvial e/ou Lacustre arbórea, a arbustiva e a herbácea, a Formação Pioneiras de restinga arbustiva-arbórea; e a Formação Pioneiras de Influência Fluviomarinhas Arbórea (Mangue)

Para caracterizar a vegetação da BHRD, utilizou-se o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012). A Savana-Estépica Arborizada é um subgrupo da Formação Savana-Estépica e se caracteriza por ser estruturado a partir de 02 (dois) estratos: um arbustivo-arbóreo superior, esparsos, com predominância de nanofanerófitas, menos adensadas e com grossos troncos em geral, profusamente esgalhados e espinhosos; e o outro, inferior gramíneo-lenhoso.

Na BHRD, encontram-se isoladamente espalhadas na porção oeste da bacia, chegando a parte central em menor quantidade e porte. Encontra-se também associada

com as Florestas Estacionais Deciduais das Terras Baixas, onde se encontra a maior área preservada da bacia, bem como com a Formação Flúvio-lacustre arbóreo ao longo dos rios Mudo e Guajirú e a uma área antropizada na porção nordeste.

A Savana Arborizada (conhecida como Cerrado) é comumente encontrada na região Centro-Oeste brasileiro. No entanto, encontram-se áreas cobertas com esse tipo de formação vegetacional em todo o país. Tem como característica uma fisionomia nanofanerofítica rala e outra hemicriptofítica contínua. Possui uma composição florística semelhante à da Savana Florestada. Na BHRD, encontra-se isoladamente na porção centro-sul da bacia, próximo do Aeroporto Internacional Augusto Severo e algumas reservas, associadas a atividades antrópicas na porção central da bacia.

Na BHRD, as Formações Pioneiras com Influência Fluvial e/ou Lacustre e a Fluviomarinhas foram classificadas em Herbáceas, Arbustivas e Arbóreas. De uma maneira geral, as Formações Pioneiras estão relacionadas às áreas com solos instáveis, submetidas aos processos de acumulação lacustre, fluvial, marinha e fluviomarinha. São cobertas por vegetação de primeira ocupação com caráter edáfico, formada por plantas adaptadas às condições ecológicas locais.

A Formação Pioneira Fluviomarinha, representada pela vegetação manguezal, é a comunidade microfanerofítica de ambiente salobro, situada na desembocadura de rios e regados no mar, com plantas adaptadas à salinidade das águas.

As comunidades vegetais de influência marinha (restinga) são divididas em áreas praias, dunas e pontal rochoso. As áreas de praia possuem plantas escandentes e estoloníferas que atingem as dunas, contribuindo para fixá-las. Nas dunas, as plantas possuem um caráter mais lenhoso. No “pontal rochoso”, as plantas aparecem com porte maior, associada a cactáceas e diferentes espécies de bromélias.

TIPO DE COBERTURA VEGETAL	KM <sup>2</sup>	%
Cultura Permanente	77.12	19.44
Cultura Temporária	134.88	34.00
Dunas não vegetadas	1.31	0.33
Formação Pioneira de Influência Fluvial e Lacustre	7.38	1.86
Formação Pioneira de Influência Fluviomarinha	2.28	0.57
Formação Pioneira de Restinga arbustiva-arbórea	6.23	1.57
Pastagem	35.8	9.02
Savana Arborizada	24.64	6.21
Savana Estépica Arborizada	38.82	9.79
Total	328.46	82,8*

**Quadro 6-** Tipos de cobertura vegetal, descontadas as áreas urbanas.

\*Descontados as áreas de influência urbana.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

