

ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ACARAÚ, CEARÁ, NORDESTE DO BRASIL

Geoenvironmental analysis of the hydrographic basin of Acaraú River, Ceará, Northeast of Brazil

Vanda de Claudino-Sales
Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA
vcs@ufc.br

Ernane Cortez Lima
Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA
ernanecortez@hotmail.com

Simone Ferreria Diniz
Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA
dinfersim@hotmail.com

Recebido em 25/06/2020

Aceito em 04/12/2020

RESUMO: O presente artigo apresenta um quadro geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Acaraú, (geologia, geomorfologia, pedologia) situado no Nordeste setentrional brasileiro, bem como dos problemas ambientais que a caracterizam. A área de estudo se situa em uma região semiárida pobre e extremamente populosa, apresentando grande degradação ambiental do curso fluvial e de sua planície. Torna-se necessário que as autoridades regionais transformem a bacia hidrográfica em unidade de planejamento socioeconômico e ambiental fundamental, baseada nos levantamentos e na caracterização geoambiental, para reverter a degradação socioambiental do recurso hídrico e permitir o crescimento territorial pautado no desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Rio Acaraú; Nordeste setentrional; análise geoambiental; degradação ambiental.

ABSTRACT: This article presents a geoenvironmental picture of the hydrographic basin of the Rio Acaraú (geology, geomorphology, pedology), located in the Brazilian northern Northeast, as well as the environmental problems that characterize it. The study area is located in a poor and extremely populous semi-arid region, with large environmental degradation of the river course and its plain. It is necessary that regional authorities transform the hydrographic basin into a fundamental socio-economic and environmental planning unit, based on the surveys and geoenvironmental characterization of the area, to reverse the socioenvironmental degradation of the natural resource and allow territorial growth based on sustainable development.

Key words: Acaraú river water shed; Brazilian Northeast; geoenvironmental analysis; environmental degradation.

INTRODUÇÃO

Os processos fluviais constituem um dos elementos mais ativos na formação da paisagem terrestre. Com efeito, os rios constituem os agentes mais importantes no transporte dos materiais meteorizados das áreas elevadas do perfil longitudinal para as mais baixas e dos continentes para o oceano. Nesse percurso, eles exumam e rebaixam superfícies, criam paisagens, reciclam materiais e propiciam a formação e existência de importantes nichos ecológicos e diferentes ecossistemas.

Para além da importância natural, os rios e suas bacias hidrográficas são elementos fundamentais para as atividades socioeconômicas. Efetivamente, a bacia hidrográfica é considerada a unidade espacial de planejamento mais apropriada, pois permite a integração multidisciplinar entre distintos sistemas de planejamento e gerenciamento, estudo e atividade ambiental (e. g. LIMA; SILVA, 2015; NASCIMENTO, 2012).

Nessa perspectiva, de definição de planejamento econômico e ambiental pautados na bacia hidrográfica, analisam-se os cursos fluviais não apenas na dimensão hidrológica associada com comportamento dos fluxos hídricos em seus processos físicos e limnológicos, mas amplia-se a abordagem fluvial e hídrica para o conjunto do meio ambiente, potencializando a inserção desse elemento natural na tomada de decisões e nas formas de apropriação do espaço fluvial e do uso do espaço geográfico de forma ampla.

As bacias hidrográficas se prestam de forma majestosa ao planejamento ambiental, por serem unidades espaciais de fácil reconhecimento e de fácil caracterização, considerando que não há nenhuma área da superfície terrestre que não esteja inserida em uma bacia hidrográfica (NASCIMENTO; VILLAÇA, 2008).

A bacia hidrográfica considerada como unidade de planejamento possibilita também a preservação dos recursos hídricos (TONELLO, 2005), além do controle objetivo dos recursos naturais e socioeconômicos, favorecendo a integração de práticas de uso e manejo do solo e da água com a organização social. Dessa forma, tem-se na bacia hidrográfica uma unidade espacial importante para gerenciamento que envolva a conservação dos recursos naturais, ou a indicação do grau de degradação devido às práticas de uso desses recursos (PIÉGAY *et al.*, 2015).

Para realizar de forma adequada o manejo de bacias hidrográficas, bem como o planejamento ambiental pautado nesse elemento natural, deve-se considerar que uma bacia hidrográfica representa uma totalidade sistêmica (PIRES, SANTOS; DE PRETTE, 2008). Pesquisas desenvolvidas em bacias hidrográficas com perspectivas sistêmicas e integradas viabilizam a elaboração de propostas de ações fundamentadas na dinâmica e funcionamento da bacia, promovendo controle do uso dos recursos naturais pautados nas potencialidades e limitações desses recursos.

A bacia hidrográfica vista como sistema evidencia as relações de seus elementos físicos e biogeográficos com as variáveis socioeconômicas no contexto do espaço geográfico no qual estão inseridas (LOURENÇO, 2013). Com efeito, uma bacia hidrográfica forma um sistema no qual as relações mútuas entre os seus componentes estruturais possibilitam a análise integrada do meio ambiente, permitindo uma acurada avaliação dos seus aspectos, quer físicos, quer econômicos e sociais. Por isso, deve ser concebida como sistema “multicomposto” que inclui desde a água aos elementos do potencial geoecológico sobrepostos, dialeticamente, por aspectos sócio-políticos e econômicos (NASCIMENTO, 2012).

Os estudos sistêmicos integrados que têm como elemento as bacias hidrográficas e são voltados para planejamento e ordenamento territorial podem ser basilares para o estabelecimento de políticas públicas que visem um melhor uso e ocupação do território, buscando o desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos

naturais. O presente trabalho apresenta considerações associadas com estudos sistêmicos, do tipo “geoambiental”, na bacia hidrográfica do Rio Acaraú, situado no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil (Figura 1).

