

ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CONTENDAS, MERUOCA/MASSAPÊ – CEARÁ: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Geoenvironmental analysis of the Riacho Contendas sub-basin, Meruoca/Massapê-Ceará: subsidies for environmental planning

Noélia André Diniz

Mestranda do Curso de Pós-Graduação (PROPGeo), Universidade Estadual Vale do Acaraú, UVA
<https://orcid.org/0009-0008-1319-0700>

noelia5dinniz@gmail.com

Simone Ferreira Diniz

Professora do Curso de Geografia, Universidade Estadual Vale do Acaraú, UVA
<https://orcid.org/0000-0001-8359-5553>

simone_diniz@uvanet.br

Artigo recebido em jan/2023 e aceito em abr/2024

RESUMO

A presente pesquisa aborda a contextualização geoambiental da sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas, como subsídio ao planejamento ambiental. Estando situada na região noroeste do estado do Ceará, abrange uma área total de 111Km², onde estão inseridos os municípios de Meruoca e Massapê. A sub-bacia em estudo está inserida em dois domínios: dos escudos e maciços antigos, representados por duas unidades geomorfológicas: a depressão sertaneja, o maciço residual da Meruoca, e o domínio dos depósitos sedimentares Cenozóicos, representados pela planície fluvial do riacho Contendas. A metodologia utilizada, fundamenta-se na análise geossistêmica, justificada pela Teoria Geral dos Sistemas (TGS), que por sua vez é baseada nas relações mútuas entre seus componentes, buscando analisar os fenômenos fundamentalmente através da organização e das inter-relações entre os elementos que o compõem. Foram realizados levantamentos bibliográficos, geocartográficos e trabalhos de campo. Utilizou-se como ferramenta básica o sensoriamento remoto, por meio do processamento digital de imagens de satélites Landsat 8 e imagens de radar SRTM, para elaboração dos mapas temáticos e visita de campo. Realizou-se uma análise e diagnóstico dos elementos geoambientais (geologia, geomorfologia, clima e recursos hídricos, solos, vegetação). Portanto, a pesquisa proporcionou a geração de dados e informações sobre a área da sub-bacia hidrográfica do Riacho Contendas, podendo essas informações serem utilizadas para contribuir com o gerenciamento e planejamento ambiental, podendo contribuir na tomada de decisões públicas, que tenham como objetivo a gestão em bacias hidrográficas no tocante ao uso e ocupação.

Palavras-chave: Riacho; Análise; Planejamento.

ABSTRACT

This research addresses the geoenvironmental contextualization of the Contendas stream sub-basin, as a subsidy for environmental planning. Being located in the northwest region of the state of Ceará, it covers a total area of 111km², where the municipalities of Meruoca and Massapê are located. The sub-basin under study is located in two domains: the shields and ancient massifs represented by two

geomorphological units: the sertaneja depression, the residual massif of Meruoca, and the domain of Cenozoic sedimentary deposits, represented by the river plain of the Contendas stream. The methodology used is based on geosystemic analysis, which is justified by the General Theory of Systems (TGS), which in turn is based on the mutual relationships between its components, seeking to analyze the phenomena fundamentally through the organization and interrelations between the elements that compose it. Bibliographic and geocartographic surveys and fieldwork were carried out. Remote sensing was used as a basic tool, through the digital processing of Landsat 8 satellite images and SRTM radar images, to prepare thematic maps and field visits. An analysis and diagnosis of geoenvironmental elements (geology, geomorphology, climate and water resources, soils, vegetation) was carried out. Therefore, the research provided the generation of data and information about the area of the Riacho Contendas hydrographic sub-basin, and this information can be used to contribute to environmental management and planning, and can contribute to public decision-making, which aims to management in river basins regarding use and occupation.

Keywords: Creek; Analysis; Planning.

1. INTRODUÇÃO

A análise geoambiental de bacias hidrográficas é fundamental para o reconhecimento das transformações decorrentes do processo histórico de uso e ocupação da terra (SOUZA, 2005). Os sistemas ambientais são integrados por variados elementos, mantendo relações mútuas entre si, dotadas de potencialidades e limitações específicas (FUNCEME, 2009).

Em muitos locais, apresentam-se fortemente degradados devido ao uso desordenado dos recursos naturais, principalmente a partir de práticas agrícolas. Para Bertrand (1972), o geossistema é utilizado como fundamento para os estudos ambientais, que resulta da combinação do potencial ecológico (clima - hidrologia - geomorfologia), da exploração biológica (vegetação - solo - fauna) e da ação antrópica.

Desse modo, define a paisagem como “resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em constante evolução” (BERTRAND, 1972, p. 141). Nesse sentido, ressalta-se o pensamento de Lima (2012), visto que com a inserção da visão sistêmica na Geografia Física propiciou um melhor entendimento relacionado ao seu objeto de estudo, empregando uma concepção integrada, dando a possibilidade de deixar de lado a visão fragmentada dos elementos que compõem a natureza.

Nesta perspectiva, os estudos das bacias hidrográficas podem levar à compreensão dos processos geomorfológicos e ambientais, pois os cursos d’água constituem processos morfogenéticos dos mais ativos na esculturação da paisagem. Além disso, constitui-se como importante ferramenta para o planejamento ambiental, uma vez que permite analisar os componentes da paisagem, entendendo os processos e agentes ali atuantes. O seu estudo possibilita investigar e detectar as

questões que ocorram no âmbito dos sistemas ambientais, contribuindo para a proposição de estratégias de intervenção que visem ao planejamento e à gestão das áreas degradadas.

A sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas, objeto de estudo da presente pesquisa, está inserida nesse contexto, comportando problemas ambientais de causas e consequências variadas. Entre as principais razões que levaram à escolha desta sub-bacia como objeto de investigação pode-se mencionar além da sua representatividade no contexto semiárido cearense, a diversidade de ambientes que a mesma comporta, assim como aspectos de uso e ocupação que ajudam a compreender os processos de degradação ambiental ora vigente.

A presente pesquisa visa contribuir com estudos sobre a sub-bacia do riacho Contendas a partir da aplicação do método sistêmico na análise da paisagem e para a sociedade, pois o semiárido exige constantes olhares, em função das transformações e metamorfoses que este ambiente exhibe, principalmente a partir do desenvolvimento desordenado das atividades humanas, revelando fortes desequilíbrios do meio físico.