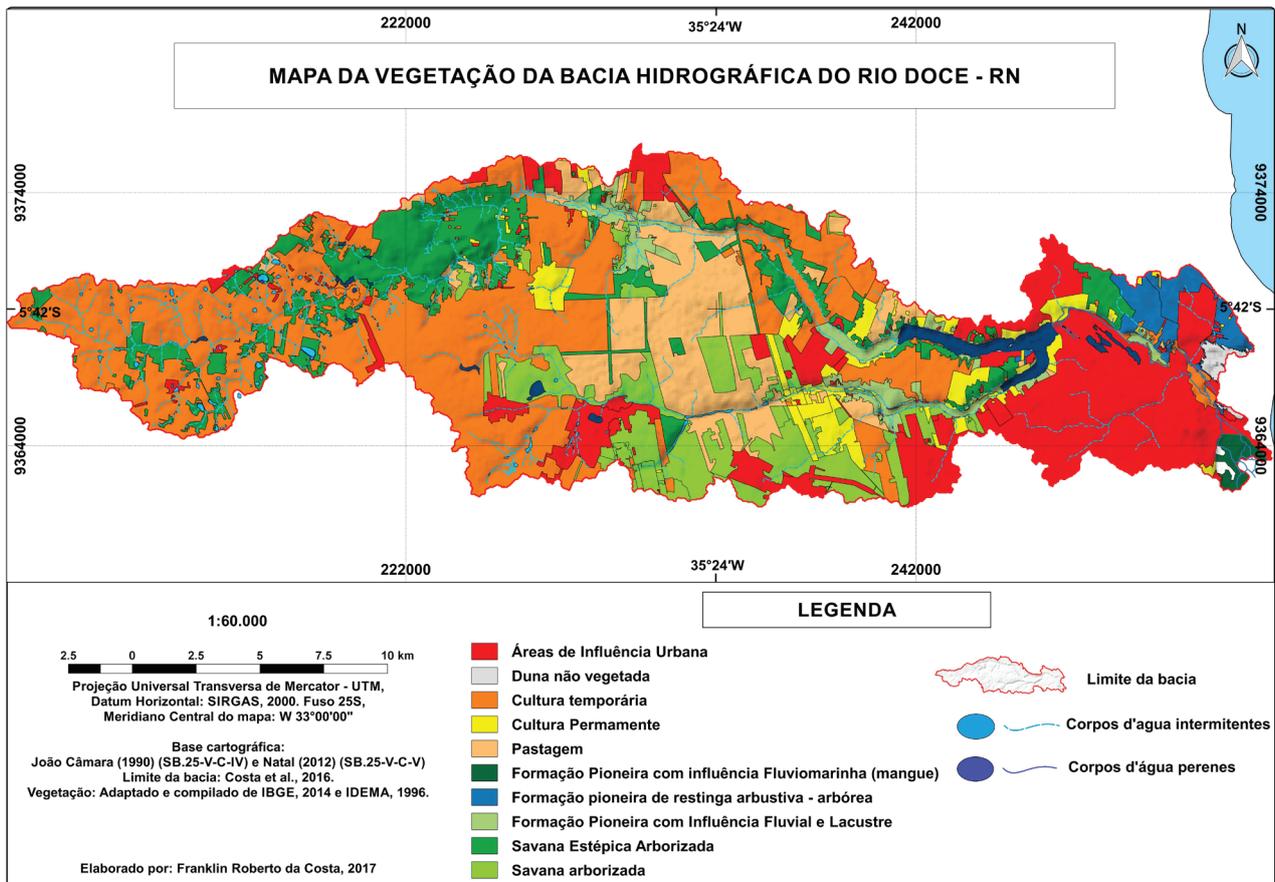


Figura 11- Mapa da vegetação da Bacia Hidrográfica do Rio Doce - RN

A vegetação com influência fluvial são comunidades vegetais de planícies aluviais que refletem o efeito das cheias dos rios em épocas chuvosas, ou de depressões alagáveis todos os anos. Na BHRD, as Formações pioneiras estão localizadas as margens dos rios Mudo, Guajirú e Doce (Fluvial e Lacustre) e na foz do rio Doce (Fluvio-marinho).

### 3.2 USO E COBERTURA DA TERRA DA BHRD

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce está localizada em uma área que vem, ao longo dos anos, sendo explorado pelo homem os mais diversos fins. Desde a ocupação urbana à mineração, passando por cultivo da agricultura familiar a produção de monocultura da cana de açúcar. O fato é que a área da bacia vem passando por processos de ocupação que podem ser considerados como produtores de irreversíveis danos ambientais, notadamente no que diz respeito aos recursos hídricos.

Para entender a dinâmica de uso e ocupação da BHRD, propôs-se analisar, a partir do mapa de uso e cobertura da terra, seguindo a metodologia adotada pelo IBGE (2013), bem como visitas a campo, o atual processo de ocupação territorial da bacia (FIGURA 12).