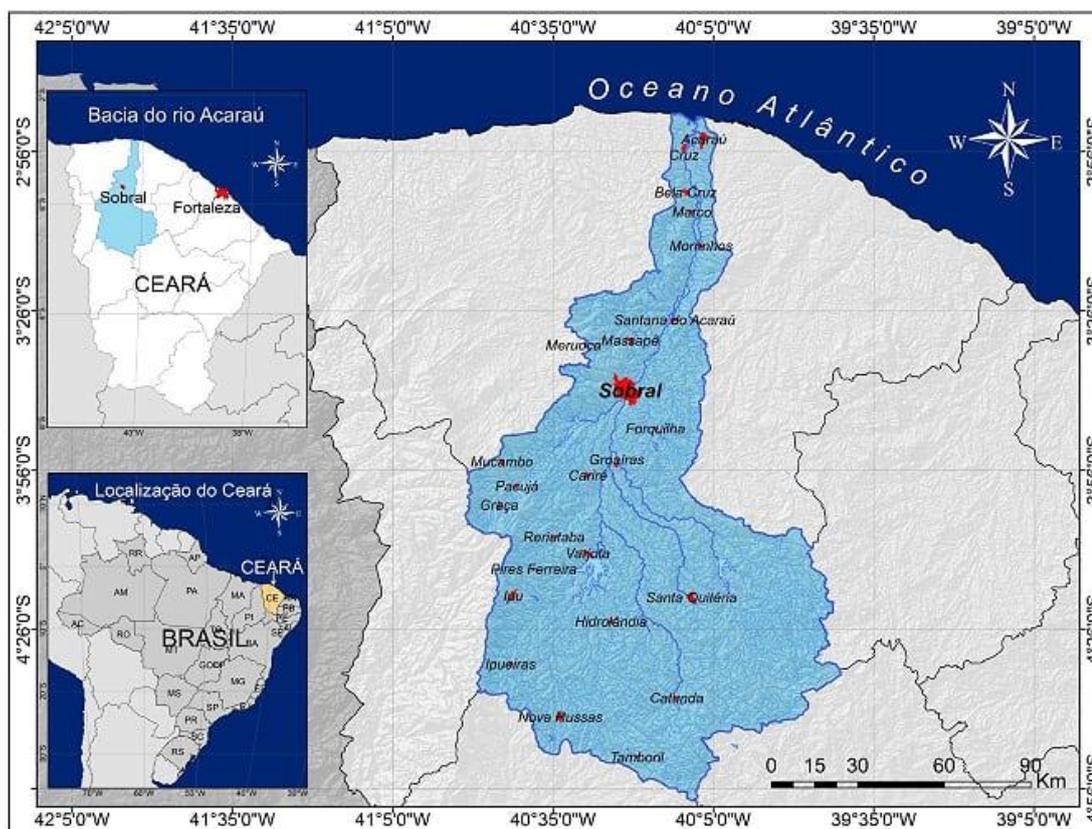


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Rio Acaraú, Brasil. Base cartográfica: Carta Topográfica 1.100.000 SUDENE 1970. **Fonte:** Elaborado pelos autores, 2019

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado com base na análise ambiental, pautada na perspectiva da análise sistêmica e geossistêmica, tomando a área da bacia, com 14.416 km², como um geossistema.

A Teoria Geral do Sistema foi sistematizada por Bertalanfy (1969). Hoje representa um paradigma científico integrador de processos, fluxos, matéria e energia, o qual foi integrado nas mais diversas ciências, incluindo as ciências naturais. A Teoria Geral dos Sistemas implica que se abandonem os estudos fragmentados e isolados da natureza e se realizem estudos holísticos e integrados.

Pode-se dizer que um sistema é um conjunto de fenômenos que ocorrem mediante fluxos de energia e matéria, os quais produzem relações mútuas entre seus componentes. Capra (2002) resume as características-chaves do pensamento sistêmico citando que se trata da passagem das partes para o todo, o todo

apresentando características ou propriedades que não podem ser compreendidas pela redução em partes menores.

Sotchava (1977) associou aos estudos de caráter natural o elemento social e antrópico, denominando o conjunto de geossistema. A análise geossistêmica baseia-se na idéia de interação entre as variáveis ambientais do meio natural (geologia, relevo, hidrografia, vegetação, solos) e as formas de uso e ocupação do solo, visando identificar impactos e alterações na dinâmica natural. As bases conceituais teóricas e metodológicas da análise ambiental apresentada baseiam-se na perspectiva holística e integrada do espaço geográfico, visando compreender a interação entre processos e suas relações e correlações. A perspectiva é fornecer subsídios para uma melhor utilização do Rio Acaraú aos setores públicos responsáveis pelo planejamento e gerenciamento das atividades econômicas e sociais na área de inserção de sua bacia hidrográfica.

Bertrand (1972) considerou o geossistema como uma unidade territorial analisável e delimitável. Nessa perspectiva, definimos nesse trabalho a bacia hidrográfica do Rio Acaraú, Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, como unidade espacial-territorial, a qual deveria ser considerada como tal pelas autoridades para promover o planejamento ambiental regional sustentável.

Para se atingir tal meta, foram realizadas algumas etapas técnicas de trabalho científico, a saber:

- Pesquisa bibliográfica acerca do conjunto da bacia, em particular sobre as temáticas geologia, geomorfologia, solos e uso e ocupação do espaço geográfico;
- Análises cartográficas dos elementos que compõem o geoambiente. Nessa perspectiva, foi realizada a delimitação da bacia hidrográfica do rio Acaraú, através da ferramenta *r.watershed/GrassGIS* do *software Qgis 2.18.11*, tendo por entrada o Modelo Digital de Elevação SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) distribuído pelo USGS (*United States Geological Survey*) para a área de estudo. O desenvolvimento dos mapas sobre a Geologia e a Geomorfologia teve por base cartográfica dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), que foram confrontados com os referidos dados de elevação para a delimitação das respectivas unidades geológicas, geomorfológicas e pedológicas, através de processos de digitalização vetorial. A organização e apresentação dos mapas foi implementada com o compositor de impressões do Qgis 2.18.11.
- Trabalhos de campo ao longo da bacia hidrográfica, em pontos do alto curso, médio curso e baixo curso, para reconhecimento da área e levantamento de dados, usando mapas, GPS, caderneta de campo e máquina fotográfica.

Os resultados dessa produção metodológica e técnica e dos levantamentos científicos realizados acham-se expressas na análise geoambiental da bacia do Rio Acaraú que a seguir se apresenta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise geoambiental da bacia semiárida do Rio Acaraú

O Nordeste brasileiro constitui-se como um dos três núcleos de regiões semiáridas na América do Sul, inseridos num contexto de uma área continental predominantemente úmida. Representa a província fitogeográfica das caatingas, com temperaturas médias/ano elevadas e constantes. Efetivamente, a região é caracterizada por índices de umidade baixos. Ocorre escassez relativa de chuvas anuais, bem como irregularidade pluviométrica ao longo dos anos, com longos períodos de carência hídrica, além de solos com problemas físicos e químicos e ausência de perenidade fluvial (LIMA, 2014; MELO et al., 2005).

A bacia hidrográfica do Rio Acaraú, localizada no segmento setentrional do Nordeste brasileiro (Estado do Ceará), tem cerca de 14.427 km² de área. O rio principal apresenta 315 km de extensão no sentido sul-norte e é um rio de quinta ordem (COGERH, 2009). Tem as principais nascentes situadas em relevos montanhosos com cerca de 800 m de altitude. Apresenta regime fluvial de enchentes durante as chuvas de verão-outono, tendo vazão média de 4,45 l/s/hm² (SRH, 2012).

O Rio Acaraú drena terras secas (áridas, semiáridas e subúmidas secas), banhando 25 cidades, dentre elas Tamboril, Pires Ferreira, Sobral, Santana do Acaraú, Bela Cruz, Acaraú (ver Figura 1). Apresenta dinâmica hidrológica que depende da renovação espaço-temporal das chuvas, a partir basicamente do escoamento superficial (escorrência) em determinados períodos do ano. É caracterizado, portanto, por um regime sazonal, intermitente, o qual influencia os potenciais hidroambientais da região drenada. A bacia é composta por 12 açudes com capacidade total hídrica de aproximadamente 1.443.763.000 m³, os quais perenizam o curso fluvial (SUCUPIRA, PINHEIRO; ROSA, 2006).