O estudo sistematizado da sub-bacia em pauta possibilita que a sociedade e o poder público tomem conhecimento da situação em que se encontram os seus recursos naturais e, desse modo possam contribuir para a busca de alternativas que visem a um maior êxito na convivência com o semiárido e com suas particularidades, bem como subsidiar o planejamento e a gestão ambiental.

Para tanto, a pesquisa tem como principal objetivo realizar um diagnóstico geoambiental da sub-bacia do riacho Contendas com base na análise integrada, na perspectiva de subsidiar o planejamento ambiental.

2. CARACTERÍSTICA DA ÁREA DE ESTUDO

A Sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas está localizada na região noroeste do estado do Ceará e abrange uma área total de 111 Km², onde estão inseridos os municípios de Meruoca e Massapê. A figura 1 mostra o mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas.

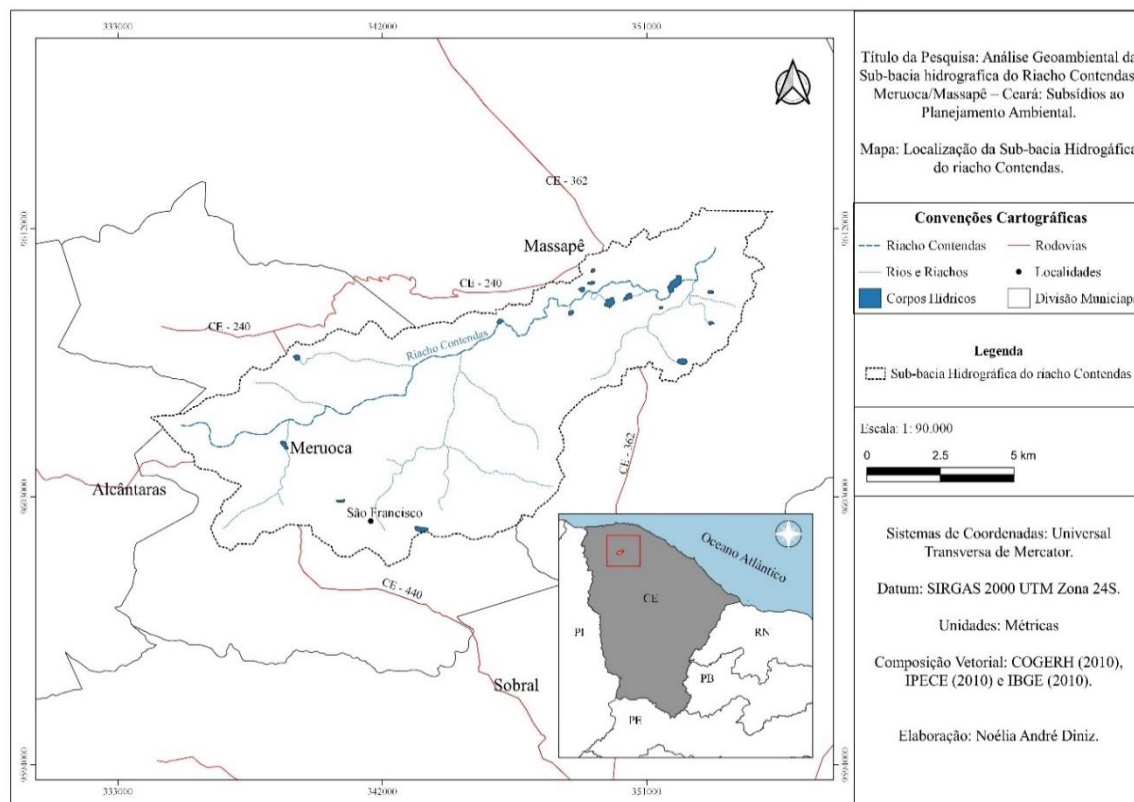


Figura 1 – Mapa de Localização da Sub-bacia Hidrográfica do Riacho Contendas-CE.

Fonte: Autores.

3. MATERIAL E MÉTODO

A presente pesquisa foi desenvolvida mediante estudos integrados tendo como base a concepção sistêmica, a qual tem encontrado na Geografia Física uma maior nitidez em seu objeto de análise, assim como uma visão holística do meio natural, aproximando as pesquisas nas interações homem-meio. Portanto, abandonam-se os estudos excepcionalmente fragmentados dos componentes da natureza e passa-se a trabalhar com as relações existentes entre os componentes e as atividades humanas, como colocam em voga Sotchava (1977), Troppmair (1989) e Bertrand (2004).

A incorporação da teoria sistêmica, “deu a esta ciência um enfoque interdisciplinar para as questões ambientais, ao passo que traz uma abordagem integrada das atividades socioeconômicas com os aspectos físicos do ambiente” (RODRIGUES, 2015, p. 27). Desta forma, a análise geoambiental integrada através da Geografia Física deve ser analisada como o estudo unificado das ciências da terra, que contribui para a percepção geral do meio em que vive o homem, como destaca Lima (2012).

Propõe-se à análise dos elementos que compõem a natureza não por si, mas também por suas conexões, visando à compreensão concomitante e integral dos elementos que representem condições potencialmente positivas ou limitativas para a utilização dos recursos naturais. Na identificação dos aspectos geológicos, utilizou-se como referência o mapa geológico do estado do Ceará (2003) na

escala de 1:500.000, tendo como base os dados disponibilizados pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil) (2003).

Com os aspectos geomorfológicos utilizou-se a metodologia de Souza (2003) reafirmada por Meireles (2005), o que possibilitou propor quatro compartimentações geomorfológicas para área, sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas está inserida em dois domínios morfoestruturais: dos escudos e maciços antigos representados por duas unidades geomorfológicas: a depressão sertaneja, o maciço residual da Meruoca e o domínio dos depósitos sedimentares Cenozóicos, representados pela planície fluvial do riacho Contendas.

Para os tipos climáticos, utilizaram-se os dados fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Na identificação dos tipos de solos predominantes na área, teve-se como base a segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS) elaborado pela EMBRAPA (2006). Os dados de unidades de vegetação também foram coletados junto à FUNCEME. Na identificação das unidades fitogeográficas, utilizou-se como metodologia a classificação de Figueiredo (1997), que complementa a classificação de Fernandes (1990).