Nesse sentido, desenvolveu-se um quadro com os principais tipos de coberturas da terra, nos níveis I e II, relacionando-as com a área e o percentual ocupado na bacia (QUADRO 7).

De um modo geral, a BHRD apresenta-se alterada por ações antrópicas que modificaram a paisagem local ao longo dos anos. As áreas de preservação da vegetação natural existentes estão delimitadas por áreas de cultivo, pastagem e ocupações urbanas. Representam 110,35 km<sup>2</sup>, ou 27,82 % de toda a bacia. Destas, 36,40 km<sup>2</sup> (9,18%) já foram alteradas por atividades antrópicas, ou tem como característica a formação campestre e 73,95 km<sup>2</sup> (18,64%) apresentam-se como florestas preservadas e/ou recuperadas.

As dunas móveis e fixas, consideradas como unidade ambiental de preservação pela lei estadual n.7.871 (Rio Grande do Norte, 2000), ocupam uma área de 1,65 km<sup>2</sup> e 10,75 km<sup>2</sup>, respectivamente, ocupando 3,22% da bacia. No entanto, essa unidade apresenta uma série de ocupações irregulares, comprometendo quase 50% da sua área, principalmente pela retirada da restinga (vegetação característica das dunas fixas) (FIGURA 13).

Na classificação do uso e cobertura da terra, as dunas móveis fazem parte da área descoberta, juntamente com os solos expostos observados na bacia. Já as dunas fixas são cobertas por vegetação e, por esse motivo, são classificadas como campestre.

Outra área que se apresenta parcialmente preservada é o mangue. Com uma área de 2,26 km<sup>2</sup>, representa 0,57% da bacia. Apesar de estar inserida na classe Floresta, vem sofrendo ações pontuais, ligadas, principalmente,