O clima da região, de acordo com a classificação de Strahler (1952), confirmado por Zanela (2007), é do tipo semiárido. Acha-se marcado pela ocorrência de duas estações climáticas: um período chuvoso curto e irregular que ocorre no outono (meses de março a maio), e uma estação seca prolongada (pelo menos 10 meses do ano) com elevada evaporação, baixa umidade relativa do ar e elevadas temperaturas.

Ao longo da bacia, as temperaturas médias oscilam em torno de 27°C, mas ocorrem valores mais elevados, como no município de Sobral, onde a média mensal é de 28,9°C (LIMA, 2014). A média pluviométrica anual da área da bacia está situada entre 670 mm e 940 mm (SOBRINHO, 2006; SUCUPIRA *et al.*, 2006). Na parte baixa da bacia o clima é mais úmido, do tipo tropical chuvoso. A umidade relativa média varia de níveis < 50% a > 80% (MOTA; VALLADARES, 2011).

A geologia regional apresenta uma estrutura predominantemente cristalina, formada principalmente por rochas ígneas e metamórficas, sendo os principais tipos os granitos, migmatitos, paragnaisses e ortognaisses. Essas litologias correspondem aproximadamente a 90% da área da bacia (CPRM, 2014, 2003) (Figura 2). Possui como principais aquíferos o aquífero aluvionar, o aquífero do Açude Jaibaras e o aquífero dos depósitos sedimentares terciários da Formação Barreiras, sendo o primeiro responsável por cerca de 50% da reserva explorável em um ano normal (COGERH, 2009).

As falhas regionais apresentam orientação N-S, tendendo a NE-SW. Um importante falhamento diz respeito à zona de cisalhamento Sobral-Pedro II, de idade neoproterozoica. Essa falha, que representa segmento do Lineamento Transbrasiliano, o qual corta o Brasil de NE a SW, é associada com a Orogênese Brasileira, que colou o continente Gondwana ao final do Proterozoico (BRITO-NEVES, 1999). Representa o mais importante de todos os eventos tectônicos que atingiram o Nordeste brasileiro, tendo sido responsável por intensos dobramentos, metamorfização de rochas mais antigas e criação de zonas de cisalhamento, como a falha Sobral-Pedro II (BRITO-NEVES, 1975). Essa falha foi reativada no Cretáceo (STZAMARI *et al.*, 1987; PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2004), e em torno dela o segmento do médio curso do Rio Acaraú encontra-se encaixado.

Outras importantes feições estruturais na bacia hidrográfica são representadas pela sucessão de horts e grabens pré-cambrianos e paleozoicos cujo conjunto corresponde ao corpo orogenético de Acaraú e Plataforma Sobral associada (CPRM, 2003). Dois importantes batólitos localizam-se no Graben de Jaibaras, de idade Pré-Cambriano Superior. Eles constituem as serras de Meruoca-Rosário e Carnutim. Também ocorrem rochas paleozoicas, bordejando a porção oeste da bacia, as quais são representadas pelo Grupo Serra Grande no período Siluriano-Devoniano (CPRM, 2014, 2003) (Figura 2). Ocorrem ainda no baixo curso pacotes sedimentares do período Terciário-Quaternário, compondo a Formação Barreiras. Finalmente, salienta-se que são explorados como recursos minerais na área argila, calcário e rochas ornamentais (DINIZ, RUEDA; CARACRISTI, 2014).

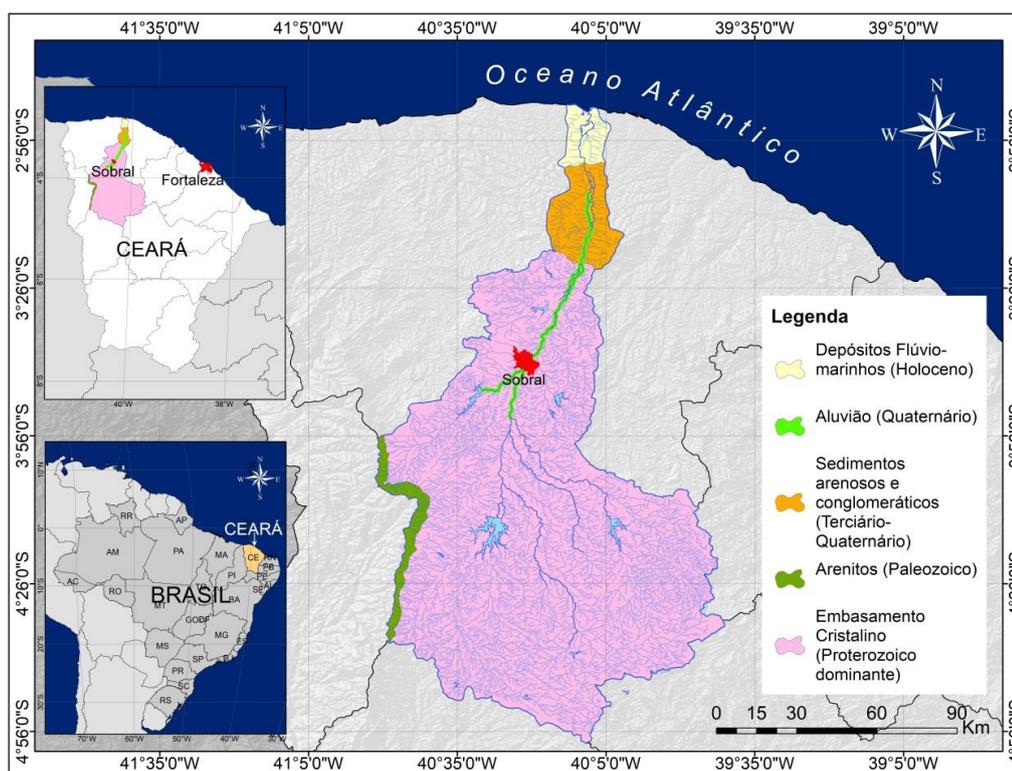


Figura 2. Mapa geológico simplificado da Bacia do Rio Acaraú. Base cartográfica: Mapa geológico do Estado do Ceará (CPRM, 2003). **Fonte:** Elaborado pelos autores, 2019

Em relação aos aspectos morfoestruturais, o relevo da bacia do Rio Acaraú apresenta características que dependem de fatores de ordem geológica e paleoclimática e de processos morfoclimáticos passados e atuais. A organização morfoestrutural é derivada do Cretáceo, associada ao evento tectônico que produziu a divisão do Gondwana/Pangea. Durante esse evento, rifts foram formados no interior do Nordeste e vastos setores do território regional foram soerguidos na forma de ombros de rifts (CLAUDINO-SALES, 2002, 2016, 2018; PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2004) (Figura 3).

Durante o Terciário, os processos morfogenéticos, em primazia de natureza mecânica, típicos de áreas interioranas (e. g. MELO *et al.*, 2005) erodiram parcela desses setores elevados, produzindo superfícies de aplanamento (PEULVAST e CLAUDINO-SALES, 2005). Os setores formados por rochas mais resistentes, como os granitoides neoproterozoicos, ficaram em ressalto na paisagem, criando os maciços cristalinos (relevos serranos ou montanhosos). O material correlativo desse processo erosivo foi depositado ao longo da zona costeira, formando os depósitos terció-quaternários que compõem a Formação Barreiras. As mudanças climáticas do Quaternário, produzindo mudanças do nível do mar, modelaram a zona costeira (CLAUDINO-SALES, 2002, 2006, 2018). Essa evolução geomorfológica caracteriza o Nordeste setentrional, e é representativa do quadro geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Acaraú ora em análise.