A análise integrada dos ambientes envolve tanto as características estruturais geológicas, como a organização morfológica do relevo, os aspectos climáticos (atual e pretérito), assim como os pedológicos e biogeográficos. O geoprocessamento constitui-se de técnicas matemáticas e computacionais voltadas para o tratamento de informações geográficas, que no presente trabalho deu-se por meio do Qgis (software livre) na versão 3.16. Diante de tais premissas, através da elaboração dos mapas temáticos, pesquisa em gabinete e levantamento em campo foi possível a realização do levantamento geoambiental da sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. Análise Geoambiental da Sub-Bacia do Riacho Contendas

O conhecimento das principais características físico-geográficas (geologia, geomorfologia, clima, solo, vegetação) dessa sub-bacia é relevante pela importância de seus recursos hídricos para a população dos municípios onde essa sub-bacia está inserida. A elaboração cartográfica se deu a partir da análise e tratamento dos dados vetoriais e matriciais coletados nos sites da COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos), EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia), IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará), DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte) e, com isso, seguindo o exposto por Souza (2000) ao abordar sobre a compartimentação do estado do Ceará. Esses dados estão sendo tratados por um software de

Processamento Digital de Imagens (PDI) para a confecção de cada feição. E o software utilizado foi o QGIS, versão 3.16.

4.1.1 Geologia

A geologia exerce forte influência na configuração das paisagens, podendo influenciar na disposição das rochas, na presença ou ausência de fraturas, nos planos de estratificação, falhas e dobras, solidez das rochas, susceptibilidade às alterações químicas, permeabilidade ou impermeabilidade das rochas. Desta feita, exerce um fator de controle na evolução da superfície da terra. Isso influencia nas características do ambiente, desde a morfologia, à diversidade de solos, da disponibilidade dos recursos hídricos às condições fitoecológicas (SOUZA, 2000).

O mapeamento geológico mais utilizado corresponde ao Mapa Geológico do Estado do Ceará na escala 1:500.000, realizado pela CPRM, em 2003. Conforme o mapeamento citado, a unidade litoestratigráfica de parte dessa área está inserida na suíte granítica Meruoca, que engloba as intrusões graníticas Mucambo e Serra da Barriga. A suíte Meruoca é intrusiva em rochas do complexo Granja e nos grupos Martinópole e Ubajara, na vertente oriental. Os principais litotipos presentes na suíte são: monzónitos, granodioritos e sienitos (CPRM, 2003).

A área em estudo, no que diz respeito à geologia regional, é formada por rochas de embasamento cristalino pré-cambriano, representadas por gnaisses, migmatitos diversos, xistos e quartzitos, além de rochas plutônicas e meta plutônicas de composição, predominantemente, granítica. Sobre esse substrato encontram-se sequências sedimentares, formadas por conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos, intercaladas por rochas vulcânicas (basaltos, andesitos e riolitos) do paleozóico. Ocorrem ainda coberturas aluvionares, quaternárias, formadas por areias, siltes, argilas e cascalhos (Mapa 2), que se distribuem ao longo dos principais cursos d'água (Tabela 1).

As rochas cristalinas predominam totalmente na área e representam o que é denominado comumente de “aquífero fissural”. Como basicamente não existe uma porosidade primária nesse tipo de rocha, a ocorrência da água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, o que se traduz por reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão.

Dentro deste contexto, em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semiárido, é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições atribuem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem. As coberturas sedimentares colúviais compreendem manchas isoladas de sedimentos detríticos que, em função das

espessuras bastantes reduzidas, têm pouca expressão como mananciais para captação de água subterrânea.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico. Normalmente, as altas permeabilidades dos termos arenosos compensam as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.

Tabela 1: Aspectos Geológicos da sub-bacia hidrográfica do Riacho Contendas.

UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	FORMAÇÃO GEOLÓGICA	LITOLOGIA
Q2a	Depósitos Aluviais	Argilas, areias, quartzosas e quartzofeldispáticas, conglomeráticas ou não; Cascalho argila orgânica.
£Ojm	Formação Pacujá	Ortoconglomerados brechoídes, de matriz areno arcoseana cinzenta, com seixos de gnaisses, granitóides, quartzitos, filitos e arenitos.
£Ojp	Formação Massapê	Arenitos líticos e arcoseanos, folhelhos e siltitos vermelhos, leitos conglomeráticos.
£Oja	Formação Aprazível	Ortoconglomerados grossos e polimiticos, com matriz arcoseana.
£Y4m	Suíte Granitóide Meruoca	Monzonitos, granodioritos e sienitos com predomínio de fácies equigranular; granulação média a grossa.
NPmc	Formação Covão	Muscovita xistos, em parte com cianita e feldspato; muscovita-albita-clorita xistos de provável derivação vulcânica.
PP1g	Complexo Granja	Ortognaisses TTG, gnaisses kinzigíticos, granulitos e migmatitos bandados e dobrados, encerrando fácies íloníticas.

Fonte: CPRM, 2003, adaptação dos autores.