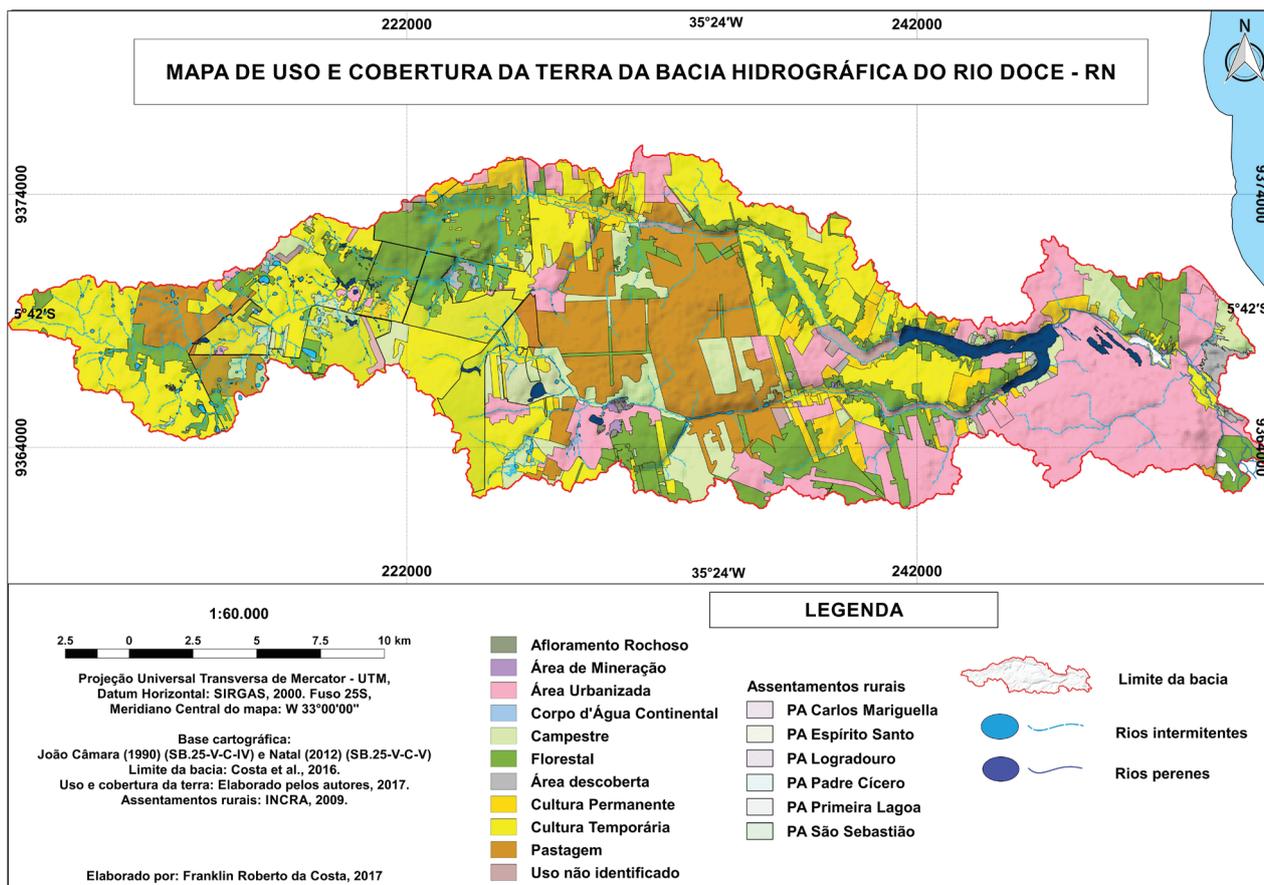


Figura 12- Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Doce - RN

Tipo de Uso		Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Nível I	Nível II		
1. Áreas antrópicas não agrícolas	1.2 Área de Mineração	1.03	0.26
	1.3 Área Urbanizada	162.87	41.06
2. Áreas antrópicas agrícolas	2.1 Cultura Permanente	20.25	5.10
	2.2 Cultura Temporária	30.54	7.70
	2.3 Pastagem	51.93	13.09
	2.4 Área descoberta	4.67	1.18
3. Áreas de vegetação natural	3.1 Campestre	36.40	9.18
	3.2 Florestal	73.95	18.64
4. Água	4.1 Corpo d'água	9.22	2.32
5. Outras áreas	5.1 Uso Não Identificado	5.26	1.33
	5.2 Afloramento Rochoso	0.58	0.15

Quadro 7- Principais tipos de cobertura e uso da terra na BHRD, com área e percentual de ocupação a partir de imagens e satélite e dados de campo.

a expansão urbana nos seus arredores, que desviaram e retificaram o rio Doce, como pode ser visto na figura 14.

Observa-se, na figura 14, que houve uma retirada da vegetação para a implementação de rodovias para a melhoria na acessibilidade da Zona Norte da cidade de

Natal, buscando desafogar o intenso trânsito existente naquele local.

A mineração, classificada como área antrópica não agrícola, está distribuída nas áreas em que a Geologia é caracterizada como pertencente a Suíte Intrusiva Dona



**Figura 13-** Área de Dunas Móveis e Fixas com ocupações irregulares.



**Figura 14-** Vista aérea do rio Doce sob viaduto na Zona Norte de Natal – RN. (RIO GRANDE DO NORTE, 2016)

Inês, com extração, basicamente, de materiais para construção civil, como o granito. São nessas áreas, também, onde foi possível observar os afloramentos rochosos existentes na bacia. Além da extração mecanizada na sub-bacia do Guajirú, observou-se a extração artesanal próximo a nascente da sub-bacia do Rio do Mudo. Já na porção central da bacia, a areia e a argila foram os materiais mais extraídos para a construção civil, principalmente ao longo do rio Guajirú.

As áreas urbanizadas da bacia, que ocupam 162.87 km<sup>2</sup> (41,06%), foram classificadas tendo em vista 03 (três) formas de ocupação: “áreas urbanas consolidadas”, “áreas urbanas em expansão” e “áreas rururbanas”.

As áreas urbanas consolidadas são representadas por parte das cidades de Ceará-Mirim, Extremoz, São Gon-

çalo do Amarante e a Zona Norte de Natal, possuindo infraestruturas que a caracterizam como uma área urbana (CORRÊA, 1989).

As “áreas urbanas em expansão”, no presente trabalho, são regiões periféricas às áreas de urbanização consolidada ou distritos com infraestrutura que a definem como áreas urbanizadas. Predominam ocupações voltadas para moradia e/ou comércios e indústrias. Destacam-se áreas próximas a lagoa de Extremoz, às margens do Rio Guajirú e no sul da cidade de Ceará-Mirim, ao longo da BR- 406.

