



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

SOLLENY KETLEN DO NASCIMENTO SILVA

**DINÂMICA DA DESERTIFICAÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA: AVALIAÇÃO
DOS RISCOS NATURAIS E NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DA SUB-BACIA DE SÃO
DOMINGOS, CABO VERDE**

FORTALEZA

2025

SOLLENY KETLEN DO NASCIMENTO SILVA

DINÂMICAS DA DESERTIFICAÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA: AVALIAÇÃO DOS
RISCOS NATURAIS E NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DA SUB-BACIA DE SÃO
DOMINGOS, CABO VERDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Geografia do Centro de
Ciências da Universidade Federal do Ceará,
como requisito à obtenção do grau de
Licenciada em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Vládia Pinto Vidal de
Oliveira.

FORTALEZA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S583d Silva, Solleny Ketlen do Nascimento.

Dinâmica da desertificação em bacia hidrográfica : avaliação dos riscos naturais e níveis de degradação na Sub-Bacia de São Domingos, Cabo Verde / Solleny Ketlen do Nascimento Silva. – 2025.
62 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geografia, Fortaleza, 2025.

Orientação: Profa. Dra. Vládia Pinto Vidal de Oliveira.

1. Desertificação. 2. Sub-bacia hidrográfica. 3. São Domingos. 4. Degradação ambiental. 5. Riscos naturais. I. Título.

CDD 910

SOLLENY KETLEN DO NASCIMENTO SILVA

DINÂMICAS DA DESERTIFICAÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA: AVALIAÇÃO DOS
RISCOS NATURAIS E NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DA SUB-BACIA DE SÃO
DOMINGOS, CABO VERDE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Geografia do Centro de
Ciências da Universidade Federal do Ceará,
como requisito à obtenção do grau de
Licenciada em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Vládia Pinto Vidal de
Oliveira.

Aprovada em 26/02/2025

BANCA EXAMINADORA

Profª. Drª. Vládia Pinto Vidal de Oliveira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª Me. Larisse Freitas Soares
Secretaria Municipal de Educação de Fortaleza (SME)

Me. Hudson Silva Rocha
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À D. Raimunda do Nascimento Silva, minha avó, e Antônio Francisco da Silva, meu pai. Silvas, que entre máquinas de costura e caldeiras industriais, me ensinaram que através do estudo podemos brilhar como uma constelação inteira.

“Obanixé Kaô Kabecilê Xangô”

AGRADECIMENTOS

Aos meus guias espirituais, que estiveram comigo ao longo desses anos me protegendo, me dando discernimento e provando que eu nunca caminhei sozinha pela estrada da vida.

À minha família, que sempre me apoiou e uniu esforços para que eu pudesse alçar os vôos que me levaram tão longe, mesmo quando as condições eram limitadas e os desafios pareciam intransponíveis.

À minha querida orientadora, Prof^a Dr^a Vládia Pinto Vidal de Oliveira, que com sua humildade, serenidade e simpatia, conquista todos ao seu redor. Mais do que a orientação, com ela, entre risadas e puxões de orelha, aprendi o amor e comprometimento pela pesquisa.

Ao meu namorado e parceiro de vida, Ruan Lioba, que segurou minha mão, me viu chorar, rir, e que celebrou comigo cada uma das minhas conquistas. Seu amor e apoio incondicional me preenche de força e coragem para recomeçar quantas vezes forem necessárias.

À minha madrinha, Diana Lioba, pelas conversas, aconselhamentos, incentivo e suporte inestimáveis. Sua paciência e sabedoria são inspirações que levo comigo.

Ao meu amado Laboratório de Pedologia, Análise Ambiental e Desertificação, minha segunda casa durante a maioria desses anos de Universidade Federal do Ceará e que me proporcionou oportunidades que ampliaram permanentemente meus horizontes.

Aos lapedianos Eledir Trigueiro, Thiago Costa, Hudson Rocha, Leonardo Silva e Auri Filho. Em especial, Osmar, Larisse e Rômulo, amigos que me viram surtar pela pesquisa e partilharam comigo risadas, desabafo e o peso desse percurso.

Aos meus amigos José Luiz, João Pedro, Ramon, Cássio, Victória, Samara, Yuri, Letícia, Leticia Barros, Jamile, Carolina e Maria Pandora, pela amizade, por todas as cervejas compartilhadas e momentos incríveis vividos ao longo desses anos.

Às minhas amigas, quase irmãs, Vitória Beatriz e Ingrid Gomes, por serem presenças constantes em minha vida, me apoiando, incentivando e compartilhando comigo o riso e o choro em momentos que guardo no coração.

À Caroline Nascimento, Kaio Vinicius e Italo Moura, meus amigos de longa data, pela amizade e todo o apoio que recebi. Desde o primeiro momento em que nossos destinos se cruzaram, vocês foram parte dessa (longa) caminhada.

À Prof^a Dr^a Maria Edivani, minha primeira orientadora e que, enxergando potencial em mim, me concedeu a primeira oportunidade que tive de ser bolsista remunerada. Sua

orientação e incentivo foram fundamentais para minha trajetória acadêmica e para que eu pudesse compreender meu papel como profissional docente.

À minha equipe do PIBID na escola EEMTI Álvaro Costa, em especial aos queridos Emanuelton e Galadriel, fontes inesgotáveis de competência e dedicação, por todas as trocas.

À minha equipe do Programa Residência Pedagógica, Denilson, Mateus, Rina e Alexandre e aos professores Christian Dennys e Alexandra Maria por todas as trocas e aprendizagens ao longo do programa.

Aos meus professores de geografia do Ensino Médio, Katiane Pereira e James Hércules, que me apresentaram a Geografia e por ela fizeram eu me apaixonar. Sou grata por ter a honra de ter sido aluna de profissionais tão incríveis.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à pesquisa que culminou neste trabalho.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho se concretizasse.

RESUMO

Este estudo analisou a dinâmica da desertificação na sub-bacia hidrográfica de São Domingos, em Cabo Verde, com foco na avaliação dos riscos naturais e nos níveis de degradação ambiental. A pesquisa foi conduzida empregando-se metodologia baseada na teoria geral dos sistemas e de indicadores geobiofísicos de degradação ambiental/desertificação. Objetivou-se compreender os processos que impulsionam a degradação dos sistemas ambientais da sub-bacia de São Domingos. Dentre os resultados obtidos, estão a delimitação e caracterização dos 6 (seis) sistemas ambientais e seus níveis de degradação, além dos valores referentes aos aspectos morfométricos da bacia, indicando, a baixa propensão à inundação e o grau de instabilidade a qual esses sistemas estão submetidos. A partir disso, é possível estabelecer que a desertificação na região é influenciada por uma complexa interação advinda da intersecção entre fatores naturais e antrópicos, destacando-se a baixa capacidade de retenção hídrica do solo, a erosão acelerada e o uso inadequado da terra. Tendo em vista o exposto, conclui-se, portanto, que a compreensão aprofundada desse fenômeno é essencial para o desenvolvimento de políticas públicas eficazes e ações que promovam a resiliência ambiental e a sustentabilidade da sub-bacia hidrográfica de São Domingos.

Palavras-chave: desertificação; sub-bacia hidrográfica; São Domingos; degradação ambiental; riscos naturais.

ABSTRACT

This study analyzed the dynamics of desertification in the São Domingos sub-basin, in Cabo Verde, focusing on the assessment of natural risks and levels of environmental degradation. The research was conducted using a methodology based on general systems theory and geobiophysical indicators of environmental degradation/desertification. The objective was to understand the processes driving the degradation of the environmental systems in the São Domingos sub-basin. Among the results obtained are the delimitation and characterization of the six environmental systems and their levels of degradation, as well as values related to the basin's morphometric aspects, indicating a low propensity for flooding and the degree of instability to which these systems are subjected. Based on this, it is possible to establish that desertification in the region is influenced by a complex interaction between natural and anthropogenic factors, with emphasis on the soil's low water retention capacity, accelerated erosion, and inadequate land use. In light of the above, it is concluded that a thorough understanding of this phenomenon is essential for the development of effective public policies and actions that promote environmental resilience and the sustainability of the São Domingos sub-basin.

Keywords: desertification; sub-basin; São Domingos; environmental degradation; natural risks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de Causas e Impactos da Desertificação	16
Figura 2 - Imagem de Satélite do centro da sub-bacia de São Domingos no período seco ..	26
Figura 3 - Imagem de Satélite do centro da sub-bacia de São Domingos no período úmido	27
Figura 4 - Mapa de Localização da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos	29
Figura 5 - Carta geológica da Ilha de Santiago. Limite da Sub-bacia hidrográfica de São Domingos	32
Figura 6 - Principais Unidades Geomorfológicas da Ilha de Santiago com ênfase na Sub-bacia de São Domingos	34
Figura 7 - Mapa de Declividade da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos, Cabo Verde	35
Figura 8 - Mapa de Uso e Ocupação de Solos da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos	38
Figura 9 - Gráfico das Zonas Bio-Climáticas em Cabo Verde	39
Figura 10 - Mapa Hipsométrico da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos	40
Figura 11 - Mapa de Sistemas Ambientais da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos	48
Figura 12 - Mapa de Susceptibilidade à Desertificação da Sub-Bacia de São Domingos - Cabo Verde	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores biofísicos de desertificação	19
Tabela 2 - Superfície, comprimento, largura e altitude máximos das ilhas e ilhéus de Cabo Verde distribuídos entre os grupos Sotavento e Barlavento	25
Tabela 3 - Dados Morfométricos da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos	41
Tabela 4 - Indicadores Biofísicos de Desertificação dos Sistemas Ambientais da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro de correlação entre a classificação da FAO/UNESCO e Embrapa ...	36
Quadro 2 - Sistematização dos Sistemas Ambientais da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Contextualização do Estudo	13
1.2 Objetivos da Pesquisa	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 DESERTIFICAÇÃO	15
2.1.1 Definição, Causas e Processos	15
2.1.3 Desertificação em Cabo Verde	17
2.1.4 Indicadores de Desertificação	17
2.2 BACIA HIDROGRÁFICA	21
2.3 SISTEMAS AMBIENTAIS	23
3. METODOLOGIA	23
3.1 ÁREA DE ESTUDO	24
3.1.1 Enquadramento e Apresentação de Cabo Verde	24
3.1.2 Enquadramento e Apresentação da Ilha de Santiago e do Concelho de São Domingos	26
3.2. ETAPAS DA PESQUISA	30
3.2.1 MÉTODOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS	30
3.2.1.1 Levantamento Bibliográfico e Documental	30
3.2.1.2 Análise Cartográfica e Geoespacial	30
3.2.1.3 Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica	31
3.2.1.4 Elaboração de Material Cartográfico	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA SUB-BACIA DE SÃO DOMINGOS	31
4.1.1 Geologia	31
4.1.2 Geomorfologia	33
4.1.3 Solos	35
4.1.4 Uso e Ocupação do Solo	37
4.1.5 Aspectos Hidroclimáticos	38
4.1.6 Vegetação	40
4.2 ASPECTOS MORFOMÉTRICOS DA SUB-BACIA	41
4.3. DELIMITAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS	42
4.4. ANÁLISE DOS NÍVEIS DE DESERTIFICAÇÃO	52
4.5. AVALIAÇÃO DOS RISCOS NATURAIS DA REGIÃO	55
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

A desertificação, resultante de fatores como as alterações climáticas, atividade antrópica e fenômenos biofísicos, configura-se como uma intercorrência ambiental crítica, recorrente em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas do planeta (UNCC, 2004) que, nas últimas décadas, tem logrado crescente atenção. Este processo, caracterizado pela degradação severa da terra e pela perda de produtividade, destaca-se como uma ameaça significativa ao equilíbrio ambiental, uma vez que se projeta negativamente sobre a biodiversidade, ecossistemas e qualidade de vida das comunidades dependentes destes recursos. A esse panorama, soma-se ainda o fato de que, em altos níveis, o processo de desertificação pode tornar-se irreversível, modificando permanentemente a dinâmica natural do espaço.