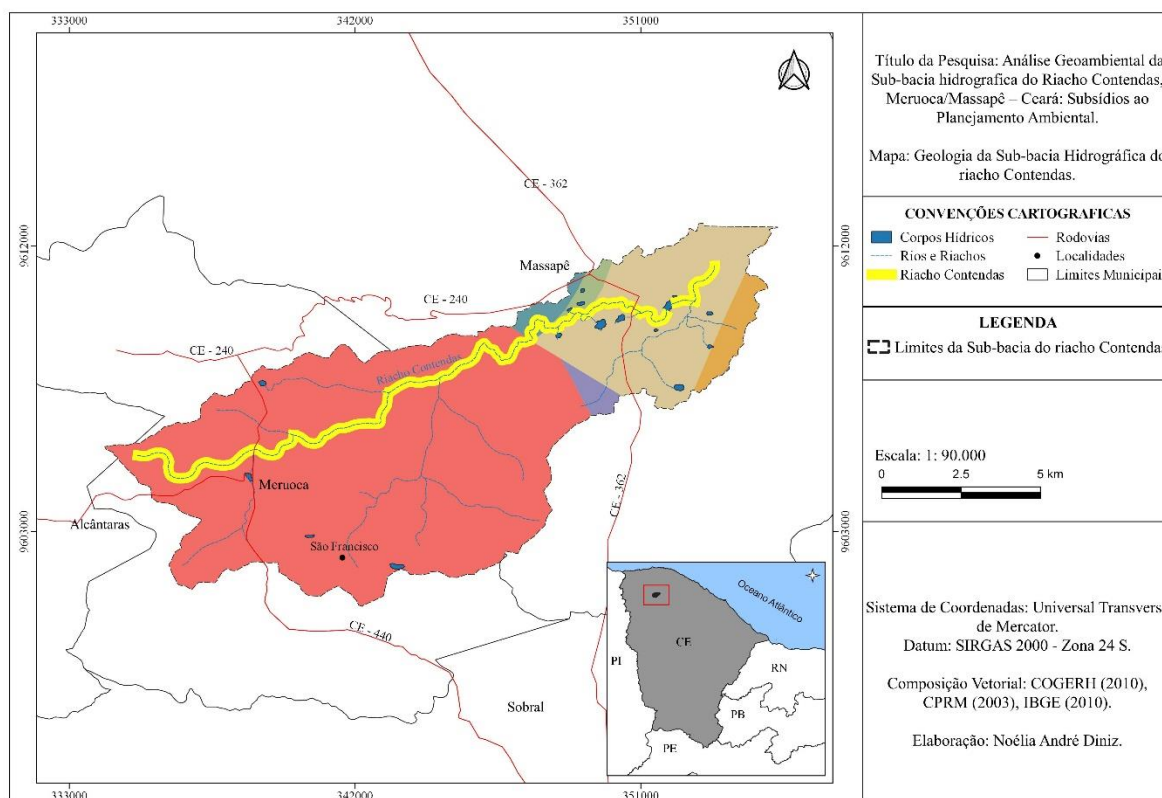


Figura 2 - Mapa de Geologia de da Sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas.

Fonte: Autores.

4.1.2 Geomorfologia

É importante compreender as diferentes formas de relevo para entender sua origem e evolução no tempo, visto que o mau uso da terra pode causar danos ambientais para todo o sistema.

Para a classificação geomorfológica utilizou-se Souza (1988; 2003) que realizou a mais completa classificação morfoestrutural do relevo cearense, ele estabelece as seguintes Unidades Morfoestruturais: Domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozóicos (Planícies Fluviais, Formas Litorâneas e Tabuleiros); Domínios das Bacias Paleo Mesozóicas (Chapada do Araripe, Chapada do Apodi e Planalto da Ibiapaba) e Domínios dos Escudos e Maciços Antigos (Planaltos Residuais e Depressão Sertaneja).

Diante dessa classificação da sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas está inserida em dois domínios morfoestruturais: dos escudos e maciços antigos representados por duas unidades geomorfológicas: a depressão sertaneja, o maciço residual da Meruoca e o domínio dos depósitos sedimentares Cenozóicos, representados pela planície fluvial do riacho Contendas.

- *Depressão sertaneja:* Encontrada entre o maciço residual da serra da Meruoca e o açude Acaraú Mirim, formando áreas de superfície de aplainamento em terrenos cristalinos que apresentam períodos de secas prolongadas e altas temperaturas que intensificam a evaporação da água.

Essas áreas correspondem a grandes superfícies de aplainamento modificadas sob condições climáticas semiáridas. Na depressão sertaneja, o trabalho erosivo é intenso, rebaixando o relevo, principalmente nas áreas de rochas de menor resistência. As características da depressão sertaneja estão ligadas a condicionantes climáticos e com o caráter caducifólio de revestimento florístico.

A morfologia local é caracterizada por um relevo do tipo superfície pediplanada, elevando sua declividade nas proximidades da Serra da Meruoca, gerada como produto da associação geológico-estrutural predominante, com dessecamento pelas condições climáticas super impostas.

A área é marcada por drenagens de entalhe moderado a mediano, com pequenos vales de fundo chato e estreito, porém, com abertura marginal suficientemente larga, ressaltando o poder erosivo da drenagem sobre as litologias locais.

Com topografia suavemente ondulada, drenada por cursos d'água pertencentes à sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas e seus tributários, ocorre uma suavização do relevo, dificultando um aprofundamento mais efetivo dos vales. A duração do fluxo de água dos rios e riachos que drenam a sub-bacia corresponde a quatro ou cinco meses do ano, havendo uma diminuição significativa desse fluxo logo que as precipitações param, tendo início, assim, a um longo período de estiagem.

- *Maciço residual*: A Serra da Meruoca, de acordo com Souza (2000), é um planalto residual, o qual se dispersa pela depressão sertaneja. Apresenta-se como um compartimento ilhado e contribui para a diversificação fisiográfica e ecológica do semiárido cearense. Apresenta diferenças do ponto de vista altimétrico, quanto à composição litológica, feições de dissecção e abrangência espacial. Apresenta relevos decorrentes da erosão da era cenozóica fase essa de maior evolução do relevo, constituídos de rochas graníticas.

A pluviosidade nos maciços úmidos é mais significativa, favorecida pelo efeito orográfico e pelo relevo. Para Souza (2006), estruturalmente, a área serrana é circundada a leste, nordeste, noroeste e sul por prolongamentos de falhas. O maior delas em direção SW-NE que constitui o limite ocidental do “graben” (fossa tectônica) do Jaibaras. Segundo Souza (1988), a morfogênese química da drenagem decorre dos processos areolares, dissecando o relevo em formas aguçadas em vales em V e ravinas em encostas. Os vales sofrem deposição de material coluvial devido às suas vertentes íngremes.

Na área da sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas, a área de Maciço residual apresenta altitudes superiores a 800m com feições morfológicas diversificadas como: topos, vertentes íngremes, fundos de vales e planícies alveolares em níveis suspensos de pedimentação. A altitude favorece maior umidade em vertentes direcionadas para barlavento. Já para o sotavento, as vertentes apresentam uma redução significativa das precipitações. Apesar de o regime das precipitações

pluviométricas apresentar irregularidades afetando os rios e riachos, o tipo de drenagem é dendrítica e sub-dendrítica e o regime intermitente.

É importante ressaltar que os maciços residuais úmidos do Nordeste tradicionalmente têm se destacado como áreas agrícolas dos mais significativos. Nesse sentido, Falcão (2003) ressaltava que a alta erosividade causada pelas chuvas e a topografia montanhosa aumentam os riscos de erosão e consequentemente, as perdas de solos, água, matéria orgânica e nutrientes diminuem a produtividade do solo. Desta forma, isso constitui sério obstáculo à sustentabilidade da agricultura local.