Área rururbana, conforme conceitua Gomes (2005), é caracterizada como um assentamento populacional localizado próximo aos centros urbanos onde há atividades rurais, como a produção agrícola, e não rurais, como os

pequenos comércios. Nesse caso, inseriu-se as agrovilas dos 07 (sete) assentamentos rurais implantados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA. Essas áreas que agrupam centenas de famílias que cultivam em terras cedidas pelo Governo. Além das agrovilas, identificou-se alguns sítios e povoados que não a caracterizam como uma área urbana, mas um conjunto de famílias vivendo em comunidades.

Na classificação das atividades antrópicas agrícolas, as culturas permanentes compreendem os cultivos de plantas perenes que produzem por vários anos sucessivos, sem a necessidade de novos plantios após colheita, como espécies frutíferas (mangueiras, bananeiras, cajueiros, laranjeiras), produtoras de fibras (coco-da-baía) e oleaginosas (IBGE, 2013).

Na BHRD, as principais culturas perenes são voltadas para a produção de coco e outras culturas frutíferas tais como mangueiras e cajueiros, em uma área geográfica de 20,25 km<sup>2</sup>, representando 5,10% da bacia. Devido a necessidade considerável de água para irrigação e ao tipo de solo existente na região, grande parcela dessas áreas estão localizadas às margens dos rios que formam a bacia, principalmente nas proximidades da lagoa de Extremoz.

A cultura temporária é o cultivo de plantas de curta ou média duração, com ciclo vegetativo inferior a um ano. Dentre as culturas existentes, destacam-se as de grãos e cereais, bulbos, raízes, tubérculos e hortaliças. No mapeamento de uso e cobertura da terra é considerada a maior produção da bacia. Algumas áreas confundem-se com a pastagem, ou são desenvolvidas de maneira consorciada.

Observou-se que a cultura temporária se localiza no extremo oeste da bacia e na nascente do rio Guajiru, percorrendo toda a bacia, além da produção ao longo do rio do Mudo e consorciado com pastagens existentes na porção central da bacia. Em áreas de expansão urbana, percebeu-se que a cultura temporária está, gradativamente, sendo abandonado para a construção de loteamentos residenciais.

Dentre as atividades mais observadas na bacia, a cana de açúcar se destaca na parte centro-leste da bacia, enquanto a plantação de cereais e grãos são mais observados na porção centro-oeste. O plantio de frutas, como o abacaxi, também se faz presente na bacia. Importante salientar que nos rios Doce e Guajirú existe uma grande área de plantio de hortaliças, responsáveis por abastecer a Região Metropolitana de Natal.

A área de pastagem é caracterizada pelo IBGE (2013) sendo aquela destinada a pecuária, formada pelo plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais. O solo é coberto por gramíneas e/ou leguminosas, variando entre alguns decímetros a alguns metros de altura. A área de pastagem na BHRD está localizada no extremo oeste da bacia, próximo a nascente do Rio Mudo, e na porção central da bacia, consorciada com culturas temporárias e permanentes e áreas campestres.

Na classificação das áreas de vegetação natural, ob-

servou-se duas categorias: Campestre e Florestal. As áreas classificadas como Campestre são aquelas que se caracterizam, segundo IBGE (2013), por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. De acordo com IBGE (2012), podem ser encontradas em Savanas, Estepes, Savana-Estépica, Formações Pioneiras e Refúgios Ecológicos. Além disso, quando destinadas ao pastoreio de gado, são consideradas pastagens naturais, ainda que tenham recebido algum manejo.

Na BHRD, as áreas campestres representam 9,18% da cobertura da bacia e estão inseridas ao longo de toda sua extensão, principalmente na parte central. Se caracteriza por uma vegetação arbustiva, em áreas de produção agrícola abandonada, áreas de restinga próximo ao litoral e como pastagem para animais de criação como bovinos, equinos e caprinos.