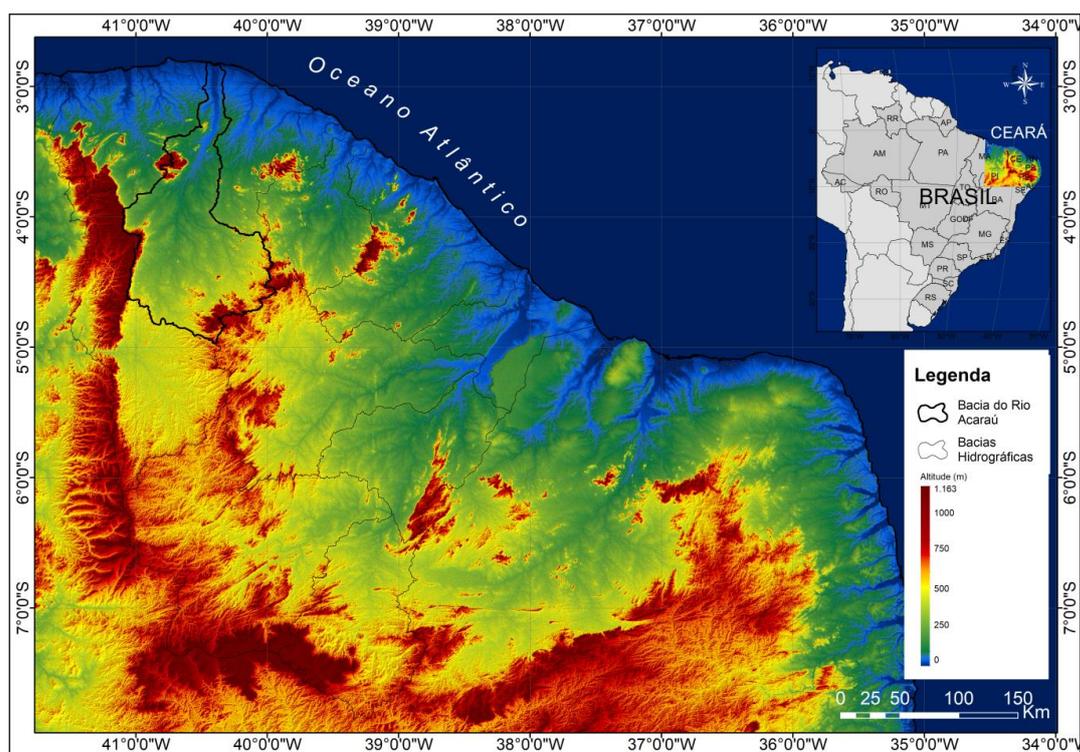


Figura 3. Modelo Numérico de Terreno, com a topografia dos ombros do rift cretáceo no Nordeste brasileiro, a leste e oeste, e um anfiteatro central, onde os rifts se instalaram. Elaborado a partir de dados SRTM. **Fonte:** adaptado de Costa *et al.*, 2020.

A bacia hidrográfica do rio Acaraú apresenta topografia com forte declive em alguns trechos, onde ocorrem regiões montanhosas. Com efeito, nessa bacia hidrográfica ocorre a maior amplitude hipsométrica do estado, com altitudes que variam de 0 m no litoral até altitudes de 1.145 m no Pico do Oeste, situado na Serra das Matas (altitude média de 900 m), município de Monsenhor Tabosa, a qual representa a maior altitude registrada no Estado do Ceará, e que é parcialmente sustentada por granitos neoproterozoicos (Figura 4). As principais nascentes do rio encontram-se nesse sector montante da bacia.

Outra importante região montanhosa situa-se na parte central da bacia hidrográfica, qual seja, a Serra da Meruoca, situada na cidade de Sobral, a qual é sustentada pelo *stock* granítico neoproterozoico denominado de granitoide Meruoca. Esse relevo foi soerguido no Cretáceo durante a divisão do Pangea, quando provavelmente o granito foi colocado em condição subárea (CLAUDINO-SALES, 2002). Representa uma feição quadrangular controlada por falhamentos e zonas de cisalhamento em praticamente todas as vertentes, formando uma região serrana do tipo “Serra Úmida” (e.g. LIMA, 2014; BETARD et al., 2007) (Figura 5).

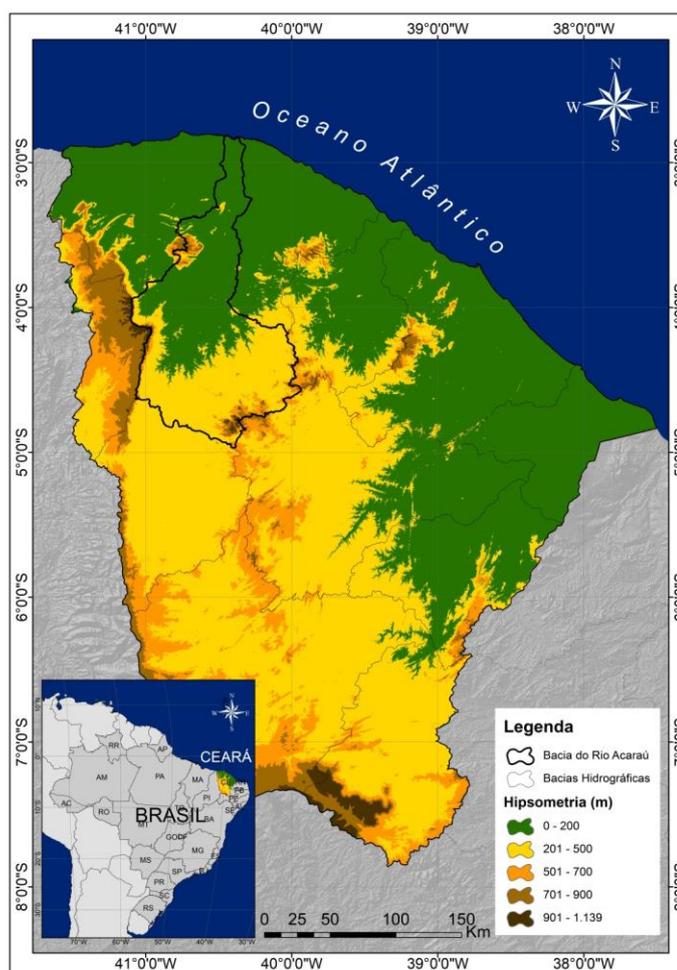


Figura 4. Mapa hipsométrico do Estado do Ceará, com indicação da área ocupada pela bacia hidrográfica do Rio Acaraú. **Fonte:** IPECE, 2007. Figura elaborada pelos autores.