- *Planície Fluvial do Riacho Contendas*: As planícies fluviais presentes na região semiárida do nordeste brasileiro estão relacionadas às drenagens intermitentes, constituindo-se como estreitas faixas ao longo dos canais que percorrem entre afloramentos de rochas e os pediplanos espaçados em meio à superfície sertaneja. O riacho Contendas tem suas principais nascentes no Maciço Residual da Meruoca, drenado por terrenos cristalinos. As áreas de várzeas da planície fluvial do riacho contendas apresenta uma vegetação de mata de galeria, é caracterizada por áreas de acumulação constituídas de sedimentos aluviais areno-argilosos do Cenozóico (Quaternário), com relevo plano que resultam de deposições efetuadas pelos rios e suscetíveis a inundação.

Para melhor entendimento sobre a bacia hidrográfica do riacho Contendas, dividiu-se a mesma em 3 (três) setores: Alto curso, médio curso e baixo curso. O alto curso do riacho Contendas apresenta córregos com drenagem dendrítica e sub dendrítica, com declividade forte e vales em forma de “V” de ângulo agudo, correspondendo às vertentes íngremes da Serra da Meruoca. O médio curso da sub-bacia atravessa boa parte da Depressão sertaneja do município de Massapê, característica de uma superfície de aplainamento de embasamento cristalino. No baixo curso da bacia encontra-se uma superfície coberta por sedimentos areno-argilosos com baixas altitudes, com precipitação de janeiro a maio de 800mm e temperatura em torno de 27 °C, sendo a drenagem de padrão paralelo.

As áreas ribeirinhas dessa planície têm a função de manter estáveis os taludes dos rios, atuando como protetor contra o processo de assoreamento, servindo também para filtrar a água e os sedimentos antes da chegada ao leito. Pode-se ressaltar, que essas áreas possibilitam a reprodução de espécies vegetais e animais que garantem a biodiversidade do local.

4.1.3. Clima

O clima influencia fortemente na dinâmica tanto ambiental quanto econômica, dentre os fatores que mais agem no estado do Ceará tem-se as oscilações globais oceânicas e também a atuação dos sistemas atmosféricos. O clima presente na região é o semiárido, marcado pela escassez de água e pela irregularidade de chuvas. A semiaridez no clima do nordeste do Brasil e do Ceará é causada pela sua localização geográfica frente aos sistemas de circulação atmosférica.

A influência mais forte no clima é a zona de convergência intertropical (ZCIT), que pode ser definida como a banda de nuvens circundando a faixa equatorial “formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul [...]” (FERREIRA *et al.*, 2005) No período de janeiro a maio, ela fica situada na faixa equatorial do Brasil acarretando maior precipitação contribuindo para a prática da agricultura.

A bacia hidrográfica do riacho Contendas é marcada por irregularidades pluviométricas, em virtude da variação atmosférica e oceânica. As maiores precipitações se dão no alto curso da sub-bacia hidrográfica, por influência da serra da Meruoca. Apresentam, ainda, grande insolação, propiciando mais evaporação, baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas na maior parte do ano.

Os regimes pluviométricos mais elevados, de acordo com Nascimento (2013), são nas vertentes de barlavento na encosta oriental da serra da Meruoca. Podemos caracterizar o clima da sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas como: tropical quente semiárido, tropical quente sub úmido e tropical subquente úmido, ver na Figura 4.

Em relação às condições climáticas fundamentando-se em Souza (2000), faz-se um paralelo com a área em estudo à qual a sub-bacia do riacho Contendas está submetida ao clima Tropical Quente Semiárido, este condiciona chuvas bastantes irregulares, com antecipações, retardamentos, ou até mesmo ausências quase totais desta, apresentando condições de secas, e uma pequena porção está sobre o clima Tropical Quente Subúmido, próximo à serra da Meruoca, que se caracteriza por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18 °C apresentando uma estação seca de pequena duração compensada pelos totais elevados de precipitação, também tem a presença do clima tropical subquente úmido, onde abrange a maior área da sub-bacia do riacho Contendas.

Souza (2000) faz uma alerta para que as mudanças ambientais exibem características alarmantes com sérios prejuízos para os recursos naturais renováveis. Essas mudanças são derivadas de uma ação humana inapropriada que se traduz nos processos de degradação em diferentes níveis. A instabilidade no regime pluviométrico, acompanhada pelo intenso calor, resulta em elevadas taxas de evapotranspiração potencial e real, as quais reduzem a umidade do solo e a quantidade de água armazenada nos reservatórios. O que ocasiona a precipitação reduzida e irregular, junto a altas taxas evapotranspiratórias durante todo o ano, é um balanço hídrico negativo.

4.1.4 Aspectos Hidrológicos

Para delimitar a área de uma bacia, é preciso analisar a topografia do terreno, mediante curvas de níveis, identificando as áreas de maior cota, ou seja, os divisores topográficos da bacia. Existem três divisores de bacia: divisor geológico em função das características geológicas, divisor

topográfico baseado no relevo e divisor freático relacionado ao nível de águas subterrâneas no subsolo. A rede hidrográfica responsável pela drenagem de uma bacia apresenta arranjos espaciais dos canais fluviais que refletem a estrutura geológica e a evolução morfogenética da região (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

O riacho Contendas é classificado como temporário, permanecendo com maior volume na estação chuvosa e no período de estiagem apresenta escassez hídrica. Nasce na serra da Meruoca e deságua no açude Acaraú Mirim, sendo este o limite da área de estudo, mas o mesmo continua seu percurso, até a confluência com o rio Acaraú.

A rede de drenagem superficial da sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas apresenta um padrão dendrítico a subdendrítico, devido ao substrato rochoso cristalino. Na serra da Meruoca a concentração hídrica é eficaz nas planícies alveolares com depósitos colúvio-aluvionares. É importante ressaltar que a hidrografia está associada às formas de relevo, vegetação, solos, litologias e não somente às chuvas. É através do conjunto desses fatores que são determinadas a formação e caracterização da rede de drenagem. O maciço residual atua como um ponto de dispersão de drenagem, visto que a maioria das nascentes surge nesses pontos. Sendo assim, o riacho Contendas, fruto desse maciço, é de grande importância para a manutenção do equilíbrio ecológico na área.