Localizada na região do Sahel, integrante do cinturão tropical, a ilha de Santiago, Cabo Verde - república africana situada no Atlântico Norte -, abriga a sub-bacia de São Domingos, caracterizada por múltiplos arranjos de estruturas geológicas e geomorfológicas, aspecto hidroclimático próprio de áreas áridas e solos marcados por sequenciamento horizontal simplificado, pouca profundidade ou fertilidade reduzida. Logo, a sub-bacia supracitada trata-se de uma representação concisa do panorama geral ocasionado pelo processo de desertificação, enfrentando questões como a escassez de água, degradação do solo e perda da cobertura vegetal, comprometendo não apenas a agricultura local, mas também a segurança alimentar e o sustento das populações.

Dado que a desertificação afeta diretamente a qualidade de vida e a sustentabilidade dos ecossistemas, este Trabalho de Conclusão de Curso justifica-se pela necessidade de investigar sua dinâmica na sub-bacia de São Domingos, que sofre intensa degradação ambiental não apenas em função do uso inadequado do solo, mas também pelas condições edafoclimáticas naturais. A degradação do solo e a escassez hídrica ameaçam a estabilidade dos sistemas ambientais que compõem a sub-bacia, impactando sua biodiversidade e atividades econômicas como agricultura e pecuária. Assim, a compreensão desse fenômeno é essencial para a formulação de políticas públicas eficazes e ações de manejo sustentável.

Compreender a dinâmica dessas paisagens seus usos, portanto, é imprescindível para visualizar e analisar as formas intrínsecas de desequilíbrio ambiental e as consequências da desertificação sobre as comunidades locais. Nesse contexto, delineiam-se questões centrais para a investigação científica que se fundamenta o presente trabalho, dentre elas: Quais são os níveis de desertificação nessa sub-bacia? Que fatores impulsoram esse fenômeno? Como ele influencia as atividades socioeconômicas da região?

Com base nas premissas apresentadas previamente, a presente monografia está estruturada em 6 partes distintas, sendo elas: Introdução, Referencial Teórico ((capítulo 1), Metodologia (capítulo 2), Resultados e Discussão (capítulo 3), Considerações Finais (capítulo 4 e Referências Bibliográficas.

No capítulo 1, correspondente ao Referencial Teórico, são discutidas as principais bases teóricas em que o trabalho está orientado. Nessa perspectiva, aborda-se a definição, causa, processos, especificidades da desertificação em Cabo Verde e os indicadores utilizados para qualificar e quantificar a degradação e seus níveis. Além disso, são abordados os conceitos de Bacia Hidrográfica e Sistemas Ambientais, imprescindíveis para visualizar e compreender a dinâmica dos recursos naturais e a interação entre fatores ambientais relacionados à desertificação.

No que se refere à Metodologia, capítulo 2 deste trabalho, são abordadas a área de estudo e as etapas da pesquisa. Nesta perspectiva, apresentam-se as características gerais da área estudada e detalham-se os procedimentos adotados para a coleta e análise dos dados, além dos métodos utilizados para avaliar a desertificação e os riscos naturais associados à sub-bacia.

O capítulo 3, dedicado aos Resultados e Discussão, apresenta e analisa os dados obtidos ao longo da pesquisa. Nesta seção, são esmiuçados os produtos obtidos sob a orientação do Referencial Teórico e da Metodologia, tais como a caracterização geoambiental, aspectos morfométricos da sub-bacia e níveis de desertificação nos Sistemas Ambientais, obtidos a partir da aplicação dos indicadores adotados. Ainda, no capítulo 4, há a conclusão deste trabalho, com apresentação de considerações acerca do que foi exposto ao longo dos capítulos dispostos nesta monografia.

1.2 OBJETIVOS DE PESQUISA

O presente estudo tem como objetivo principal analisar a dinâmica da desertificação nos sistemas ambientais da sub-bacia hidrográfica de São Domingos, em Cabo Verde, avaliando os riscos naturais e analisando os níveis de degradação ambiental. Para isso, busca-se:

- Identificar os principais fatores naturais e antrópicos que contribuem para a desertificação na área de estudo.
- Caracterizar os sistemas ambientais presentes na sub-bacia e avaliar sua vulnerabilidade à degradação.

- Mensurar o percentual das áreas degradadas e/ou desertificadas na sub-bacia.
- Analisar os impactos da desertificação nos recursos hídricos e na biodiversidade local.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESERTIFICAÇÃO

2.1.1 DEFINIÇÃO, CAUSAS E PROCESSOS

Originado na expressão em latim “desertus”, que se refere à ideia de “terra desabitada”, o termo “deserto” descreve um ecossistema de dinâmica própria, dotado de interações físico-biológicas complexas (OLIVEIRA-GALVÃO, 2001) e que apresenta como características fundamentais índices relacionados à evaporação potencial - esta, superior à precipitação média anual -, precipitação escassa e variável, solos rasos e cobertura vegetal esparsa. Derivando etimologicamente da mesma raiz linguística, o conceito de desertificação expressa, entretanto, um panorama distinto, que envolve, sobretudo, o componente antrópico como figura central, haja vista que este se torna a força motriz, criando condições análogas às dos desertos (CONTI, 1998). Nesse aspecto, a desertificação, enquanto processo degradante, portanto, não apresenta capacidade de gerar desertos no sentido estrito da palavra (PATRÍCIO, 2017).

Matallo Junior (2009) e Rego (2012) destacam que as primeiras menções ao termo “desertificação” surgem na primeira metade do século XX, em trabalhos de Louis Lavauden, em 1927, e ganham maior destaque a partir de André Aubreville, em 1949. A utilização do conceito, entretanto, logra robustez e amplitude a partir dos anos 1970, com a ocorrência de eventos como a seca na região do Sahel, entre 1960 e 1980, que acelerou o processo de desertificação na área, resultando na migração de populações, insegurança alimentar e perda significativa da biodiversidade.

Transmutando de forma concisa - e, por vezes, irreversível (VARGHESE; SINGH, 2016) - as características naturais dos componentes geoambientais da paisagem, a desertificação é um fenômeno ambiental observado à nível mundial. A delimitação do conceito, no entanto, não é unânime, havendo na literatura variações. Para Mendonça (1992), a desertificação é a degradação dos recursos naturais e das populações residentes nessas áreas. Melo (2000), no entanto, destaca que o homem é a causa da degradação, visto que este não considera os limites da natureza. Concomitantemente, a desertificação pode ser compreendida, de modo geral, como sendo a degradação da terra em zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de fatores com origens múltiplas (UNCCD, 2004).

Conforme Demartelaere et al. (2021), algumas das principais determinantes da degradação ambiental incluem a perda da vegetação, a escassez hídrica, o desmatamento, a mineração, o manejo agrícola inadequado e a pressão populacional sobre os recursos naturais, que são exauridos por um ciclo insustentável de consumo e produção. Assim, a interação entre fatores naturais, climáticos e socioeconômicos com práticas inadequadas de uso da terra resulta na degradação ambiental (SILVA; OLIVEIRA, 2017). Nesse contexto, Sá et al. (2017) destaca que práticas como cultivo excessivo, sobrepastoreio, remoção da cobertura vegetal e irrigação em terrenos inadequados agravam a deterioração do solo.

Tendo em vista a abrangência, urgência e profundidade das discussões sobre os avanços da desertificação, a UNCCD (sigla em inglês para Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação) reconhece que essa é uma problemática de grande magnitude, cujos impactos vão além dos danos ambientais, com prejuízos econômicos significativos e efeitos sobre o indivíduo, nas esferas pessoal e comunitária (SUERTGARAY, 1996).

Nesse contexto, nas comunidades afetadas, sobretudo nas camadas menos favorecidas do corpo social - e, portanto, mais vulneráveis (LIU et al., 2008) - observam-se questões relacionadas à escassez hídrica e à diminuição da produção agrícola. Sá et al (2015) discute, ainda, que as regiões em que as atividades humanas têm o meio agrícola como recurso econômico central tornam-se mais vulneráveis à perda das propriedades edáficas, uma vez que ocorre o manejo inadequado do solo.

Figura 1 - Diagrama de Causas e Impactos da Desertificação.



Fonte: Autor (2025)

2.1.3 DESERTIFICAÇÃO EM CABO VERDE

O panorama ambiental da República de Cabo Verde, em função de sua insularidade, clima árido e processos históricos de ocupação e uso da terra, é marcado pela vulnerabilidade dos ecossistemas que compõem o arquipélago, em que o solo, os recursos hídricos e a biodiversidade são amplamente afetados pela desertificação (SEMEDO, 2012). A dinâmica dessa problemática em Cabo Verde, tal como nas demais áreas afetadas ao redor do globo, é originada em múltiplos fatores, sendo a figura antrópica associada às condições naturais o principal motor dessa degradação.

Historicamente, a ocupação portuguesa do território cabo-verdiano trouxe consigo a inserção de novas espécies, estas de caráter agrícola e comercial, à flora nativa, assim como a introdução de fauna doméstica, cujas práticas de manejo e pastoreio contribuíram para a modificação dos ecossistemas locais. Nesse aspecto, a pressão humana sobre o meio ambiente, por meio de práticas inadequadas de uso da terra, como o desmatamento para culturas de sequeiro nas áreas de relevo mais elevado, somado ao pastoreio intensivo de

bovinos e caprinos (SEMEDO, 2012), potencializou os efeitos das condições climáticas áridas relacionados à escassez hídrica e episódios recorrentes de seca.

Ao longo dos séculos o panorama da desertificação se expandiu, afetando não apenas a qualidade de vida das populações locais, comprometendo, também, a sustentabilidade dos recursos naturais essenciais para o equilíbrio ambiental e a segurança alimentar do país. Semedo (2012) destaca que, na atualidade, o prejuízo ambiental se traduz através da salinização e erosão acelerada do solo, além da degradação da vegetação e redução da flora nativas.

No aspecto socioeconômico, é possível visualizar como consequência direta da degradação a emigração das áreas rurais para centros urbanos, resultante da perda da produtividade agrícola e da escassez de recursos naturais, agravando a vulnerabilidade socioeconômica das populações afetadas. Esse êxodo rural intensifica a pressão sobre as cidades, resultando em desafios como o crescimento desordenado, o aumento do desemprego e a precarização das condições de vida. Dessa forma, a desertificação em Cabo Verde não se limita apenas a uma questão ambiental, mas configura-se também como um problema social e econômico.

2.1.4 INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO

Tendo em vista a complexidade do processo de deterioração ocasionado pela desertificação, são utilizados indicadores para avaliar os impactos ambientais e suas consequências em territórios distintos. Posto isso, os indicadores se configuram como ferramentas qualitativas - quando os dados são classificados a partir do nível de conservação - e quantitativas - ao conferir valor aritmético/estatístico aos componentes geoambientais da paisagem (ABRAHAM, MONTAÑA & TORRES, 2006). Portanto, podem ser empregados para mensurar valores relacionados às mudanças nos solos, na vegetação e nas condições socioeconômicas das populações afetadas, objetivando visualizar, quantificar e compreender o panorama de regiões afetadas por quadros de degradação ambiental.

Entre os índices mais comumente levados em consideração dentro dos indicadores, destacam-se a redução da cobertura vegetal, a erosão do solo, a perda de biodiversidade, declividade e condições climáticas. Além dos aspectos ambientais, fatores como migração populacional e insegurança alimentar também são considerados, evidenciando as variadas nuances da problemática. Souza, Souza e Sousa (2023) destacam que pode-se observar uma predominância de estudos que utilizam indicadores que integram elementos físico-naturais

com aspectos sociais e econômicos, sendo estes categorizados como geobiofísicos, socioeconômicos e biofísicos.

Dentre os indicadores biofísicos, vale destacar os discutidos por Oliveira (2003, 2011, 2012), adotados neste trabalho e que foca em parâmetros como a Geologia, Geomorfologia, Cobertura Vegetal (estratificação), Cobertura Vegetal Natural, Solos (espessura), Erosão, e Condições Climáticas. Esses indicadores são avaliados em uma escala determinada, variando de 1 a 5, em que os valores mais altos indicam melhores condições ambientais e de sustentabilidade. Em contrapartida, os menores valores são indicativos de suscetibilidade à desertificação.