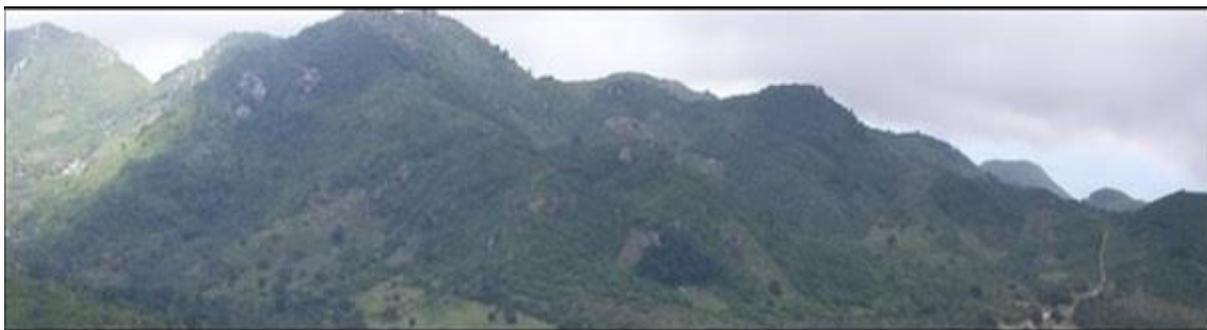


Figura 5 Maciço da Serra da Meruoca, com altitude média dos topos da ordem de 900 m, situado no segmento central da Bacia do Rio Acaraú, do qual escoam afluentes em direção ao leito central. **Foto:** Claudino-Sales, 2018.

Em termos de relevo montanhoso, ocorre ainda, no segmento a oeste, o planalto sedimentar da Ibiapaba, sustentado pelo Grupo Serra Grande, de idade Paleozoica. O relevo na Serra da Ibiapaba é do tipo *glint*, o qual representa uma feição cuestasiforme com vertente e sopés sustentados por rochas cristalinas, e não sedimentares (CLAUDINO-SALES, 2002; CLAUDINO-SALES; LIRA, 2011). Representa uma área que foi soerguida durante a divisão do Pangea, no Cretáceo, na qual as rochas cristalinas se mostraram mais frágeis do que as rochas sedimentares e foram rebaixadas pela morfogênese terciária, deixando o material sedimentar em resalto (CLAUDINO-SALES, 2002; CLAUDINO-SALES; LIRA, 2011). Representa um dos setores mais úmidos do Estado do Ceará, no qual diversos afluentes do Rio Acaraú têm nascentes (LIMA, 2014) (Figura 6).



Figura 6. Planalto da Ibiapaba, que representa um *glint* modelado por arenitos paleozoicos, os quais formam a cornija, tendo na vertente e no sopé calcários cristalinos (rochas metamórficas) de idade pré-cambriana. Alguns afluentes do Rio Acaraú se situam nesse relevo, representando rios anaclinais. **Foto:** Claudino-Sales, 2018.

Apesar desses relevos montanhosos, a maior parte da área da bacia encontra-se abaixo dos 200 m de altitude. O declive reduz-se bastante em direção ao litoral, predominando o relevo suave nesses segmentos distais, com ocorrência da superfície de aplanamento “Sertaneja” na sua maior parte. A superfície Sertaneja, modelada durante o Terciário, apresenta relevos do tipo inselbergs e inselgebergs, os últimos apresentando altitudes até 500 m, mas encontram-se abaixo de 200 m nos segmentos mais rebaixados, que são os dominantes (Figura 7).



Figura 7. Superfície de aplanamento Sertaneja com inselgeberg, onde predomina a morfogênese mecânica, no segmento meridional da bacia do Acaraú. Os solos são litólicos e a vegetação é caatinga arbustiva. O conjunto cria uma paisagem natural típica do semiárido do Estado do Ceará. **Foto:** Claudino-Sales, 2015.

Outras feições geomorfológicas são os tabuleiros costeiros, modelados na Formação Barreiras, e a planície flúvio-marinha. Ocorrem ainda dunas e praias elaboradas em areias Quaternárias na planície costeira. Constata-se, em adição, a presença de aluvião nas áreas marginais ao rio, no médio e baixo curso (Figura 8).

Os solos predominantes na área da bacia do Rio Acaraú são os Neossolos Litólicos, pedregosos e susceptíveis à erosão. No vale do rio, dominam os Neossolos Flúvicos medianamente profundos e moderadamente ácidos. Nos setores de relevos elevados, ocorrem Argissolos, Latossolos e também solos litólicos. Os Neossolos Quartzarênicos e solos salinos ocorrem na região costeira, inconsolidados e facilmente transportáveis devido à quase ausência de vegetação de fixação (DINIZ *et al.*, 2014; DINIZ, MOREIRA; CORRADINI, 2008; NASCIMENTO *et al.*, 2008) (Figura 9).

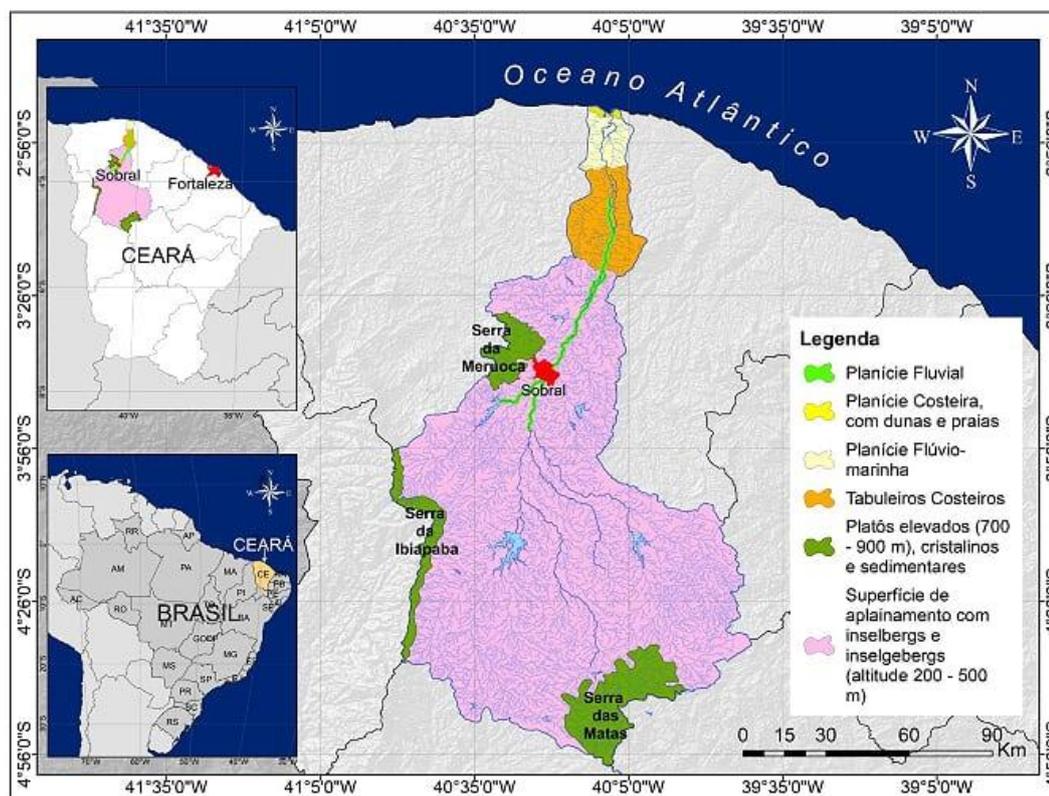


Figura 8 Mapa geomorfológico sintético da Bacia do Rio Acaraú. Base de dados: carta topográfica 1.100.000 SUDENE 1970. **Fonte:** Elaborado pelos autores, 2019.