A serra da Meruoca provoca as chuvas orográficas que, segundo Oliveira e Pereira (2012), ocorrem devido à ascensão forçada de ventos úmidos ante um obstáculo do relevo. O ar é obrigado a se elevar para transpor o obstáculo, resfria-se (com a altitude), podendo saturar-se. A vertente setentrional funciona como um obstáculo voltado para o vento (barlavento), ficando coberta de nuvem. Do outro lado, na vertente meridional do obstáculo (sotavento), o ar descendente é seco, com suas características iniciais modificadas. Na estação chuvosa, verificamos um maior escoamento da água pelos canais, já que no período de estiagem há uma redução significativa fortemente associada aos rios de terrenos cristalinos.

4.1.5. Solos

O processo de identificação dos solos da sub-bacia do riacho Gabriel se deu através dos trabalhos de gabinete, por meio do Sistema Brasileiro de Solos (SIBCS). Ao que se sabe o estudo dos solos é de uma extrema importância para a compreensão do processo de uso/ocupação de uma determinada área, na pesquisa em questão foi indispensável o estudo e classificação dos solos.

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS), foram identificados na área da sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas, três classes de solos, são eles: Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Litólicos, Neossolos Flúvicos.

Tabela 2: Identificação de solos nas unidades morfológicas.

Unidades Morfológicas	Solos encontrados
Maciço residual	Argissolos Vermelho-Amarelos
Depressão sertaneja	Neossolos Litólicos
Planície Fluvial	Neossolos Flúvicos

Fonte: IPECE, 2010, adaptados autores.

Argissolos vermelho-amarelados são solos também desenvolvidos do Grupo Barreiras de rochas cristalinas ou sob influência destas. Apresentam horizonte de acumulação de argila, B textural (Bt), com cores vermelho-amareladas devido à presença da mistura dos óxidos de ferro hematita e goethita. Com relação às potencialidades e às limitações, os Argissolos apresentam boa potencialidade para a prática agrícola, no entanto, a presença de um relevo fortemente acidentado é o principal fator limitante, característica que o torna suscetível aos processos de erosão hídrica, devido à diferença de textura entre os horizontes, fato que dificulta a infiltração nos horizontes subsuperficiais.

Os Neossolos Litólicos, conforme o SIBCS (2006), são solos pouco evoluídos sem o horizonte B, apresentando o horizonte A seguido pelo C ou R. Para Lourenço (2013), estes tipos de solos apresentam o horizonte A diretamente sobre a rocha – horizonte R, sendo comum encontrar superficialmente pedregosidade e/ou rochosidade, podendo ser vinculados aos afloramentos rochosos.

O material que origina esse tipo de solo normalmente é “o saprolito de gnaisses, magmáticos e de granitos, ocorrendo também solos derivados de quartzito, arenito, filito e xisto, bem como áreas menores, onde são derivados de siltito, argilito, calcário, filonito, folhelho, ardósia e diorito, pertencentes a diversos períodos geológicos” (LIMA, 2012).

Os Neossolos Litólicos estão localizados nas vertentes íngremes e na superfície aplainada circunvizinha, enquanto os Neossolos Flúvicos ocorrem preferencialmente em áreas de várzeas ao longo das principais redes de drenagens. No caso dos Neossolos Litólicos em áreas de topografia acidentada, é muito comum o perfil A-R, ou seja, o horizonte A em contato direto com a rocha. Segundo Pereira e Silva (2005), os Neossolos Litólicos exibem pouca profundidade, fraco desenvolvimento pedológico, textura arenosa ou média normalmente cascalhenta, drenagem de moderada a acentuada e, conforme sua composição química varia de fortemente ácido a quase neutro podendo ter baixa (distróficos) ou alta fertilidade (eutróficos), sendo o último o mais comum na área de estudo.

A alta susceptibilidade à erosão, a declividade acentuada, a deficiência hídrica, a pouca profundidade e a pedregosidade do solo dificultam a penetração e obtenção de água e nutrientes pelas

raízes das plantas. Tais características são fatores limitantes à prática agrícola desses solos nas áreas serranas.

Os Neossolos Flúvicos são formados por sedimentos não consolidados de origem fluvial e, diferente dos Litólicos, localizam-se em áreas de topografia plana. São solos pouco evoluídos, profundos a muito profundos, apresentando um horizonte A sobre um horizonte C, constituído por várias camadas que se diferenciam pela textura e granulometria e que não mantêm entre si ligações genéticas. (PEREIRA *et al.*, 2005).

No que diz respeito às potencialidades, os Neossolos Flúvicos possuem boa fertilidade natural, com grande potencial para atividade agrícola, além de ser um bom reservatório de água subterrânea, o que favorece a prática da irrigação (PEREIRA *et al.*, op. cit.). Os principais fatores limitantes destes solos são os riscos de inundação e a má drenagem.

4.1.6. Vegetação

A vegetação é de extrema importância para a manutenção da biodiversidade e proteção dos solos, pois essa, além de realizar a fotossíntese, servindo como produtor primário, produzindo oxigênio e celulose, acaba protegendo o solo, pela interceptação da chuva, interrompendo o carreamento do solo, minimizando assim o efeito da erosão.

No que se refere às características fitoecológicas a Sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas apresenta uma diversificação bastante acentuada em toda sua extensão, isto se dá por uma forte inter-relação que o clima, os solos, altimetria, topografia e uso e ocupação exercem sobre a vegetação determinando seus aspectos naturais.

A classificação da sub-bacia foi toda baseada no estudo de Fernandes (1990) que considera a fitofisionomia da vegetação com relação ao porte e à influência climática. Com base em seu estudo e relacionando a sub-bacia tem-se: A vegetação xerófila (Caatinga) característica de locais de semi-aridez. O xerofitismo expressa condições de sobrevivência, ligada a ambientes secos e com deficiência hídrica, onde a água disponível para as plantas procede do curto período de chuvas, já que seus solos não acumulam água.

São formações vegetais xerófilas garranchentas e por vezes espinhosas, apresentando-se caducifólia na estiagem e variando entre o padrão arbóreo e o arbustivo. Assim, as plantas sobrevivem sob um controlado processo vital, por exemplo, a adaptação à seca com a queda das folhas para redução de transpiração e com reservas de água nas raízes para se manterem, entre outras adaptações.