Tabela 1 - Indicadores biofísicos de desertificação

Geologia (Litotipos/Permeabilidade) - IBFD1		V.I
Coberturas não coesas	(5)	
Depósitos terciários ou capeamentos de arenito	(4)	
Rochas sedimentares	(3)	
Rochas ígneas	(2)	
Rochas metamórficas	(1)	
Geomorfologia (Declividade/Topográficos - IBFD2	Faixa	V.I
Plano	0 - 3%	(5)
Suave ondulado	3 - 8%	(4)
Ondulado	8 - 15%	(3)
Fortemente ondulado	15 - 45%	(2)
Montanhoso	> 45%	(1)
Cobertura Vegetal (Estratificação) - IBFD3	Faixa	V.I
Estrato arbóreo	+ 5m	(5)
Estrato arbóreo médio-alto	3 - 5m	(4)
Estrato arbóreo médio	1 - 3m	(3)
Estrato arbustivo baixo	0,5 - 1m	(2)
Pastos/ cultivos / sem vegetação		1
Cobertura Vegetal (Percentual de Ocupação) - IBFD4	Faixa	V.I
Alto	> 75%	(5)

Médio-alto	54 - 75%	(4)
Médio	32 - 53%	(3)
Médio-baixo	10 - 31%	(2)
Inferior a	10% < 10%	(1)
Solos (Espessura) - IBFD5	Faixa	V.I
Muito profundos	> 200 cm	(5)
Profundos	100 - 200 cm	(4)
Moderadamente rasos	50 - 100 cm	(3)
Raso	25 - 50 cm	(2)
Muito rasos e afloramentos rochosos/sem solo	< 25 cm	(1)
Solos (Erosão) - IBFD6	Faixa	V.I
Baixa susceptibilidade		(5)
Erosão em sulcos		(4)
Erosão com ravinas	Profundidade < 100 cm	(3)
Ravinas / voçorocas	100 - 200 cm	(2)
Voçorocas	Profundidade > 200 cm	(1)
Zonação Climática - IBFD7	Faixa	V.I
Zona subúmida e úmida	Índice de aridez superior a 0,65	(5)
Zona subúmida seca	Índice de aridez entre 0,50 e 0,65	(4)
Zona semiárida	Índice de aridez entre 0,20 e 0,50	(3)
Zona árida	Índice de aridez 0,0 e 0,20	(2)
Zona hiper-árida	Índice de aridez inferior a 0,05	(1)

Fonte: Oliveira (2003)

Nesse aspecto, a aplicação desses indicadores permite uma avaliação integrada das vulnerabilidades ambientais, auxiliando na identificação de áreas prioritárias para ações de conservação e manejo sustentável.

2.3 BACIA HIDROGRÁFICA

A concepção de bacia hidrográfica evolui constantemente, com definições variadas conforme a abordagem técnica e os objetivos do estudo. Christofoletti (1980, 1999) define a bacia hidrográfica como uma área de drenagem de um rio ou sistema fluvial, sendo um sistema aberto, dinâmico e passível de hierarquização e modelagem. Pires, Santos e Del Prette (2002) ampliam essa definição, considerando-a como o conjunto de terras drenadas por um corpo hídrico principal e seus afluentes, caracterizando-a como uma unidade qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos e dos fluxos de sedimentos. Em termos gerais, a bacia hidrográfica é um sistema natural delimitado por feições topográficas que orientam a drenagem superficial, conduzindo as águas para um curso principal e seus afluentes.

Sob uma perspectiva que enfatiza seu papel na conservação dos recursos naturais, a definição se expande, incorporando aspectos como a configuração geomorfológica, os padrões de ocupação e uso do solo, bem como os impactos ambientais decorrentes dessas interações (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002). Dessa forma, a bacia hidrográfica se estabelece como uma unidade funcional essencial para o planejamento e a gestão ambiental, proporcionando uma abordagem integrada e eficaz na administração dos recursos naturais (BORMANN & LIKENS, 1967; ROCHA et al., 2000) extrapolando a configuração de objeto meramente hidrológico.

Nesse sentido a bacia hidrográfica trata-se de um sistema natural delimitado por feições topográficas que orientam a drenagem superficial de determinada área territorial, conduzindo o escoamento das águas para um curso principal e seus afluentes. Sua utilização no gerenciamento ambiental possibilita uma visão sistêmica das dinâmicas ecológicas e antrópicas que ocorrem em seu interior, permitindo a identificação de impactos ambientais e a implementação de estratégias responsáveis.

No Brasil, a instituição da bacia hidrográfica como unidade básica de análise e integração entre gestão de recursos hídricos e ambiental dá-se a partir da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Nesse contexto, para além do território brasileiro, a bacia hidrográfica assume um papel fundamental na mitigação de desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos, contribuindo para o controle de inundações, a otimização de sistemas de irrigação e o fornecimento seguro de água para abastecimento público e industrial. Além disso, sua delimitação natural favorece a adoção de políticas territoriais que promovam a conservação da biodiversidade e a recuperação de áreas degradadas, garantindo um equilíbrio entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental (FORBES & HODGE, 1971).

Para que haja a gestão eficaz da bacia hidrográfica, é fundamental compreender suas características físicas e ambientais. Nesse sentido, a análise morfométrica é essencial para compreender sua dinâmica hidrológica, permitindo identificar as potencialidades e limitações desses sistemas. A interação entre características físicas - como área, forma e declividade - e fatores ambientais - como geologia, solos e cobertura vegetal -, portanto, influencia diretamente na resposta hidrológica da bacia. Dessa forma, a morfometria auxilia na identificação de áreas suscetíveis a eventos extremos, como inundações, e no entendimento de processos erosivos que, a longo prazo, podem comprometer a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos (VILLELA; MATTOS, 1975; ALVES; CASTRO, 2003; SALIS et al. 2019).

A fim de avaliar os fatores físicos da bacia, são empregados parâmetros morfométricos que quantificam suas características e rede de drenagem. A delimitação da área da bacia, porém, precede essas análises e pode ser realizada partindo do método das quadrículas - discutido por Villela e Mattos (1975), em que há a sobreposição do mapa topográfico - em específico as curvas de nível - sobre uma malha quadriculada uniforme, ou pela técnica utilizada por Granell-Perez (2001), em que se verifica a distribuição espacial das classes de declividade, obtidas por um Modelo Digital de Elevação (MDE) (MENEZES et al. 2016).

Com a determinação da área, é possível extrair dados referentes às características da forma, tais como coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade. O coeficiente de compacidade trata-se do índice que fornece informações acerca da suscetibilidade à inundações nas partes de baixa elevação da bacia, sendo descrito pela relação entre o perímetro da bacia, representado por (VILLELA; MATTOS, 1975):

$$K_c = \frac{0,28P}{\sqrt{A}}$$

sendo K_c , o coeficiente de compacidade, P (m) o perímetro e A (m^2) a área. Esse índice descreve uma grandeza inversamente proporcional, em que o coeficiente aumenta conforme mais irregular se torna a bacia.

Por sua vez, o fator de forma indica a tendência ao escoamento superficial da bacia, sendo definido através do quociente entre largura e comprimento axial, dado por (VILLELA; MATTOS, 1975):

$$K_f = \frac{A}{C_p^2}$$

em que K_f trata-se do fator de forma, A (m^2) a área e C_p o comprimento do rio principal, sendo o comprimento medido por meio do rio mais longo, desde sua cabeceira até a foz, e a largura média resultante da área pelo comprimento axial da bacia.

O índice de circularidade, por fim, é semelhante ao de compacidade. O índice de circularidade, no entanto, aumenta conforme a bacia se aproxima de uma forma circular e diminui à medida que se torna mais alongada. Para calcular esse índice, utiliza-se a seguinte fórmula (Miller, 1953):

$$\text{IC} = \frac{12,57A}{P^2}$$

em que o IC é o índice de circularidade, A (m^2) é a área de drenagem e P o perímetro (m).

A análise e interpretação desses índices, em conjunto com as características físicas do ambiente natural permite, portanto, diagnosticar de forma efetiva a vulnerabilidade das bacias hidrográficas a fenômenos naturais, facilitando a identificação de áreas de risco.

2.3 SISTEMAS AMBIENTAIS

Considerando o ambiente como um sistema complexo derivado das mútuas relações e interações entre elementos do potencial ecológico e os aspectos da exploração ecológica, o modelo sistêmico tende a apresentar um arranjo espacial resultante da similaridade entre os componentes naturais do espaço físico, criando padrões paisagísticos distintos a partir da materialização dos elementos de caráter geológico, geomorfológico, pedológico, hidroclimático e bioecológico, que somados, representam uma unidade de organização do espaço supracitado (OLIVEIRA, 2012). Dessa forma, é possível constatar um relacionamento congruente entre os componentes e pontuar, partindo da perspectiva desenvolvida inicialmente, que os sistemas ambientais estão submetidos a fluxos energéticos e ciclos da matéria, além de serem dotados de potencialidades e limitações - no que se refere aos recursos ambientais - e reações às diferentes configurações de uso e ocupação do espaço.

Bertalanffy (1968), pontua que o modelo sistêmico consiste no organismo vivo como um sistema aberto, em contínua interação com o ambiente, caracterizado através de conexões que tornam os elementos interdependentes. Christofoletti (1999) destaca ainda que a abordagem integrada dos estudos sistêmicos é imprescindível e necessária para o êxito das análises pertinentes à Geografia física aplicada, sendo, contudo, fundamental preservar o valor das partes componentes do arranjo físico. Somado a isso, Souza e Oliveira (2011) discutem a importância da interdisciplinaridade, que requer a consideração dos mecanismos que integram o ambiente de maneira harmônica, levando em conta sua complexidade e heterogeneidade.

A utilização dos sistemas ambientais no estudo dos naturais riscos associados à desertificação baseia-se na análise das interações entre os diversos elementos que compõem o

espaço físico, como os fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidroclimáticos e bioecológicos. Esses elementos formam um arranjo espacial que reflete as condições naturais e as intervenções humanas, permitindo que padrões paisagísticos distintos sejam identificados. Dessa forma, a desertificação pode ser compreendida como um fenômeno que resulta não apenas de condições naturais, mas também das práticas de uso e ocupação do solo que alteram esses sistemas.

Ao estudar a desertificação por meio de uma abordagem sistêmica, é possível observar que as relações entre os componentes naturais do espaço, como solos, relevo e vegetação, são fundamentais para compreender como os ciclos naturais de energia e matéria são impactados pelas atividades humanas. A sobrecarga dos sistemas ambientais, seja pelo uso excessivo dos recursos hídricos, pela exploração agrícola intensiva ou pela urbanização desordenada, compromete a capacidade desses sistemas de se autorregularem, o que, por sua vez, intensifica os riscos de desertificação e outros fenômenos de degradação.

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 ENQUADRAMENTO E APRESENTAÇÃO DE CABO VERDE

A República de Cabo Verde, país insular situado no Oceano Atlântico Norte entre os paralelos 17° 12' e 14° 48' de latitude Norte e os meridianos 22°44' e 25° 22' de longitude Oeste, constitui-se de um arquipélago composto de dez ilhas e oito ilhéus principais (Tabela 1) localizados na Costa Ocidental do continente africano, sendo que sua posição geográfica logrou importância geo-estratégica fundamental para as condições de povoamento - durante e após o processo de ocupação colonial português -, além de influenciar nas estruturas econômicas e sociodemográficas locais. Em razão das condições históricas e geoclimáticas associadas, respectivamente, aos processos de exploração colonial do território e condições naturais, as estruturas supracitadas encontram desenvolvimento lento, sobretudo economicamente, apresentando a partir da década de 1990 significativo progresso econômico, impulsionado por serviços como o turismo (World Bank, 2024) que alimenta o movimento de recessão e explosão populacional descrito ainda no fim do século passado por Ferreira (1997).