A vegetação é caracterizada pela presença de formação xerófila do bioma brasileiro Caatinga. A caatinga representa uma vegetação predominantemente caducifólia que coloniza solos rasos e pedregosos com extrema deficiência hídrica durante grande parte do ano (FERNANDES, 1990). O termo de origem indígena significa “mata aberta, clara”, o que contrasta com as matas fechadas e escuras. Esse tipo de vegetação está presente na maior parte das áreas do médio e, em menor proporção, no baixo curso da bacia. A mata ciliar ou ribeirinha conta com a presença marcante da carnaúba (*Copernicia prunifera*) e da oiticica (*Licania rígida*) (Figura 10).

O Rio Acaraú apresenta, na maior parte do seu curso, um emaranhado de canais que criam um padrão dendrítico. No alto e médio curso, o rio apresenta regime de alta torrencialidade, o que provoca inundações em cidades ribeirinhas (SUCUPIRA *et al.*, 2006). No baixo curso o assoreamento do rio pelas dunas dá lugar ao aparecimento de inúmeros canais entrelaçados (SOBRINHO, 2006) (Figura 11). A desembocadura caracteriza-se por uma drenagem sinuosa de canais onde a várzea inundável amplia-se e, penetrada pelas marés, transforma-se num extenso manguezal.

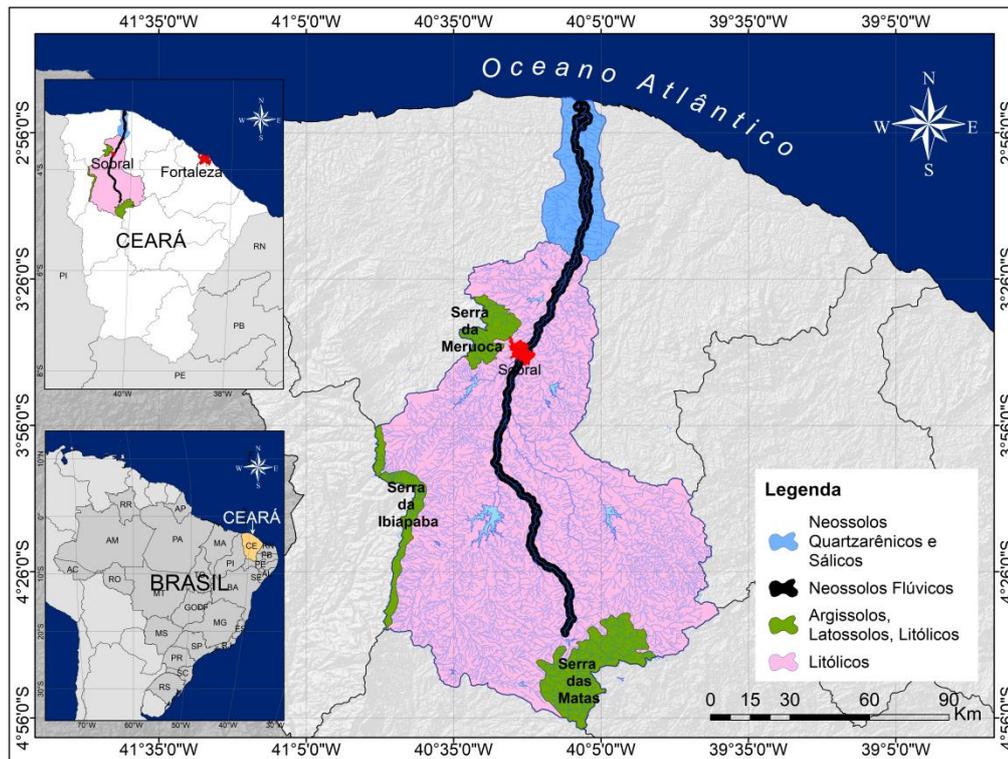


Figura 9. Mapa dos solos dominantes ao longo da bacia hidrográfica do Rio Acaraú.
Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 10. Várzea (sedimentos aluvionares no leito maior) ocupado por vegetação do tipo carnaúba (*Copernicia prunifera*), no Rio Acaraú. Foto: Sobrinho, 2016.



Figura 11. Rio Acaraú em período de estiagem na cidade de Santana do Acaraú, mostrando um padrão entrelaçado e amplo leito maior, como é típico de rios intermitentes. **Foto:** Sobrinho, 2016.

Uso e Ocupação do solo

As unidades geoambientais originadas através do processo de auto-organização da paisagem com características geoambientais naturais praticamente já não existem na área analisada, sendo visível atualmente a ocorrência de ambientes extremamente modificados onde se sente os impactos das atividades humanas de acordo com os diferentes tipos de uso do solo.

Sob o aspecto de uso/ocupação da terra, a bacia do Rio Acaraú tem no setor primário da economia o seu suporte fundamental. Com efeito, o alto e meio curso do rio são caracterizados pela criação extensiva de gado bovino, pelo agro-extrativismo e pela pequena lavoura de subsistência (COGERH, 2009).

Com uso restrito de irrigação por falta de meios técnicos, ausência de políticas públicas adequadas e restrições econômicas por parte da maior parcela da população, as possibilidades de realização de agricultura no final da estação chuvosa ficam restritas à utilização das várzeas fluviais e das margens dos açudes, onde dominam as culturas de ciclo curto. Daí ser comum a prática das chamadas culturas de vazante, as quais, à medida que o nível das águas vai baixando, vão-se deslocando, progressivamente, do leito maior para o leito menor dos cursos d'água. Através dessa prática, largamente utilizada ao longo do canal principal do rio Acaraú e dos seus afluentes, os agricultores aproveitam as reservas de umidade da subsuperfície (SOBRINHO, 2006). Além disso, ocorre o extrativismo vegetal nas áreas de várzeas, sobretudo das palhas da carnaúba, mas de forma desordenada (SUCUPIRA *et al.*, 2006).

No baixo curso do rio, ocorrem atividades associadas com a mineração (areias no leito do rio), carnicultura e turismo costeiro. Nos setores urbanizados predominam o

comércio e a prestação de serviços. Coloca-se que a ocupação humana fora dos centros urbanos é rarefeita.

Problemas ambientais na bacia do Rio Acaraú

A bacia hidrográfica do Rio Acaraú tem sido ao longo dos anos objeto de intensa “domesticação” visando ganhar novas terras para a agricultura e urbanização, fornecer água para abastecimento (humano, animal, doméstico e industrial), minimizar os efeitos de cheias e secas, propiciar a piscicultura, a pesca e a irrigação da agricultura e garantir a perenização do rio. Tais situações são representadas (1) pela construção de reservatórios de água do tipo açudes, o que ocorreu sobretudo durante as décadas de 1940, 1950 e 1960 do século XX, (2) pela canalização do leito fluvial em áreas urbanas visando ampliar a extensão das áreas urbanizadas nas cidades atravessadas pelo rio e (3) pela construção de tubulações aéreas e subaéreas para garantir a drenagem e o lançamento de efluentes em áreas urbanas e industriais ao longo do vale do rio. As obras com base nesta concepção de domesticação resultaram e resultam em necessários ajustes da dinâmica do curso fluvial, redução da variedade da biota, alterações nos ecossistemas e degradação da qualidade das águas.