A área Florestal é caracterizada como formações arbóreas com porte maior que 5 (cinco) metros, incluindo a Floresta Densa, Floresta Aberta, Floresta Estacional, Floresta Ombrófila Mista e as áreas de mangue (IBGE, 2013). Distribuída ao longo de toda bacia, mas cercada por atividades antrópicas, cerca de 73,95 km<sup>2</sup> ou 18,64% da cobertura da terra pertence a essa categoria. Encontra-se ao sul da bacia, nas proximidades do Aeroporto Internacional de Natal – Governador Aluizio Alves; na porção noroeste, na sub-bacia do rio do Mudo; ao longo dos rios Guajiru e do Mudo, nas proximidades da Lagoa de Extremoz; na porção norte da sub-bacia do rio Doce e na área de mangue, localizada na foz do rio Doce.

No tocante a água, observou-se que os corpos d'água existentes na bacia estão distribuídos, na porção oeste, por vários barreiros e pequenos açudes, formados de maneira natural e/ou construídos pelo homem. Na porção central da bacia, os corpos d'água se concentram próximo a nascente do rio Guajirú e ao longo do mesmo rio, por barreiras construídas pelos proprietários das terras por onde o rio percorre.

O que se coletou em campo, e conforme depoimentos de vários proprietários, há o rebaixamento acentuado no nível do lençol freático nas regiões oeste e central da bacia. No assentamento Padre Carlos Mariguella, os poços perfurados produziam água a 8 (oito) metros de profundidade e atualmente está a 15 metros.

Por fim, as áreas classificadas como uso não identificado foram aquelas que se localizavam em pontos de difícil acesso e interpretação nas imagens orbitais, como também áreas de usos múltiplos, principalmente as margens dos rios do Mudo e Guajirú, próximo das desembocaduras na Lagoa de Extremoz.

#### 4- CONCLUSÕES

A sistematização dos dados produzidos, bem como os pré-existentes da BHRD, permitiu montar uma base de dados georreferenciados, em escala cartográfica média de 1:100.000, contendo os mapas do meio físico relacionados à Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Clima, além dos mapas de vegetação e uso e ocupação do solo.

Observou que grande parte da BHRD está alterada por atividades antrópicas, tendo a agropecuária como o principal tipo de uso da terra em toda a bacia. Na porção centro-oeste destaca-se a pastagem e a cana de açúcar. Mais a leste observou-se a cultura perene, principalmente ligada a fruticultura, mas também a pecuária e a cultura sazonal.

Além disso, percebe-se o avanço das áreas urbanas para o leito dos rios, principalmente do rio do Mudo, nas cidades de Natal, Extremoz e Ceará-Mirim e no Guajuru e Doce pelas cidades de São Gonçalo do Amarante e Natal. O resultado desse processo de ocupação é a degradação ambiental da bacia, tais como a diminuição da

quantidade e qualidade das águas da bacia subterrâneas e superficiais; a perda de fertilidade e a contaminação do solo; a perda da vegetação nativa para ocupação urbana, inclusive em áreas protegidas por lei; a mudança da paisagem local pela extração mineral.

Entende-se, portanto, que os produtos gerados neste trabalho permitiram identificar os principais elementos ambientais que constituem a BHRD, servindo como subsídio para a elaboração de trabalhos que visem a análise das potencialidades e vulnerabilidades do uso do solo e, conseqüentemente, o planejamento ambiental e ordenamento territorial da presente bacia.