Com superfície de origem essencialmente vulcânica e área total de cerca de 4.033km² assentada sobre a Placa africana (Semedo, 2012), a topografia cabo-verdiana é distribuída em duas faces insulares distintas a partir de sua disposição face aos ventos alísios do Nordeste: grupo Sotavento, ao Sul; e grupo Barlavento, ao Norte. A fração correspondente a Barlavento abrange as ilhas de Santo Antão, Santa Luzia, São Nicolau, Sal, Boa Vista e São Vicente. A

porção compreendida como Sotavento abarca as ilhas de Maio, Fogo - que abriga o ponto mais alto do arquipélago -, Bravo e Santiago - que abriga o objeto de estudo deste trabalho. Os grupos abarcam ainda ilhéus, frações de terra em menor proporção (Tabela 2).

Tabela 2 - Superfície, comprimento, largura e altitude máximos das ilhas e ilhéus de Cabo Verde distribuídos entre os grupos Sotavento e Barlavento

	Ilhas	Superfície (km²)	Comprimento máximo (m)	Largura máxima (m)	Altitude máxima (m)
Sotavento	Maio	269	24 000	16 000	436
	Santiago	991	75 000	35 000	1392
	Fogo	476	31 000	29 000	2 829
	Brava	64	9 000	9 310	976
Ilhéus					
	Santa Maria	0.05	420	130	6
	Grande	3	2 300	1 100	96
	Luis Carneiro	0.22	1 950	500	32
	Sapado	-	-	-	-
	Cima	1.5	2 400	750	77
Ilhas					
Barlavento	Santo Antão	779	43 750	23 970	1 979
	Santa Luzia	35	13 000	5 000	395
	São Nicolau	343	50 000	25 000	1 312
	Sal	216	30 000	12 000	406
	Boa Vista	620	31 000	29 000	387
	São Vicente	227	24 000	16 000	774
	Ilhéus				
	Pássaro	0.4	150	150	40
	Branco	3	3 975	1 270	327
	Raso	7	3 600	2 770	164

Fonte: Autor (2024)

Em razão da natureza de suas origens, “consoante a fatores como localização, altitude, exposição de vertentes entre outros” (BRITO; SEMEDO, 1995) o relevo do arquipélago apresenta variabilidade de forma conforme a ilha, sendo acidentado, com vales profundos, declives de caráter acentuados, crateras bem definidas e montanhas com picos de grandes altitudes. A exceção a esse panorama são as ilhas do Sal (Barlavento), Boa Vista (Barlavento) e Maio (Sotavento), que em consequência de suas avançadas idades geológicas apresentam estruturas vulcânicas desgastadas e, na atualidade, exibem aspecto mais plano. Além disso, as ilhas que compõem o arquipélago encontram-se sujeitas a frequentes tremores de terra, ocorrendo para além de efeitos vulcânicos, modificações tectônicas e de levantamento. Contudo, Brava, Fogo e Santo Antão - situadas a Oeste - são as ilhas que apresentam mais registros significativos de atividade vulcânica (NUNES, 2010), configurando-se, a partir das datações feitas em rochas afloradas à superfície, como as mais jovens, com idade inferior a 8Ma, enquanto Sal, Boa Vista e Maio - dispostas a Leste - destacam-se com idade superior, conforme Stillman et al. (1982).

Debruçando-se sobre a extensão territorial do arquipélago e vislumbrando a variabilidade geomorfológica apresentada, esta, somada a posição geográfica, resulta em uma configuração climática própria, marcada por precipitações irregulares. Nesse contexto, o arquipélago apresenta duas estações contrastadas e ligadas diretamente ao movimento de Convergência Intertropical (CIT): Estação Seca - que se estende dos meses de Novembro a Junho (Figura) - e Estação Úmida (Figura) - de Julho a Outubro. O clima caboverdiano é, portanto, classificado como árido e semiárido, de caráter tropical seco amenizado pela influência oceânica (PINA, 2008), com um longo período de estiagem que se estende de 8 a 10 meses do ano, condicionado pelas massas de ar quente e seco provenientes do continente africano – deserto do Saara –, baixa amplitude térmica anual registrada e persistente sensação de calor (AMORÓS HERNANDEZ, 2008).

Figura 2 - Imagem de Satélite do centro da sub-bacia de São Domingos no período seco



Fonte: Google Earth, 2022

Figura 3 - Imagem de Satélite do centro da sub-bacia de São Domingos no período úmido



Fonte: Google Earth, 2022

3.1.2 ENQUADRAMENTO E APRESENTAÇÃO DA ILHA DE SANTIAGO E DO CONCELHO DE SÃO DOMINGOS

Com desenvolvimento iniciado há cerca de 4,6 milhões de anos, Santiago, ilha de maior extensão territorial do arquipélago - cerca de 991 km² -, está localizada no Atlântico Sul, entre os paralelos 14° 50' e 15° 20', a oeste do Senegal. De origem também vulcânica, apresenta formações de predominância litológica basáltica e piroclástica, com rochas afaníticas ocupando a maior parte do território (MOREIRA, 2006). Com feições geomorfológicas bastante accidentadas, marcadas por expressivo grau de elevação, apresenta ainda vales, planícies e achadas, que somados às características pedológicas, vegetais, hidrológicas e climatológicas, conferem à ilha diversidade de arranjos paisagísticos que se estendem da base mais larga, ao sul, ao vértice mais estreito, no norte, exemplificados sobretudo pelas duas principais formações montanhosas da ilha: Serra do Pico de Antónia (1392m) e Serra da Malagueta (1063m), respectivamente o primeiro e segundo pontos mais elevados de Santiago.

De acordo com Moreira (2006), à nordeste, a partir da Serra do Pico de Antónia desdobram-se outras formações de menor elevação expressas pelos montes Tagarinho (1021m), Grande (877m), Boca Larga (728m) e Brianda (714m). Além das estruturas supracitadas, nascem do Pico de Antónia as seis principais ribeiras da ilha, sendo estas as ribeiras Seca, dos Engenhos, São João, Santa Clara, das Águas Belas e de São Domingos.

As condições hidrológicas de Santiago estão intrinsecamente relacionadas às precipitações, estas concentradas sobretudo na estação úmida, uma vez que as águas subterrâneas e superficiais são alimentadas pela pluviosidade, que se manifesta moderadamente elevada nas áreas equivalentes às cristas montanhosas, com constituição litológica incluindo camadas impermeáveis que retêm aquíferos (PINA, 2008).

Resultante da ação conjunta dos fatores formadores (clima, organismos, material originário, relevo e tempo), o solo é um dos componentes fundamentais no espaço físico e pode ser definido, como pontuado por Lepsch (2001), como um corpo natural e individualizado imprescindível para o desenvolvimento humano e conservação dos ecossistemas. Nessa perspectiva, as classes pedológicas predominantes em Santiago são distribuídas em dez grupos principais: Fluvissolos, Leptssolos, Arenossolos, Andossolos, Vertissolos, Cambissolos, Andossolos, Phaeozemes, Luvisols e Lixisolos e Regosols, de acordo com levantamento realizado pela FAO/UNESCO (1968, 1989), segundo Diniz & Matos (1986).

Sousa, Oliveira e Oliveira (2012) esclarecem que, no geral, grande parcela dos solos de Cabo Verde são pobres em matéria orgânica, com superfície arável correspondente a 10% da área total, percentual concentrado sobretudo nas Ilhas agrícolas, sendo que Santiago abarca mais da metade dos solos com potencial agricultável (MAAP, 2004).

Sob esse panorama, o concelho (divisão administrativa caboverdiana equivalente ao Município no Brasil) de São Domingos, que possui área estimada em 133,7km² (correspondente a 13,6% do total), está localizado ao sudeste da Ilha de Santiago, entre os paralelos 14° 57' e 15° 05' de latitude Norte e 23° 26' e 23° 38' de longitude Oeste. Alongando-se do litoral para o interior da ilha, apresenta diversidade geoambiental similar às características gerais notadas em todo o território insular: relevo acidentado, clima semiárido, vegetação esparsa e geologia dominada por formações vulcânicas.

Delimitado pelos concelhos de Santa Cruz, São Lourenço, Ribeira Grande, Praia e, no litoral, pelo Oceano Atlântico, São Domingos é constituído por 27 povoados que se encontram distribuídos pelas freguesias (divisão administrativa caboverdiana equivalente a Cidade/Vila ou Zonas no Brasil) de Nossa Senhora da Luz e de São Nicolau Tolentino (GOMES & PINA, 2004).

A bacia hidrográfica de São Domingos (Figura 2) amplia-se desde a região Norte, da bacia da Trindade, estendendo-se para Sudoeste, até a região Nordeste da Ilha de Santiago (MORENO, 2013), com coordenadas geográficas demarcadas entre 15° 00' e 15° 03' de

latitude Norte e 23° 30' e 23° 36' de longitude Oeste, apresentando área equivalente a 33,562 km² e perímetro estimado em 55,928 km.

Figura 4 - Mapa de Localização da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos



Fonte: Autor (2024)

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Este estudo aborda as dinâmicas da desertificação na sub-bacia de São Domingos, em Cabo Verde, analisando os riscos naturais associados e os níveis de degradação observados na área de estudo. Nessa perspectiva, considera-se que a degradação ocorre de forma sistêmica na região, influenciando a qualidade do solo, a infiltração e o escoamento superficial dos recursos hídricos, a biodiversidade, as condições de vida da população local e a sustentabilidade econômica da região.

A concepção metodológica deste trabalho está fundamentada em preceitos sistêmicos e holísticos de autores como Bertrand (1969), Bertallanfy, (1975), Sotchava (1976), Tricart (1977); Oliveira (2012); Oliveira et al. (2003); Bertrand & Bertrand (2007); Oliveira & Souza (2019), partindo da perspectiva de que o espaço natural funciona como um organismo dotado de fluxos e interações entre seus componentes. Compreendendo que a desertificação é um processo de ocorrência a nível global e que interage com as bacias hidrográficas dentro,

sobretudo do sistema ambiental, se utilizando dessa ferramenta, os estudos relacionados à geografia física serão potencializados e, dessa forma, lograrão maior precisão técnica em seus resultados.

Os processos metodológicos, portanto, estão orientados para a análise integrada dos fatores ambientais e socioeconômicos que contribuem para a intensificação da degradação. Dessa forma, busca-se compreender as interações entre os elementos naturais e as atividades humanas, identificando os principais vetores da desertificação e seus impactos. Por esse viés, a pesquisa adota um modelo exploratório, descritivo e analítico (GIL, 2008), com abordagem fundamentada na Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1975) e nos Sistemas Ambientais discutidos por Christofoletti (1999) e Oliveira (2011).

A metodologia inclui, portanto, a coleta de dados, a caracterização físico-natural da área, a delimitação dos sistemas ambientais, aplicação dos indicadores de desertificação de Oliveira (2011) e tratamento de informações através do Sistema de Informação Geográfico (SIG).

3.2.1 MÉTODOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Para a realização deste estudo, a coleta de dados foi conduzida a partir da utilização de dados secundários. Sob esse panorama, pode-se elencar os seguintes métodos adotados ao longo da pesquisa:

3.2.1.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E DOCUMENTAL

Constituiu-se da primeira etapa do trabalho a revisão bibliográfica e documental, em que foram consultadas publicações científicas, relatórios técnicos e documentos oficiais sobre desertificação, bacias hidrográficas e riscos ambientais, concentrando-se em Cabo Verde, com foco na sub-bacia de São Domingos.

3.2.1.2 ANÁLISE CARTOGRÁFICA E GEOESPACIAL

A utilização de imagens de satélite e Sistema de Informação Geográfico (SIG), em conjunto com Modelos Digitais de Elevação (MDE), permitiu caracterizar a área de estudo e identificar padrões de uso e ocupação do solo. Os dados morfométricos foram extraídos no QGIS 3.40.3, utilizando imagens do plugin Copernicus Digital Elevation Model (COP-DEM). imagens de satélite e do Sistema de Informação Geográfico (SIG), associados a Modelos Digitais de Elevação (MDE) possibilitou a caracterização da área de estudo e a identificação de padrões de uso e ocupação do solo.