- **Caatinga arbustiva aberta** (caatinga alta) encontrada nas cotas mais elevadas que revestem as encostas serranas, úmidas e subúmidas, além de recobrir áreas da depressão sertaneja, mais

raramente. Completando-se com estrato arbóreo, arbustivo/subarbustivo e herbáceo. O estrato arbóreo encontra-se de forma pontual em áreas de maior conservação da cobertura vegetal.

- **Floresta subcaducifolia tropical pluvial** (Mata seca): Trata-se de uma vegetação composta de variações florísticas e reveste encostas das serras subúmidas. Na área de estudo, este tipo de vegetação encontra-se numa pequena faixa nas cotas altimétricas entre 600 m e 800 m.

- **Floresta subperenifolia tropical pluvio-nebular** (Mata úmida): São formações de altitude que apresentam remanescente de mata atlântica, como disjunções florestais circundadas pelas caatingas, que podem ser explicados pelo clima, topografia, hidrologia e litologia. Predomina ainda uma vegetação florestal higrófila, perenifolia e subperenifolia.

- **Floresta mista dicótilo-palmácea** (mata ciliar) do riacho Contendas encontra-se descaracterizada, tanto na margem direita quanto na esquerda, constando de uma vegetação secundária indicada por caules finos, apresentando espécies não comuns da mata galeria. A margem do riacho está sempre sujeita à erosão pela água, pois sua força erosiva aumenta com a velocidade da água, assim a vegetação pode ajudar a reduzir esse tipo de erosão.

5. APLICAÇÃO DO NDVI PARA A ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA COBERTURA VEGETAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CONTENDAS

Atualmente, dentre as diversificadas técnicas de processamento de imagens que possibilitam a exploração dos dados de sensores remotos, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o qual permite identificar a presença de vegetação e caracterizar sua distribuição espacial e sua evolução no decorrer do tempo (ROSEMBACK *et al.*, 2010).

O NDVI foi proposto por (ROUSE *et al.*, 1973), a partir da normalização do Índice de Vegetação da Razão Simples para o intervalo de -1 a +1. A normalização consiste numa relação entre as medidas espectrais de duas bandas, o infravermelho próximo é a vermelha (PONZONI *et al.*, 2012). Nesse seguimento, é o índice de vegetação mais comumente empregado em estudos sobre vegetação, sendo uma aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores de satélites (MELO *et al.*, 2011).

Para obtenção do NDVI, foi aplicado o algoritmo (ROUSE *et al.*, 1973) que consiste na diferença da refletância no infravermelho próximo e a refletância no vermelho dividido pela soma dessas duas bandas como mostra a seguinte equação:

$$NDVI = \frac{(R_{ivp} - R_v)}{(R_{ivp} + R_v)}$$

Onde:

R = refletância;

ivp = espectro eletromagnético infravermelho;

v = espectro eletromagnético vermelho.

Os resultados variam de -1 a +1 por pixel, de modo que quanto mais próximo de +1, maior a densidade da vegetação. Enquanto esse valor diminui, a vegetação vai ficando mais rala e quanto mais próxima de -1, maior indício de presença de solos descobertos e rochas.

Já a água, por sua vez, apresenta valores negativos, próximos a -1, o mesmo ocorrendo com áreas de sombra de nuvem (POELKING *et al.*, 2007; MELO *et al.*, 2011).

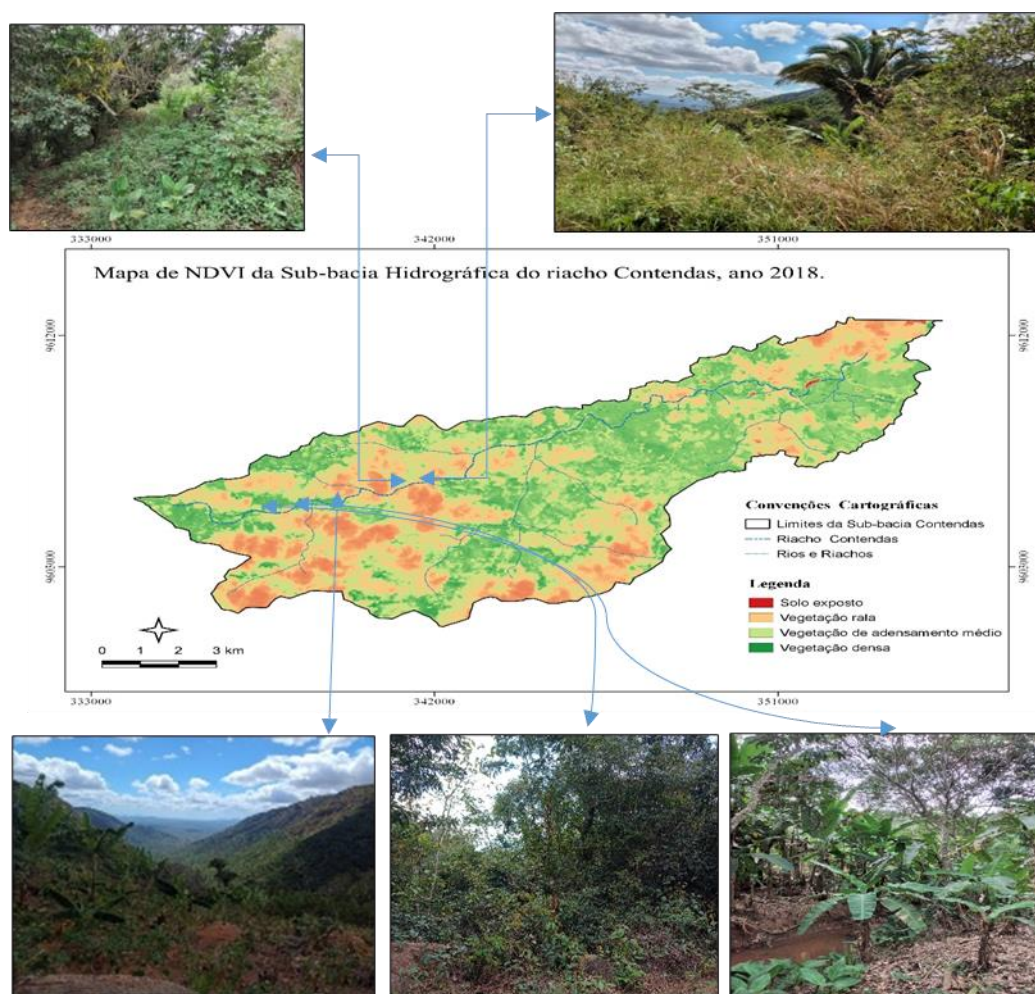


Figura 3: Mapa de NDVI da Sub-bacia Hidrográfica do riacho Contendas, ano 2018.