### Referências bibliográficas

- AB'SABER, A. N. 1969. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. *Geomorfologia*, 18:1-23.
- AMARAL, C. A. (Org.). 1990. João Câmara (RN). SB. 25-V-C-IV. Estado do Rio Grande do Norte. Brasília: DNPM; CPRM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, escala 1:100.000.
- ANGELIM, L. A. A., NESI, J. R., TORRES, H. H. F., MEDEIROS, V. C., SANTOS, C. A., VEIGA, J. P. Jr, MENDES, V. A. 2006. Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Recife, CPRM-Serviço Geológico do Brasil, escala 1:500.000.
- AYACH, L.R.; CUNHA, E.R.; SILVA, L.F.; BACANI, V.M. 2012. Utilização de imagens google Earth para mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Córrego Indaiá, MS. *Revista Geonorte, Edição Especial*, v.2, n.4, p.1801-1811.
- AZEVEDO, P. G. 2006. Identificação e análise da degradação ambiental no Rio Doce/RN. 58ª Reunião Anual da SBPC - Florianópolis, SC. Anais....
- BARBOSA, J. et al. Genotoxicity assessment in aquatic environment impacted by the presence of heavy metals. 2010. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 73: 320–325.
- BEZERRA, F.H.R. et al. Macau (RN): Mapa geológico. SB-24 -X-D-II. Recife, CPRM/UFRN: 2006. 1 mapa color, escala 1:100.000.
- BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. 2003. Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu. Rima, São Carlos, 278 p.
- CARDOSO, J.; AQUINO, C.M.S. 2014. Mapeamento atua do uso e cobertura das terras da sub-bacia do Riacho do Roncador em Timon (MA) utilizando imagens do Google Earth. *Revista OKARA*, v.8, n.2, 2014, p.328-343.
- CASTRO, V.L.L. 2000. Águas subterrâneas no curso inferior da bacia do rio Doce/RN: subsídios para um gerenciamento integrado. Tese de Doutorado. Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo – USP, 211p.
- CORRÊA, R.L. 1989. O espaço urbano. Editora Ática, São Paulo, 94p.
- COSTA, F.R.; SOUZA, R.F.; SILVA, S.M.P. Análise comparativa de metodologias aplicadas à delimitação da bacia hidrográfica do Rio Doce – RN. *Sociedade e Natureza*, n.28, v.3, 2016, p.429-442.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1981. *Geomorfologia fluvial*. Edgard Blücher, São Paulo, 313p.
- CUNHA, E.M.S. Evolução atual do litoral de Natal – RN (Brasil) e suas aplicações a gestão integrada. Tese (Doutorado). Programa de Doctorado de Ciencias del Mar. Departament d'Ecologia e Departament d'Estratigrafia i Paleontologia. Universitat de Barcelona. Barcelona, 2004.
- \_\_\_\_\_. Modelagem de sistemas ambientais. 1998. Edgar Blücher, São Paulo, 236p.
- DANTAS, M. E.; FERREIRA, R. V. 2010. Relevô. In: PFALTZGRAFF, P. A.S.; TORRES, F. S. M. (Org.). *Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte*. Recife: CPRM, 77-92p.
- EMPARN. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. 2017. Chuvas observadas no RN. Disponível em: <http://187.61.173.26/>. Acessado em 10 março 2017.
- ESQUERDO, J.C.D.M.; NEVES, R.J.; SOUZA-ESQUERDO, V.F. 2014. Caracterização de aspectos físicos e socioeconômicos da unidade de planejamento e gerenciamento do rio Iguatemi, Mato Grosso do Sul. *Revista GeoPantanal*, 16 (1): 91-108.
- FAUSTINO, A.B.; RAMOS, F.F.; SILVA, S.M.P. 2014. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em sensoriamento remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. *Sociedade e Território* 26 (2): 18-30.
- FELIPE, J.L.A.; CARVALHO, E.A.; ROCHA, A.P.B. 2006. Atlas, Rio Grande do Norte: espaço geográfico e cultural. Editora Grafset, João Pessoa, 144p.
- FONSECA, V. P.; SOUSA, M. O. L.; SILVA, F. O.; BEZERRA, F. H. R.; AMARAL, R. F.; SOUZA, Z. S.; FERREIRA, A. C.; DUTRA, R. R. 2012. Natal (RN). SB.25-V-C-V. Estado do Rio Grande do Norte. Brasília: DNPM; CPRM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, escala 1:100.000.
- FOREST MANAGEMENT BUREAU. 2016. Watershed