3.2.1.3 ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

Nesta etapa, foram calculados e analisados os índices da sub-bacia hidrográfica de São Domingos, incluindo área, perímetro, extensão do rio principal, comprimento total dos rios, comprimento axial, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem, densidade hidrográfica e sinuosidade do rio principal. Os resultados foram obtidos no QGIS 3.28, utilizando os plugins OpenTopography DEM Downloader, WhiteboxTools e ferramentas de cálculo de campo e estatísticas zonais, com imagens do Copernicus Digital Elevation Model (COP-DEM), com resolução espacial de 30 metros.

3.2.1.4 ELABORAÇÃO DE MATERIAL CARTOGRÁFICO

Para espacializar os resultados da pesquisa, foram elaborados mapas hipsométrico, de declividade, de uso e ocupação do solo e de sistemas ambientais. Esses mapas permitiram identificar e correlacionar dados sobre degradação ambiental e dinâmicas espaciais na sub-bacia de São Domingos, sendo essenciais para analisar a relação entre características físicas, uso da terra e impactos ambientais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

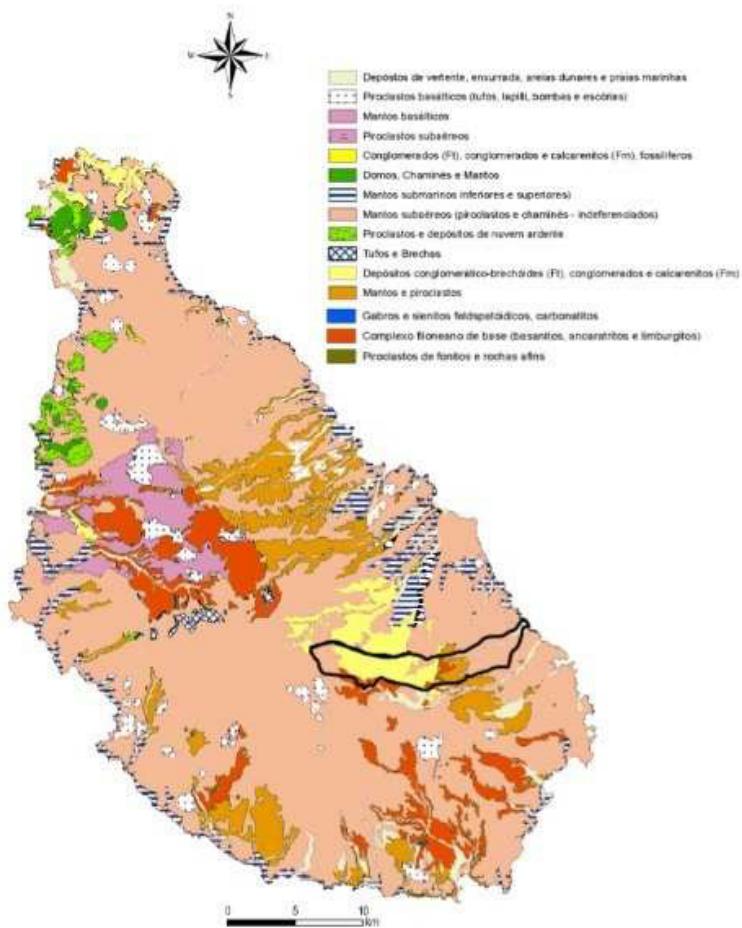
4.1 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA SUB-BACIA DE SÃO DOMINGOS

4.1.1 GEOLOGIA

Serralheiro (1976) aponta que as rochas ígneas distribuem-se em vários tipos e formações geológicas, com idades distintas e presença das mais antigas concentradas no fundo dos vales, além de ocorrer, também, a presença de rochas sedimentares. Estas, por sua vez, se encontram menos expressivas no que se refere à porção total da ilha, enquanto as rochas metamórficas se apresentam em índices quase inexpressivos. A partir de trabalhos realizados por Serralheiro (1976) e Matos et. al., (1979), pode-se estabelecer e caracterizar o perfil estratigráfico de Santiago em: I - Complexo Eruptivo Interno Antigo (CA); II - Conglomerados Anteformação dos Flamengos; III - Formação dos Flamengos; IV - Formação dos Órgãos; V - Formação Lávica Pós-Formação dos Órgãos; VI - Sedimentos Posteriores à Formação dos Órgãos e anteriores às lavas submarinas inferiores do Complexo Eruptivo do Pico da Antónia; VII - Complexo Eruptivo do Pico da Antónia; VIII - Formação de Assomada; IX - Formação do Monte das Vacas; X - Formações Sedimentares Recentes de Idade Quaternária (Figura 3).

Ainda conforme Serralheiro (1976), as unidades hidrogeológicas de Santiago estão organizadas em unidade de base, intermediária e recente, sendo a Unidade de Base composta pelos Complexo Eruptivo Interno Antigo, Formação dos Flamengos e dos Órgãos, caracterizada por elevada compacidade e baixa permeabilidade; acerca da Unidade Intermediária, esta é composta pelo Complexo Eruptivo Principal do Pico da Antónia e da Assomada, formando uma unidade geológica extensa e espessa, destaque no panorama geral da ilha, apresentando permeabilidade superior à Unidade de Base; por fim, a Unidade Recente, que abrange a Formação do Monte das Vacas e Aluviões, configura-se como muito permeável, não permitindo a retenção da água no aquífero, em função da constituição por cones piroclásticos basálticos.

Figura 5 - Carta geológica da Ilha de Santiago. Limite da Sub-bacia hidrográfica de São Domingos.



Fonte: Moreno (2013)

Como apontado por Moreno (2013), a sub-bacia de São Domingos é constituída, principalmente, pelo Complexo Eruptivo do Pico da Antónia, integrante da segunda geração vulcânica da ilha, caracterizando-se litologicamente por tufos, brechas e lavas de composição basáltica. Como observado na Figura 3, estende-se pela bacia a presença de Depósitos

Conglomerático-brechóide, conglomerados e calcarenitos; Mantos subaéreos (piroclastos e chaminés indiferenciados); Mantos e piroclastos; além do Complexo filoneano de base (composto por basanitos, e limburgitos).

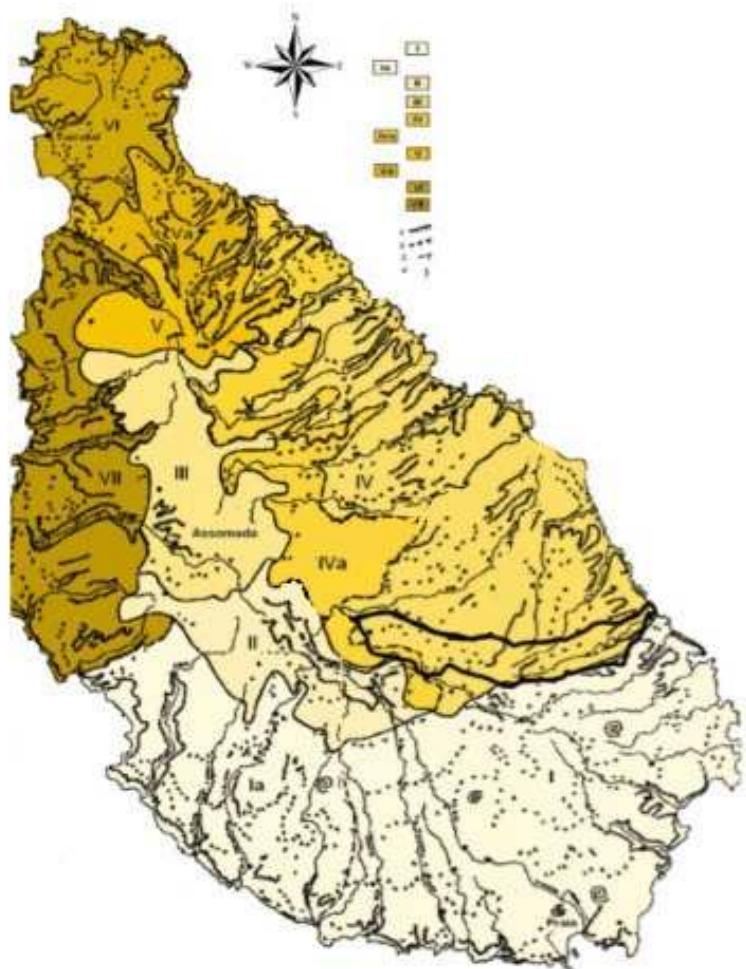
4.1.2 GEOMORFOLOGIA

Em razão da natureza de suas origens, “consoante a fatores como localização, altitude, exposição de vertentes entre outros” (Brito e Semedo, 1995) o relevo de Cabo Verde apresenta variabilidade de forma conforme a ilha, sendo acidentado, com vales profundos, declives de caráter acentuados, crateras bem definidas e montanhas com picos de grandes altitudes. A exceção a esse panorama são as ilhas do Sal (Barlavento), Boa Vista (Barlavento) e Maio (Sotavento), que em consequência de suas avançadas idades geológicas apresentam estruturas vulcânicas desgastadas e, na atualidade, exibem aspecto mais plano.

Com feições geomorfológicas bastante acidentadas, marcadas por expressivo grau de elevação, a ilha de Santiago apresenta ainda vales, planícies e achadas, que somados às características pedológicas, vegetais, hidrológicas e climatológicas conferem à ilha diversidade de arranjos paisagísticos que se estendem da base mais larga, ao sul, ao vértice mais estreito, no norte, exemplificados sobretudo pelas duas principais formações montanhosas da ilha: Serra do Pico de Antónia (1392m) e Serra da Malagueta (1063m), respectivamente o primeiro e segundo pontos de Santiago.

De acordo com Moreira (2006), à nordeste, a partir da Serra do Pico de Antónia desdobram-se outras formações de menor elevação expressas pelos montes Tagarinho (1021m), Grande (877m), Boca Larga (728m) e Brianda (714m). Além das estruturas supracitadas, nascem do Pico de Antónia as seis principais ribeiras da ilha, sendo estas as ribeiras Seca, dos Engenhos, São João, Santa Clara, das Águas Belas e de São Domingos. Amaral (1964) e Marques (1990) pontuam que a ilha de Santiago apresenta sete unidades geomorfológicas, sendo estas as Achadas Meridionais, Maciço Montanhoso do Pico de Antónia, Planalto de Santa Catarina, Flanco Oriental, Maciço Montanhoso da Malagueta, Tarrafal e Flanco Ocidental (Figura).