Esses fatores são basicamente caracterizados por ajustes e mudanças nos processos geomorfológicos e sedimentares fluviais, tais como alteração do perfil de equilíbrio do rio, erosão, assoreamento, formação de meandros e bancos fluviais, alterações na largura da planície fluvial, aumento ou diminuição da velocidade do fluxo fluvial e do transporte de material. Na realidade, o rio há décadas vem sofrendo intervenções sem que tenham sido realizados estudos relativos à sua evolução geomorfológica, hidrológica e paleoclimática.

Com efeito, do ponto de vista da conservação, salienta-se que a bacia do Rio Acaraú apresenta uma série de problemas ambientais. No baixo curso do rio, registra-se a ação da especulação imobiliária e o desenvolvimento do turismo destruindo os ambientes naturais, bem como a carcinicultura, que desmata manguezais e polui o estuário. Ocorre ainda crescimento desordenado dos núcleos populacionais e incremento agroindustrial associado ao uso de irrigação nos perímetros irrigados existentes no segmento distal do rio, resultando em poluição do solo e das águas.

Nos demais setores, ocorrem problemas como desmatamento das margens, erosão dos solos, desertificação e poluição das águas fluviais por esgotos domésticos e águas urbanas de escoamento superficial, bem como por águas servidas das atividades agropecuárias e efluentes industriais (NASCIMENTO *et al.*, 2008). Existe também deficiência ou inexistência de recolha sistemática do lixo e disposição inadequada de resíduos sólidos. Verifica-se, também, a presença de barramentos privados ilegais dos cursos fluviais associados à bacia do rio, o que altera a dinâmica hidrológica local (NASCIMENTO *et al.*, 2008), bem como extração de areia dos vales fluviais visando a utilização na construção civil (SOBRINHO, 2006) (Figuras 12 e 13).



Figura 12. Rio Acaraú extremamente poluído pelo lançamento de esgotos na cidade de Sobral, com elevado grau de eutrofização. **Foto:** Sobrinho, 2016.



Figura 13. Retirada de areia do leito do Rio Acaraú na cidade de Sobral, durante o período de estiagem. **Foto:** Sobrinho, 2015.

O escoamento superficial na bacia de drenagem do Rio Acaraú é regularizado pelos vários açudes dispostos ao longo do seu curso fluvial. O aporte fluvial originário desses açudes no período chuvoso indica uma vazão da ordem de 31 m³/s durante os períodos de chuva e da ordem de 1 m³/s no período de estiagem (MOLISSANI, CRUZ; MAIA, 2006). Assim, o rio praticamente desaparece no período de estiagem, resultando em assoreamento do vale fluvial, o que potencialmente implica a ocorrência de enchentes e a perda da qualidade dos açudes a jusante dos trechos assoreados. No período das chuvas, o grande aumento da vazão por sua vez pode produzir erosão e perda de ambientes e ecossistemas nas áreas ripícolas. Em termos gerais, pode-se sintetizar a degradação do Rio Acaraú nos seguintes termos:

- (1) despejo de águas oriundas de atividades agropecuárias, caracterizadas pela presença de herbicidas, fertilizantes, pesticidas, agrotóxicos e defensivos agrícolas em geral, que são transportados pelas águas da chuva para o leito fluvial ou infiltrarem-se no subsolo;
- (2) existência de esgotos domésticos, os quais representam os principais introdutores de compostos orgânicos biodegradáveis no meio aquático;
- (3) recolha de lixo deficitária nos centros urbanos, bem como ausência de aterros sanitários, sendo parte do lixo produzido depositada nas proximidades do canal fluvial;
- (4) despejos industriais e agroindustriais, além de dejetos lavados de matadouros públicos e privados que lançados a céu aberto, os quais são incorporados na rede de drenagem ou são diretamente despejados *in natura* no leito do rio. No litoral, a carcinicultura lança milhares de litros de água contaminada no estuário do rio;
- (5) falta de esgotos nas áreas urbanas, com águas servidas sendo despejadas diretamente no leito fluvial, constituindo um sério foco de poluição hídrica, tornando a qualidade da água imprópria para usos múltiplos.

Tal realidade socioambiental identificada na bacia do Rio Acaraú não se mostra como exclusiva desse recurso hídrico mas, antes, caracteriza a grande maioria das bacias hidrográficas do Nordeste brasileiro, como já foi identificado anteriormente por pesquisas versando sobre esses temas, a exemplo de Nascimento (2008, 2012), Lima e Silva (2015) e Mesquita *et al.* (2016).

CONCLUSÕES

A água é um recurso fundamental no processo de estruturação e organização socioeconômica, política e cultural do espaço geográfico do Nordeste brasileiro semiárido, do qual a bacia do Rio Acaraú é um grande exemplo. No entanto, verifica-se que as reservas hídricas superficiais e subsuperficiais na bacia hidrográfica do Rio Acaraú apresentam-se comprometidas devido à necessidade de água e, principalmente, pela ocupação desordenada do ambiente biofísico. A retirada do substrato do leito e das margens fluviais, os desmatamentos para o uso agrícola, o extrativismo lenhoso, o barramento de córregos e o lixo em decomposição em seções dos rios – principalmente nas proximidades das cidades –, diminuem o volume do veio fluvial e assoreiam o corpo hídrico. Neste espectro, a desertificação, maior consequência da degradação ambiental em áreas semiáridas e subúmidas secas, é uma forte e real ameaça no território drenado pelo rio.

Em adição, coloca-se que, devido aos problemas sanitários das diversas bacias, às temperaturas elevadas e à diminuição da vazão do corpo hídrico no segundo semestre de cada ano – aliado à deposição de dejetos e aos hábitos da população –, as chances do aparecimento de enfermidades associadas à água exigem cuidados por parte das autoridades competentes. Além dos problemas de saúde humana, a contaminação das águas afeta a qualidade e a diversidade biológica, enquanto a atividade pesqueira

fica comprometida e os usos das águas destinados às atividades recreativas e turísticas são negativamente afetadas.

É necessário e imprescindível o desenvolvimento de um plano de ação integrado, baseado na unidade “bacia hidrográfica”, através do envolvimento de agentes públicos, setor empresarial e da sociedade civil organizada em associações, considerando-se as leis ambientais e a realidade local da bacia hidrográfica. Fundamentalmente, deve-se considerar a bacia hidrográfica como unidade de gestão e planejamento geoambiental. Assim, a qualidade ambiental e de vida das populações podem ser otimizadas.