- characterization and vulnerability assessment using geographic information system and remote sensing. Filipinas: Forest Management Bureau. Disponível em: <http://forestry.denr.gov.ph/pdf/ref/wcvagis.pdf>. Acessado em 22 junho 2017.
- GOMES, J.A. 2005. A comuna da terra: utopia e alternativa. Ediciones ABYA – YALA, Quito – Equador, 143p.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. ASSECOM. 2016. Governo investe R\$718 mil e conclui a nova ponte sobre o Rio Doce. Disponível em: <http://www.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=129855&ACT=&PAGE=&PARAM=&LBL=Materia>. Acessado em 29 agosto 2017.
- GUERRA, A.T.; TEIXEIRA-GUERRA, A.J. 2008. Dicionário Geológico-Geomorfológico. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 648p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2014. Projeto sistematização das informações sobre recursos naturais. Carta Pedologia – SB-25. Rio de Janeiro, IBGE.
- \_\_\_\_\_. 2009. Manual técnico de geomorfologia. 2ª ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 182p.
- \_\_\_\_\_. 2012. Manual técnico da vegetação brasileira. Série Manuais Técnicos em Geociências 1, 2ª edição revista e ampliada. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 257p.
- \_\_\_\_\_. 2013. Manual técnico de uso da terra. 3ª ed. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 154p.
- JACOMINE, P. K. T. 2008. A nova classificação brasileira de solos. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma, Recife, 5/6:161-179.
- JERÔNIMO, C.E.M.; SOUZA, F.R.S. 2013. Determinação do índice de qualidade da água da lagoa de Extremoz - RN: série temporal e correlação a índices pluviométricos. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – UFSM, 10:2219-2232.
- MOURA, W. K. A. 2010. Horticultura no baixo Rio Doce, Zona Norte de Natal/RN: avaliação da qualidade da água por meio de ensaios ecotoxicológicos. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA/UFRN. Natal, RN, 102p.
- PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. 1995. Bacias Hidrográficas - Integração entre meio ambiente e desenvolvimento. Ciência Hoje, 19 (110): 40- 45.
- PFALTZGRAFF, P.A.S. 2010. Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte. CPRM, Recife – PE, 227p.
- RIO GRANDE DO NORTE. 2000. Lei estadual n.7871 de 2000: dispõe sobre o zoneamento ecológico-econômico do litoral oriental do RN. Disponível em: <http://www.mprn.mp.br/portal/inicio/meio-ambiente/meio-ambiente-material-de-apoio/307-lei-no-7871-de-20-de-julho-de-2000-zoneamento-ecologico-economico-do-litoral-oriental-do-rn?path=>. Acessado em 10 julho 2017.
- ROBAINA, L.E.S. 2008. Espaço urbano: relação com os acidentes e desastres naturais no Brasil. Ciência e Natura, 30 (2):93-105.
- ROCHA, P.C. 2011. Sistemas rios-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. Caderno Prudentino de Geografia, 33(1): 50-67.
- ROSS, J.L.S.; DEL PRETTE, M.E. 1998. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. Revista do Departamento de Geografia, 12: 89-121.
- REIS, D.R.; PLANGG, R.; TUNDISI, J.G.; QUEVEDO, D.M. 2015. Physical characterization of a watershed through GIS: a study in the Schimdt stream, Brazil. Brazilian Journal of Biology. 75 (4):16-29.
- RIO GRANDE DO NORTE. Governo investe R\$ 718 mil e conclui a nova ponte sobre o Rio Doce. Disponível em: <http://www.sin.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=129855&ACT=&PAGE=&PARAM=&LBL=Contatos>. Publicada em 10/10/2016. Acesso em: 10 dez. 2017
- Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do RN - SEMARH. 2005. Programa estadual de desenvolvimento sustentável e convivência com o semi-árido potiguar. Relatório de Avaliação do Programa. Natal – RN, 157p.
- ROSA, R.; SANO, E.E. 2014. Uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Rio Paranaíba. CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária, v.9, n.19, 2014, p.32-56.
- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMARH/RN. 2000. Bacia do Rio Doce. Disponível em: <http://servicos.semarh.rn.gov.br/semarh/sistemadeinformacoes/consulta/cBacia-Detalhe.asp?CodigoEstadual=07>. Acessado em abril 2016.
- SOARES, R. C. 2006. Diagnóstico e avaliação geoquímico-ambiental da zona de proteção ambiental 9 (ZPA-9), baixo curso do Rio Doce, Natal/RN. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geociências, Departamento de Geologia, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 103p.
- TEIXEIRA, A.C.O.; ALMEIDA, T.M.; MOREAU, M.S.; MOREAU, A.M.S.S.; CORREIO, M.N.C. 2012. Caracterização física e socioeconômica da bacia hidrográfica do rio Gongogi, Bahia. Caminhos de Geografia, 13(43): 293-310.
- THORNTHWAITE, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review. 38(1):55-94.
- VITTE, A.C. 2007. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. Mercator – Revista de Geografia da UFC, 06(11):71-78.