Figura 6 - Principais Unidades Geomorfológicas da Ilha de Santiago com ênfase na Sub-bacia de São Domingos

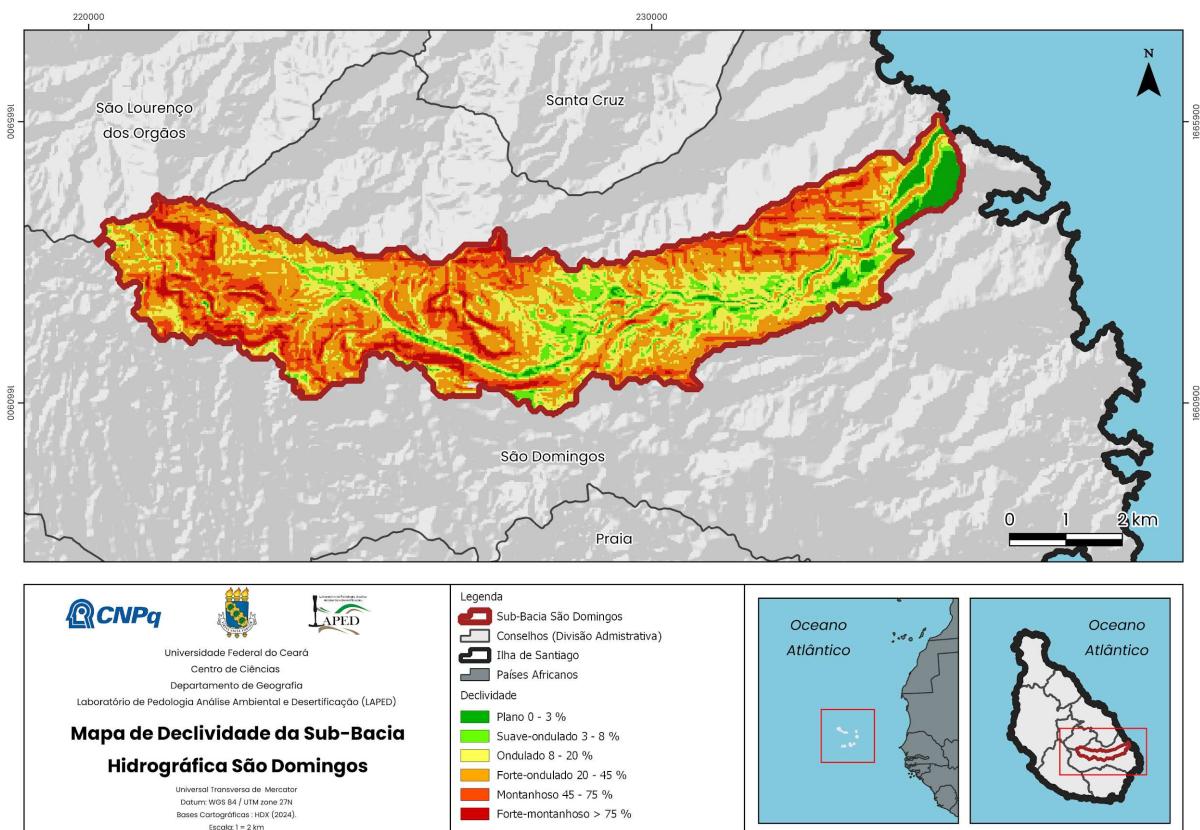


Fonte: Moreno (2013). Legenda: I - Achadas Meridionais; Ia - Transição para o Flanco Ocidental; II - Maciço Montanhoso do Pico da Antónia; III - Planalto de Santa Catarina; IV - Flanco Oriental; IVa - Transição para o Planalto de Santa Catarina; V - Maciço Montanhoso da Malagueta; Va - Transição para o Tarrafal; VI - Tarrafal; VII - Planalto Ocidental

Situada majoritariamente sobre a unidade correspondente ao Flanco Oriental, além de uma pequena porção localizada sobre zona de transição entre a unidade supracitada e a unidade categorizada como Planalto de Santa Catarina, a Sub-bacia de São Domingos apresenta poucas superfícies planas, ligeiramente onduladas, possivelmente categorizada como uma planície aluvial, estando estas localizadas mais ao centro e próximo ao litoral; também concentrado no centro e com algumas manchas dispostas nas porções limítrofes da bacia, apresentam-se áreas suave-onduladas, marcadas pela formação de topos e cristas; seguindo as áreas supracitadas estão as regiões de caráter ondulado, dispostas entre as porções mais aplainadas e íngremes, marcadas pela formação de colinas e morros de menor altitudes se comparados às regiões montanhosas; nos setores demarcados como forte-ondulado, é possível inferir a existência de serras, com picos mais proeminentes, além da provável

alternância entre vales e colinas e elevações mais bem demarcadas; nas áreas em que a declividade categoriza o relevo como montanhoso, concentrada mais próximas à borda da bacia, ocorre a presença de maciços, planaltos e montanhas de altitude acentuadas; nas zonas descritas como relevo forte-montanhoso, também distribuídas sobre nas bordas mas concentradas sobretudo ponta leste da bacia, encontram-se escarpas, vales de montanhas e picos (Figura 5).

Figura 7 - Mapa de Declividade da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos, Cabo Verde



Fonte: Autor (2024)

4.1.3 SOLOS

As classes pedológicas predominantes na bacia de São Domingos, estão distribuídas em função dos dados agroecológicos de Diniz & Matos (1986), e de acordo com a classificação da FAO/UNESCO (1968, 1989) nos seguintes: Leptossolos, Fluvisolos e em menor expressão os Phaeozem nas elevações mais úmidas.

Fazendo a correlação com a Classificação Brasileira (Embrapa, 2018) verifica-se, assim, as seguintes características:

Neossolos Litólicos (Leptssolos): solos rasos, pouco desenvolvidos, de baixa fertilidade, geralmente associados a afloramentos rochosos e com espessura variando de 10 a 20 cm. São solos minerais, não hidromórficos, que apresentam o mais baixo grau de desenvolvimento pedognético, além de costumeiramente se encontrarem presentes em áreas de relevo suave, que varia de ondulado a montanhoso, com sequenciamento de horizontes muito simplificado. Habitualmente pedregosos e/ou rochosos, com drenagem classificada como moderada a alta, apresentando um horizonte A pouco espesso, cascalhento, com textura predominantemente média, mas também pode apresentar texturas arenosas, siltosas ou argilosas, com caráter distróficos ou eutróficos.

Neossolos Flúvicos (Fluvissolos): solos formados a partir de sedimentos aluviais, com características flúvicas, podendo apresentar horizonte A órico, mólico ou úmbrico, ou ainda um horizonte H hístico, ou horizonte súlfurico, ou material sulfídrico, com profundidade à 1,25m. De modo geral, são constituídos por depósitos não consolidados, com significativa heterogeneidade, do ponto de vista granulométrico, localizado em margens de linhas de água encaixados em sua maior extensão. Apresentam ainda material de caráter terroso e/ou fragmentos rochosos de dimensões variadas, com maior desenvolvimento nos níveis com menos do que 80% de elementos grosseiros (Sousa, Oliveira e Oliveira, 2012).

Chernossolos (Phaeozems): São solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural incipiente, precedido de horizonte A Chenorzêmico relativamente modesto, sendo comum a pigmentação avermelhada. São solos moderadamente profundos, constituídos na área da bacia de São Domingos oriundos de material de rochas ricas em cálcio e magnésio, formando solos com altos teores de argila, cálcio, magnésio e carbonato de cálcio em sua composição. São solos muito férteis, embora devam ser preservados com um manejo sustentável, principalmente em função de área reflorestada.

Quadro 1 - Quadro de correlação entre a classificação da FAO/UNESCO e Embrapa

FAO/UNESCO	EMBRAPA
Leptsols	Neossolos Litólicos
Fluvisols	Neossolos Flúvicos
Phaeozems	Chernossolos

Fonte: Autor (2025)

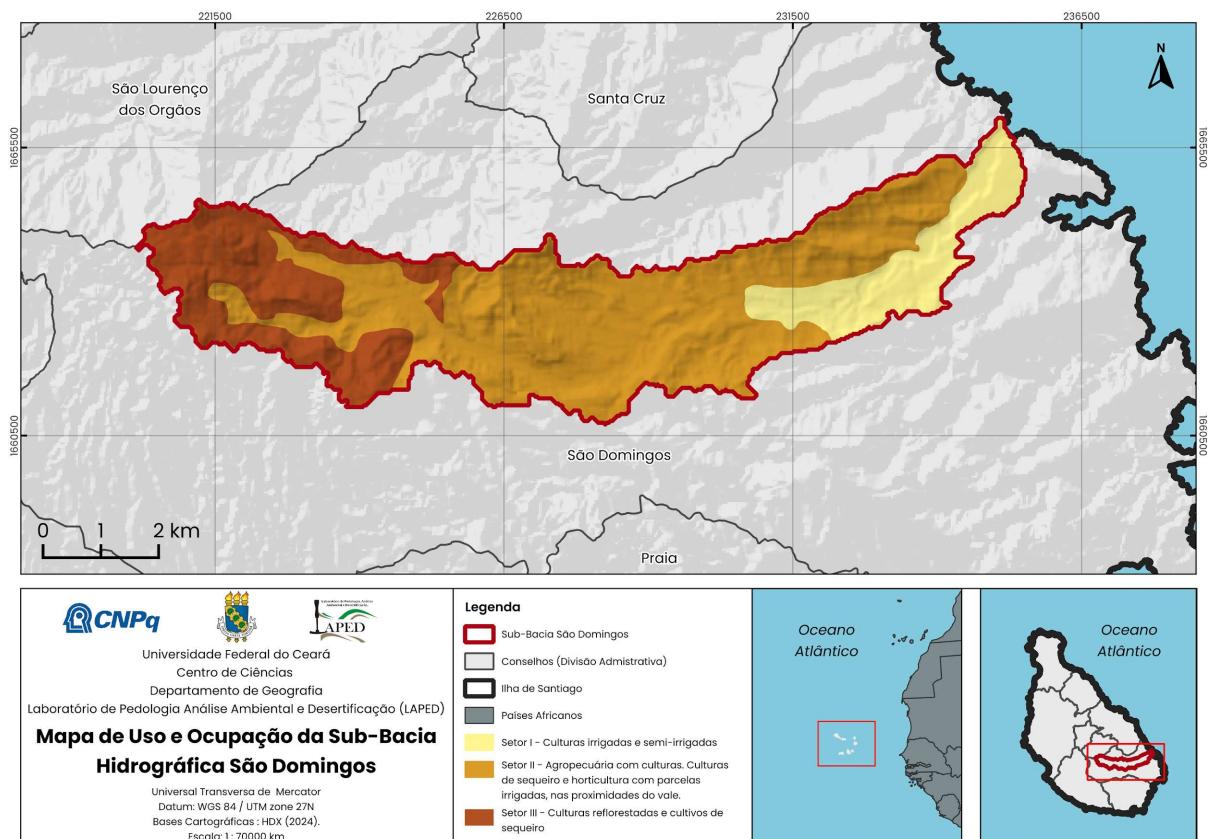
4.1.4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Com o processo de colonização portuguesa, ocorreu no território cabo verdiano a introdução de variadas espécies vegetais, além da adoção do modelo lusitano de tratamento da terra, sendo possível notar na paisagem agrícola a composição de sistemas agrários demarcados pelos regadios - em que são cultivadas hortas e gêneros agrícolas com rendimento elevado - sequeiros - em que a cultura varia de acordo com as condições do clima e do solo, além da unidade geomorfológica em que está assentado - e as áreas terras não cultivadas empregadas no pasto de gado bovino e caprino. (Marinho e Oliveira, 2012).

Sousa, Oliveira e Oliveira (2012) esclarecem que, no geral, grande parcela dos solos de Cabo Verde são pobres em matéria orgânica, com superfície arável correspondente a 10% da área total, percentual concentrado sobretudo nas Ilhas agrícolas, sendo que Santiago abarca um significativo percentual de solos com potencial agricultável (MAAP, 2004). Dessa forma, baseado em Governo de Cabo Verde (2010) pode-se delimitar 3 Setores de Uso e Ocupação ao longo da Sub-bacia de São Domingos:

- Setor I - Ocupada com culturas irrigadas e semi-irrigadas em condições climáticas de semiaridez, correspondendo ao baixo curso em relevo plano;
- Setor II - Parcelas de cultivos de sequeiro com horticulturas em parcelas irrigadas, principalmente nas proximidades do vale;
- Setor III – Caracterizado por áreas reflorestadas em áreas elevadas em termos de altitude, a pluviosidade também é relativamente mais alta e, por não dispor de água subterrânea com volume suficiente para o uso agrícola, prevalece a agricultura de sequeiro que é dependente das chuvas.