Por fim, conclui-se que a gestão ambiental da bacia do Rio Acaraú deve ser pautada no geoambiente e nos geossistemas que a caracterizam, adotando-se um modelo de desenvolvimento sustentado que não seja apenas técnico – apenas hídrico ou limnológico –, mas concebido pelo entendimento das condições de semiaridez e das características geo-socioambientais do território regional. Basicamente, de forma incontestável, dever-se-ia considerar a bacia hidrográfica como âncora principal do desenvolvimento territorial.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Ceará – FUNCAP.

REFERÊNCIAS

BERTALANFY, L. Von. *General System Theory*. New York: George Braziller, 1969.

BERTRAND, G. *Paisagem e geografia física global: esboço metodológico*. Caderno de Ciências da Terra. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, v. 13, 1972.

BETARD, F.; PEULVAST, J.P.; CLAUDINO-SALES, V. Caracterização morfoedológica de uma serra úmida no semi-árido do Nordeste brasileiro: o caso do Maciço de Baturité, Ceará. *Mercator*, vol. 6, p. 107-126, 2007

BRITO-NEVES, B.B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrecionário andino. In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, SBG, *Anais...* Bahia, 1999, p. 11-13.

BRITO-NEVES, B.B. *Regionalização geotectônica do Pré-cambriano Nordestino*. Tese (Doutorado Paleontologia e Estratigrafia) - Instituto de Geociências/Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

CAPRA, F. *As conexões ocultas*. Sao Paulo: Ed. Cultrix, 2002

CLAUDINO-SALES, V. Megageomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro. *Revista Geografia*, v. 35, n. 4, p.442-454, 2018.

CLAUDINO-SALES, V. *Megageomorfologia do Estado do Ceará*. São Paulo: NEA Edições, 2016.

CLAUDINO-SALES, V. *Les littoraux du Ceará: Evolution Géomorphologique de la zone cotière de l'Etat du Ceará: du long terme au court terme*. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade Paris-Sorbonne, Paris, 2002.

CLAUDINO-SALES, V., LIRA, M.V. Megageomorfologia do Noroeste do Estado do Ceará. *Caminhos de Geografia*, v.12, n. 38, p. 10-21, 2011.

COSTA, L. R. F.; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L.; CLAUDINO-SALES, V. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: uma proposta de classificação. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 11, n. 1, p. 184-208, 2020.

COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará). *Caderno Regional da Bacia do Acaraú*. INESP: Fortaleza, 2009.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). *Geodiversidade do Brasil*. Brasília: CPRM, 2014

CPRM (Serviço Geológico Brasileiro). *Mapa geológico do Estado do Ceará*. Fortaleza: CPRM, 2003.

DINIZ, S. F.; RUEDA, J.; CARACRISTI, I. Estudo fisiográfico da região norte do Estado do Ceará (Rio Acaraú). *Revista Geonorte*, v. 5, n. 20, p. 298-302, 2014.

DINIZ, S. F.; MOREIRA, C.A.; CORRADINI, F.A. Susceptibilidade erosiva do baixo curso do Rio Acaraú. *Geociências*, v. 27, p. 355-367, 2008.

FERNANDES, A. *Temas fitogeográficos*. Stylus Comunicações: Fortaleza, 1990.

IPECE. (Instituto de Pesquisas do Estado do Ceará). *Atlas do Ceará*. IPECE: Fortaleza, 2007.

LIMA, E.C. A importância das serras cristalinas no semiárido do Nordeste, especialmente no Ceará-Brasil. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, v. 16, n. 1, p. 89-100, 2014.

LIMA, E. C., SILVA, E.V. Estudos geossistêmicos aplicados à bacias hidrográficas. *Revista Equador*, v. 4, n. 4, p. 3-20, 2015.

LOURENÇO, R. M. *Diagnóstico físico-conservacionista como aporte para a análise da degradação no médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu (CE) – Brasil*. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

MELO, M. S.; CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J.P.; SAAD, A.; MELO, C.L. Processos e produtos morfogenéticos continentais. In: SOUZA, C.R.G., Suguio, K.; Oliveira, A.M.S., Oliveira, P.E. (Orgs.). *Quaternário do Brasil*. São Paulo: Holos, 2005, p. 258-281.

MESQUITA, F.N.S.; CARACRISTI, I.; DINIZ, S.F.; SOUSA, M.C. Análise Socioambiental do Médio Curso do Rio Acaraú, Ceará. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 2, p. 442, 2016.

MOLISSANI, M. M.; CRUZ, A.L.V.; MAIA, L.P. Estimativa da descarga fluvial para os estuários do Rio Ceara, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 39, p. 53-60, 2006.

MOTA, L.H.S.O; VALLADARES, G. Vulnerabilidade a degradação dos solos na Bacia do Rio Acaraú, Ceara. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 1, p. 39-50, 2011.

NASCIMENTO, F. R. Os recursos hídricos e o trópico semiárido brasileiro. *GEOgraphia*, v. 14, n. 28, p. 82-109, 2012.

NASCIMENTO, F. R.; CUNHA, S.B.; SOUZA, M.J.N.; BRITO, M.L. Diagnóstico geoambiental da bacia hidrográfica semiárida do Rio Acaraú: subsídio aos estudos sobre desertificação. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 28, n. 1, p. 41-62, 2008.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento. *Revista eletrônica da associação dos geógrafos brasileiros – seção três lagoas, três lagoas*, v. 5, n.7, p. 102-121, 2008.

PEULVAST, J.P.; CLAUDINO-SALES, V. Surfaces d'aplanissement et géodynamique. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, vol. 11, p. 249-274

PEULVAST, J.P.; CLAUDINO-SALES, V. Stepped surfaces and palaeolandforms in the northern Brazilian Nordeste: constraints on models of morphotectonic evolution. *Geomorphology*, v. 62, p. 89-122, 2004.

PIÉGAY, H.; KONDOLF, M.; MINEAR, T.; VAUDOR, L. Trends in Publications in Fluvial Geomorphology Over Two Decades: A Truly New Era in the Discipline Owing to Recent Technological Revolution? *Geomorphology*, v., 248, p. 489-500, 2015.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J.E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A. F.M. (orgs.). *Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações*. Editora Ilhéus, 2008.

SOBRINHO, J. F. Compartimentação geomorfológica do Vale do Rio Acaraú. Divisão das águas e pequeno agricultor. *Mercator*, v. 10, p.91-92, 2006.

SOTCHAVA, V. B. *O método em questão. O estudo dos geossistemas*. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia: São Paulo. 1977.

SRH (Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará). *Atlas Hidrológico do Estado do Ceará*. Fortaleza: SRH, 2012.

STRAHLER, A. N. *Physical Geography*. New York: Wiley, 1952

SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J. B. L.; ZANOTTO, O.; WOLF, S. Evolução Tectônica da margem equatorial brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 17, p. 180-188, 1987.

SUCUPIRA, P. A. P.; PINHEIRO, L. S., ROSA, M DE F. Caracterização morfométrica do médio e baixo curso do Rio Acaraú.Ceará-Brasil. *III Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Rio de Janeiro, 2006.

TONELLO, K. C. *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, 2005.

ZANELA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: SILVA, J.B.; Dantas, E.W.C.; Meireles, A.J.A. *Ceará: um novo olhar geográfico*. ed. 2, Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, p.169-188, 2007.