Fonte: Autores.

Com base nas observações em aula de campo na área da sub-bacia podemos caracterizar a vegetação como caatinga arbórea-arbustiva. A mata ciliar do riacho Contendas encontra-se descaracterizada, tanto na margem direita quanto esquerda, constando de uma vegetação secundária indicada por caules finos, apresentando espécies não comuns da mata galeria.

A margem do riacho está sempre sujeita a erosão pela água, pois, sua força erosiva aumenta com a velocidade da água, assim a vegetação pode ajudar a reduzir esse tipo de erosão. Percebe-se a

descaracterização da vegetação natural, esta, por sua vez, apresenta-se em enclaves restritas associadas à cultura de bananeiras, cajueiro em maior proporção, tanto nos topos como na vertente, e a vegetação é arbustiva associada ao babaçu que é bastante expressivo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho são apresentadas informações acerca do levantamento de dados de gabinete, geocartográficos e de campo realizados na área de estudo. Através da metodologia e dos procedimentos técnicos operacionais adotados foi possível analisar e diagnosticar os elementos naturais e traçar as características das unidades morfológicas.

Nesta perspectiva, constatou-se que a área da sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas compreende uma rica diversidade em seu meio físico-natural, constituindo-se de um quadro de degradação ambiental complexo. Quanto ao quadro geológico, notou-se que a sub-bacia hidrográfica do riacho Contendas é formada por rochas de embasamento cristalino pré-cambriano, representadas por gnaisses, migmatitos diversos, xistos e quartzitos, além de rochas plutônicas e metaplutônicas de composição, predominantemente, granítica.

As rochas, por serem bastante resistentes aos processos morfogenéticos, resultam em relevos acidentados com significativos desnivelamentos e trechos com representativos declives, sendo a maioria da área representada por superfícies de aplainamento. A bacia hidrográfica do riacho Contendas é marcada por irregularidades pluviométricas, em virtude da variação atmosférica e oceânica. As maiores precipitações se dão no alto curso da sub-bacia hidrográfica, por influência da serra da Meruoca. Apresentam ainda, grande insolação propiciando mais evaporação, baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas na maior parte do ano.

Os solos apresentaram-se como rasos e pedregosos de pouco a média infiltração, recobertos por uma vegetação de caatinga caducifólia, com estrato arbóreo, arbustivo/subarbustivo e herbáceo. Quanto ao uso e cobertura, constituem-se de áreas agrícolas com fraca cobertura vegetal, em alguns setores há uma cobertura vegetal mais significativa, contendo espécies parcialmente preservadas.

Contudo, com a presente pesquisa, espera-se contribuir com futuros trabalhos científicos, podendo ser utilizadas essas informações para contribuir com o gerenciamento e planejamento ambiental, podendo ser utilizado para tomadas de decisões públicas, que tenham objetivo a gestão em bacias hidrográficas no tocante uso e ocupação.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pelo o auxílio financeiro, ao Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos LEAC e ao Mestrado Acadêmico em Geografia – MAG/UVA.

REFERÊNCIAS

ALVES, V. C. *et al.* Mapping and Characterization of Physical-Natural Units in the Municipality of Massapê - Ceará, Brazil. **International Journal of Conservation Science**, v. 24, p. 1-22, 2024.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, 1972.

COGERH. Governo do Estado. **Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos**. Disponível em: <https://www.cogerh.com.br/> Acesso em 06 de jan. de 2024.

CPRM. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará**. Edição 2003 Esc: 1:500.000 CPRM, 2003.

DNIT. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/745_manual_de_gerencia_de_pavimentos.pdf>. Acesso em: 10 jan. de 2024.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FALCÃO, C. L. C.; SILVA, J. R. C. Avaliação preliminar dos efeitos da erosão e de sistemas de manejo sobre a produtividade de um argissolo na serra da Meruoca-Ceará. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 4, n. 1, 2003.

FERNANDES, A. **Temas fitogeográficos**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990. 116p.

FERREIRA, A. G; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

FUNCEME. **Compartimentação geoambiental do Estado do Ceará**. Fortaleza, 2009. 201 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, UFC. Fortaleza, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 01 de abr. 2023.

IPECE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) Ceará**. Fortaleza, 2016.

LIMA, E. C. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia de drenagem do açude Paulo Sarasate Varjota – Ceará**. Fortaleza, 2012. 201 f. Tese (Doutorado em geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

- LOURENÇO, R. M. **Diagnóstico físico-conservacionista como aporte para a análise da degradação no médio curso da Bacia Hidrográfica do Rio Aracatiaçu (CE)**. 2013. 192 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- MEIRELES, A. J. A. As unidades morfoestruturais do estado do Ceará. in DANTAS, E. W. C.; SILVA, J. B. **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.
- NASCIMENTO, F. R. **O fenômeno da desertificação**. Goiânia: Editora UFG, 2013. 107p.
- OLIVEIRA, H. T. Potencialidades do uso educativo do conceito de bacias hidrográficas em programas de educação ambiental. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M (Orgs.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2012. p. 25-128.
- OLIVEIRA, P. J. M; PEREIRA, F. T. T. **Introdução a hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- PEREIRA, R. C. M; SILVA, E. V. Solos e Vegetação do Ceará: Características Gerais. In: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W.; CAVALCANTE, T. **Ceará: Um Novo Olhar Geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.
- RODRIGUES, J. M. D.; LIMA, E. C. Análise dos Sistemas Ambientais da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Bom Jesus - Taperauba-CE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 17, p. 60-79, 2015.
- SOTCHAVA, V. B. O estudo dos geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 6, p. 1-50, 1977.
- SOUZA, M. J. N. Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C. (Org). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: Funece, 2000. p. 06-103.
- SOUZA, M. J. N. **Unidades Geoambientais: a zona costeira do Ceará diagnóstico para a gestão integrada**. Fortaleza: AQUASIS, 2003. 240p.