Figura 8 - Mapa de Uso e Ocupação do solo na Sub-bacia Hidrográfica de São Domingo

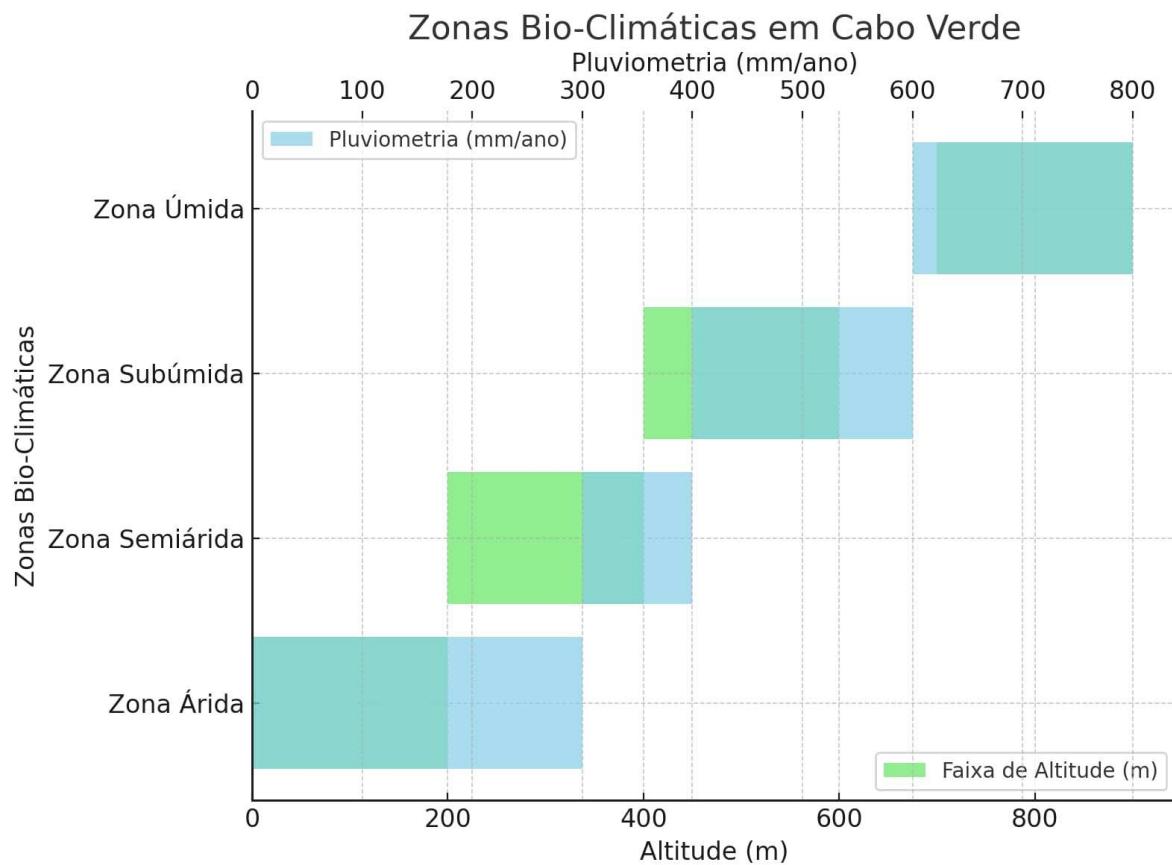


Fonte: Autor (2024)

4.1.5 ASPECTOS HIDROCLIMÁTICOS

As condições hidrológicas da sub-bacia de São Domingos, estão intrinsecamente relacionadas às precipitações, como visualizado ao longo do perímetro da Ilha de Santiago, concentradas sobretudo entre os meses de Julho a Outubro. Como produto da relação direta entre relevo, clima e vegetação, Pina (2008) considera a existência das seguintes zonas bio-climáticas em Cabo Verde: zona árida, entre 0 e 200m de altitude, caráter desértico, pluviometria inferior a 300mm anual e vegetação do tipo estepe herbácea; zona semiárida, entre 200 e 400m de altitude, pluviometria oscilando entre 300 e 400mm anuais, com vegetação pouco distinta da zona árida mas ainda assim com mais diversidade de espécies; zona subúmida, entre 400 e 600m de altitude, com pluviometria interanual que varia de 400 a 600m e espécies vegetativas arbustivas e arbóreas, além de maior potencialidade agrícola; e zona úmida, localizada acima dos 700m de altitude, com média pluviométrica anual habitualmente superior a 600mm, com produção agricultora produtiva e imprescindível contribuição para a infiltração das águas pluviais nas principais ilhas agrícolas.

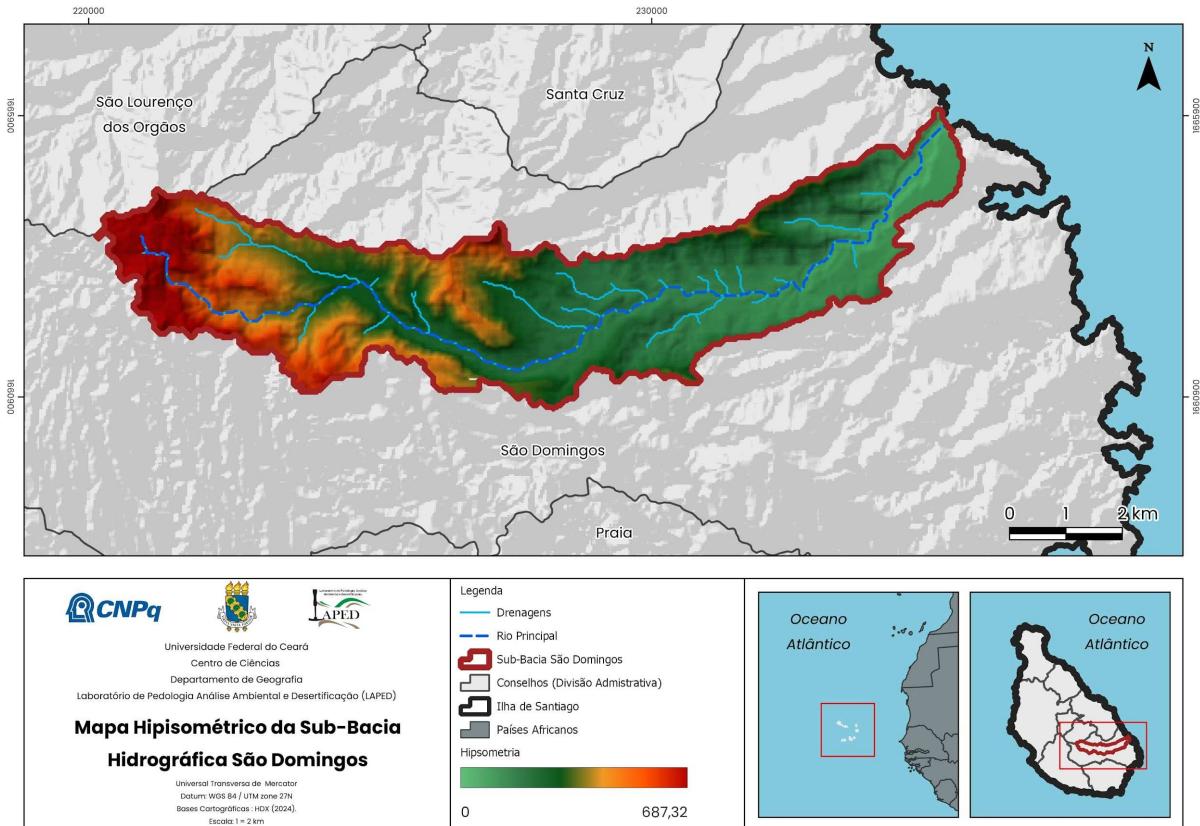
Figura 9 - Gráfico das Zonas Bio-Climáticas em Cabo Verde



Fonte: Autor (2025)

Nessa perspectiva, a sub-bacia hidrográfica de São Domingos apresenta, ao longo do seu perímetro, variabilidade climática e de altitude (Figura 10) notáveis. Posto isso, da região litorânea até aproximadamente 400 m de altitude, apresenta zonas áridas e semiáridas. Nessas áreas, de acordo com o que foi exposto anteriormente, os índices pluviométricos, de modo geral, se concentram nos 400mm anuais. Nos períodos em que ocorre quebra do quadro de seca habitual, de acordo com Moreno (2013), a precipitação pode ultrapassar 600 mm anuais, nas zonas de maior altitude. No entanto, Moreno (2013) pontua ainda que mais para o centro da bacia a precipitação média diminui gradativamente, mantendo-se em valores que variam de 300 a 400mm anuais. No percurso em direção à foz, os índices relacionados à precipitação média diminuem, chegando a valores inferiores a 200mm anuais, o que corresponde à zona árida.

Figura 10 - Mapa Hipsométrico da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos



Fonte: Autor (2024)

4.1.6 VEGETAÇÃO

Influenciando nos índices de infiltração e no escoamento superficial, a vegetação exerce papel fundamental em índices como a evapotranspiração. No que se refere à vegetação de Santiago, Moreno (2013) pontua que esta configura-se como esparsa - comum em ambientes áridos e semiáridos, ou seja, uma área com cobertura vegetal dispersa e irregular, em que as plantas não se distribuem de forma densa, apresentando largo espaçamento entre os exemplares.

Esse quadro geral é notório na sub-bacia de São Domingos. Do centro da bacia hidrográfica para as áreas periféricas, acontece a redução de espécies frutíferas. Em contrapartida, as espécies florestais e as culturas de sequeiro - zonas em que o plantio é condicionado a fatores edafoclimáticos e geomorfológicos - são substancialmente mais percebidas na paisagem. Nesse sentido, de modo geral, a formação vegetal predominante é do tipo tropical (Moreno, 2013), constituída por espécies altamente adaptadas à seca, às altas temperaturas e à baixa pluviosidade, panorama comum do semiárido. Nas zonas de maior

altitude da sub-bacia, durante o segundo semestre do ano, emerge na paisagem o predomínio das pastagens de altitude e perímetros florestais.

4.2 ASPECTOS MORFOMÉTRICOS DA SUB-BACIA

A sub-bacia hidrográfica de São Domingos, em Santiago, Cabo Verde, apresenta uma área de 33,562 km² com perímetro de 55,928 km, extensão do rio principal de 20,009 km, comprimento total dos rios de 39,006 km e comprimento axial de 16,951 km. Da mesma forma, a partir dos dados supracitados, foi possível estabelecer os demais parâmetros morfométricos, obtendo como resultado os seguintes valores: coeficiente de compacidade (kc) de 2,703, fator de forma (Ff) 0,117, índice de circularidade (IC) de 0,135, densidade de drenagem (Dd) 1,162, densidade hidrográfica (Dh) 0,715, e sinuosidade do rio principal 1,18. (Tabela 3).

Tabela 3 - Dados Morfométricos da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos

Parâmetros Morfométricos	Resultados
Área (km)	33,562
Perímetro (km)	55,928
Extensão do Rio Principal (km)	20,009
Extensão de Todos os Rios (km)	39,006
Comprimento Axial (km)	16,951
Altitude Máxima (m)	882
Altitude Mínima (m)	0
Amplitude Altimétrica (m)	882
Altitude Média (m)	441
Coeficiente de Compacidade	2,703
Fator de Forma	0,117
Índice de Circularidade	0,135
Densidade de Drenagem (km/km ²)	1,162
Densidade Hidrográfica (canais/km ²)	0,715

Sinuosidade do Rio Principal	1,18
------------------------------	------

Fonte: Autor (2025)

Partindo dos resultados referentes aos parâmetros coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade, pode-se concluir que a bacia de São Domingos apresenta forma predominantemente alongada e, consequentemente, baixa propensão a enchentes. Segundo Villela e Mattos (1975), bacias hidrográficas alongadas configuram-se como menos propensas a enchentes, uma vez que a probabilidade de ocorrência de chuvas que abarque todo o perímetro da bacia é igualmente menos provável. Além disso, em função do formato alongado, ocorre ampla distribuição hídrica, desfavorecendo o acúmulo de água em único ponto da bacia.

Acerca dos demais parâmetros, como a densidade de drenagem, a sub-bacia de São Domingos apresenta índice de densidade de drenagem considerado médio, estimado em 1,162 km/km². Esse panorama indica erosão moderada do solo, bons níveis de infiltração e escoamento controlado. A partir desses valores, é possível esclarecer questões relacionadas ao desenvolvimento da rede hidrográfica da bacia. Christofoletti (1980) pontua que, quanto maior o valor correspondente à densidade de drenagem, menor será o desenvolvimento dos componentes fluviais. Dessa forma, é possível estabelecer que a sub-bacia de São Domingos apresenta componentes fluviais mais bem desenvolvidos do que as bacias com densidade de drenagem mais alta.

A respeito da densidade hidrográfica, a sub-bacia de São Domingos apresentou um valor de 0,715 km/km², o que a coloca na classificação de baixa densidade hidrográfica, implicando, portanto, numa baixa capacidade de gerar novos cursos d'água. Nesse ínterim, faz-se de suma importância destacar que o método empregado leva em consideração somente os rios de primeira ordem, como a ordenação proposta por Strahler (1957).

Acerca do rio principal, a sinuosidade identificada na sub-bacia de São Domingos é de 1,18, considerada baixa. Isso indica que o rio principal da sub-bacia de São Domingos apresenta um curso de água pouco tortuoso, com predominância de canais retilíneos, indicando declividade acentuada e maior velocidade de escoamento, o que contribui no transporte de sedimentos.

4.3. DELIMITAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS

Os estudos integrados, expressos pela delimitação e caracterização dos sistemas ambientais, apresentam-se como subsídios precípuos ao diagnóstico das potencialidades e vulnerabilidades do espaço, além de conceber uma perspectiva integralizada da paisagem e de seus componentes. Posto isso, sobre a bacia de São Domingos é possível identificar seis sistemas ambientais, baseado em Oliveira (2012) sendo estes: I - Planície Litorânea, II - Planície Fluvial, III - Cones Vulcânicos, IV - Complexo Montanhoso (Pico de Antónia), V - Patamares (Achadas) Aplainadas e VI - Patamares (Achadas) Parcialmente Dissecadas, organizados, por sua vez, em domínios naturais denominados de Coberturas Sedimentares e Holocênicas (I e II), Domínios Morfoestruturais (III e IV) e Domínio dos Patamares Escalonados (V e VI).

Planície Litorânea

Os componentes naturais da região em questão são caracterizados por uma diversidade geológica, geomorfológica, climática e ecológica que moldam sua paisagem e condicionam o uso e ocupação do solo.

Geologicamente, a área é composta por materiais de origem sedimentar recente, como aluviões e coluviões, além de rochas basálticas que podem apresentar-se compactadas ou alveolares. Essas formações refletem processos de deposição e consolidação ao longo do tempo, influenciando a textura e a estrutura do solo.

Na geomorfologia, destacam-se as orlas de praia aplainadas, associadas à foz das ribeiras. Essas áreas planas são resultantes da ação combinada de processos fluviais e marinhos, que contribuem para a formação de um relevo suave e pouco acidentado.

O clima predominante é o da zona árida litorânea, marcado por baixos índices pluviométricos e elevada evaporação. Essa condição climática influencia diretamente a disponibilidade de água e a adaptação da vegetação e da fauna locais.

Os solos predominantes são os Neossolos Regolíticos, que se caracterizam por sua textura arenosa e baixa fertilidade natural. Esses solos são típicos de ambientes costeiros e apresentam limitações para atividades agrícolas intensivas.

A cobertura vegetal é composta principalmente por vegetação halófita, adaptada a condições de alta salinidade. Essa vegetação concentra-se em áreas onde o grau de salinidade é mais elevado, como próximo à costa ou em zonas de influência marinha. Quanto ao uso e ocupação do solo, observa-se a presença de ocupações rurais nas baixas fluviais,

especialmente na aba oriental, onde as condições são mais favoráveis para atividades agropecuárias.

Entre as principais limitações da região, destacam-se a acentuada pedregosidade dos solos, que dificulta o cultivo e o manejo agrícola, e a persistência e intensidade dos ventos, que podem causar erosão eólica e afetar tanto a vegetação natural quanto as atividades humanas.

Planície Fluvial

Geologicamente, a área é composta por piroclastos e hialoclastitos, além de aluviões finos e grosseiros e depósitos cascalheiros. Também são encontrados mantos submarinos e depósitos de vertentes, que evidenciam a ação de processos erosivos e sedimentares ao longo do tempo. Esses materiais contribuem para a formação de solos com características variadas, influenciando a fertilidade e a aptidão agrícola da região.

Na geomorfologia, destacam-se os vales das planícies fluviais, que entalham profundamente a superfície das encostas. Esses vales são resultantes da ação erosiva dos rios, que moldam o relevo e criam áreas planas propícias para a agricultura e o assentamento humano.

O clima da região é diversificado, variando desde condições áridas litorâneas até semiáridas sublitorâneas, subúmidas e semiáridas interiores. Essa variação climática influencia diretamente a disponibilidade de recursos hídricos e a distribuição da vegetação.

Os solos predominantes incluem Neossolos Flúvicos de origem aluvionar e coluvial, associados a bases de encostas e terraços, além de Cambissolos Vérticos, Neossolos e Castanozemes Háplicos. Esses solos apresentam diferentes graus de fertilidade e textura, o que condiciona seu uso para atividades agrícolas.

A cobertura vegetal é composta por extratos arbóreos e arbustivos muito esparsos, que sobrepõem um ralo tapete de sufrúctices e herbáceas. Essa vegetação é frequentemente interrompida por afloramentos de rochas, criando um mosaico de paisagens. Quanto ao uso e ocupação do solo, observa-se uma ocupação rural intensa, com culturas diversificadas de regadio e sequeiro, como bananeiras, milho, mandioca, hortícolas, cana e batata-doce.

Entre as principais limitações da região, destacam-se os declives excessivos e o escoamento rápido das águas, que aumentam os riscos de erosão e inundações. Além disso, a carência de disponibilidade hídrica e a cobertura de material grosseiro em algumas áreas representam desafios adicionais para o manejo agrícola e a conservação do solo.

Cones Vulcânicos

Geologicamente, os cones são constituídos principalmente por piroclastos e escórias, com pequenos derrames intercalados do PA (Período Atlântico). Além disso, destacam-se os cones da Formação do Monte das Vacas, que evidenciam a atividade vulcânica passada na região. Esses materiais vulcânicos conferem ao solo uma textura e composição particulares, com presença de rochas basálticas e fragmentos vulcânicos consolidados.

Na geomorfologia, os cones vulcânicos se apresentam como montes e colinas que se destacam da superfície aplanaada ao redor. Essas elevações geralmente culminam em crateras, remanescentes da atividade vulcânica que originou essas formações. O relevo acidentado e os declives acentuados são características marcantes dessas áreas.

O clima da região é diversificado, variando desde condições áridas litorâneas até semiáridas sublitorâneas, subúmidas e semiáridas interiores. Essa variação climática influencia a disponibilidade de água e a distribuição da vegetação, criando microclimas locais.

Os solos predominantes incluem Neossolos com afloramentos rochosos e Neossolos Regolíticos. Esses solos são geralmente pouco desenvolvidos, com baixa fertilidade e alta pedregosidade, o que limita seu uso para atividades agrícolas.

A cobertura vegetal é composta por um revestimento rarefeito, formado principalmente por herbáceas e exemplares arbustivos/subarbustivos. Essa vegetação esparsa reflete as condições climáticas e edáficas desfavoráveis, com solos pouco profundos e alta exposição aos ventos.

Quanto ao uso e ocupação do solo, as limitações impostas pelos declives acentuados e pelos solos pouco desenvolvidos restringem as atividades humanas. A região é predominantemente utilizada para fins de conservação ou para atividades agropecuárias de baixa intensidade, adaptadas às condições naturais.

Entre as principais limitações, destacam-se os declives acentuados, que dificultam o acesso e o manejo do solo, e a baixa fertilidade dos solos, que limita o desenvolvimento de culturas. Além disso, a presença de afloramentos rochosos e a alta pedregosidade são fatores que restringem o uso agrícola e construtivo.

Essas características naturais definem um ambiente único, onde a interação entre os processos vulcânicos, climáticos e ecológicos resulta em uma paisagem de grande valor científico e paisagístico, mas com desafios significativos para o uso sustentável dos recursos naturais.

Complexo Montanhoso (Pico das Antônias)

Geologicamente, a região é composta por mantos subaéreos de rochas basálticas, incluindo basaltos, basanitos e basanítoides, pertencentes ao Complexo do PA (Período Atlântico). Essas rochas vulcânicas conferem ao solo uma textura e estrutura particulares, influenciando a fertilidade e a aptidão agrícola da região.

Na geomorfologia, destaca-se um maciço montanhoso recortado em escarpas, com esporões e cutelos muito salientes. Essas formações acidentadas são resultantes de processos erosivos intensos, que esculpiram o relevo ao longo do tempo, criando uma paisagem dramática e de grande beleza cênica.

O clima predominante é o úmido/subúmido do interior montanhoso, caracterizado por elevada pluviosidade e temperaturas amenas. Essa condição climática favorece o desenvolvimento de uma vegetação exuberante e contribui para a formação de solos mais profundos e férteis nas áreas menos inclinadas.

Os solos predominantes incluem Cambissolos Éutrícicos, que são dominantes, Chernossolos e Neossolos frequentes. Esses solos variam em fertilidade e profundidade, com os Cambissolos sendo mais propícios para atividades agrícolas, enquanto os Neossolos são comuns em áreas de afloramentos rochosos.

A cobertura vegetal é marcada por uma comunidade vegetal de porte elevado, que se desenvolve nas vertentes, formando uma cobertura densa. Há também manchas de vegetação arbórea e arbustiva, que contribuem para a biodiversidade da região. Quanto ao uso e ocupação do solo, observa-se uma ocupação rural incidente em áreas mais favoráveis, como cutelos, plataformas e vales, onde são cultivadas diversas culturas, como café, cajanus e cana.

Entre as principais limitações, destacam-se os declives excessivos, que dificultam o acesso e o manejo do solo, e os solos pouco desenvolvidos em áreas mais íngremes. Esses fatores restringem as atividades agrícolas e exigem práticas de manejo adaptadas às condições naturais.

Patamares (Achadas) Aplainadas

Geologicamente, a região é composta por mantos subaéreos de natureza basáltica, pertencentes ao PA (Período Atlântico). Essas rochas vulcânicas conferem ao solo uma textura e estrutura particulares, com presença de materiais basálticos consolidados que influenciam a fertilidade e a aptidão agrícola da região.

Na geomorfologia, destacam-se as superfícies de feição planáltica, que apresentam uma aplanação muito perfeita, seja plana ou de ondulação suave. Essas áreas planas são

resultantes de processos erosivos e de sedimentação que atuaram ao longo do tempo, criando um relevo uniforme e pouco acidentado.

O clima predominante é o árido litorâneo e sublitorâneo, caracterizado por baixos índices pluviométricos e elevada evaporação. Essa condição climática influencia diretamente a disponibilidade de água e a adaptação da vegetação e da fauna locais, criando um ambiente de grande fragilidade ecológica.

Os solos predominantes incluem Xerossolos Lúvicos, associados aos Xerossolos Háplicos, Vertissolos e Neossolos mais ou menos frequentes. Esses solos são geralmente pouco desenvolvidos, com alta salinidade e pedregosidade, o que limita seu uso para atividades agrícolas intensivas.

A cobertura vegetal é adaptada às condições áridas, com uma vegetação esparsa e resistente à seca. Quanto ao uso e ocupação do solo, observa-se uma fraca ocupação rural, fundamentada principalmente na atividade agrícola em vales adjacentes e no pastoreio. Essas atividades são limitadas pelas condições naturais desfavoráveis.

Entre as principais limitações, destacam-se a salinidade dos solos, a abundante pedregosidade, a acentuada escassez hídrica e os ventos fortes e persistentes. Esses fatores restringem o desenvolvimento de culturas e exigem práticas de manejo adaptadas às condições adversas.

Patamares (Achadas) Parcialmente Dissecadas

Geologicamente, a região é composta por mantos subaéreos de basaltos, basanitos e basanitóides, pertencentes ao PA (Período Atlântico). Essas rochas vulcânicas conferem ao solo uma textura e estrutura particulares, com presença de materiais basálticos consolidados que influenciam a fertilidade e a aptidão agrícola da região.

Na geomorfologia, destacam-se as superfícies de feição planáltica de baixa a média altitude, que são parcialmente dissecadas por ravinas, definindo lombas muito largas. Essas áreas apresentam um relevo suavemente ondulado, resultante da ação combinada de processos erosivos e de sedimentação, que criam uma paisagem característica de planícies cortadas por vales e ravinas.

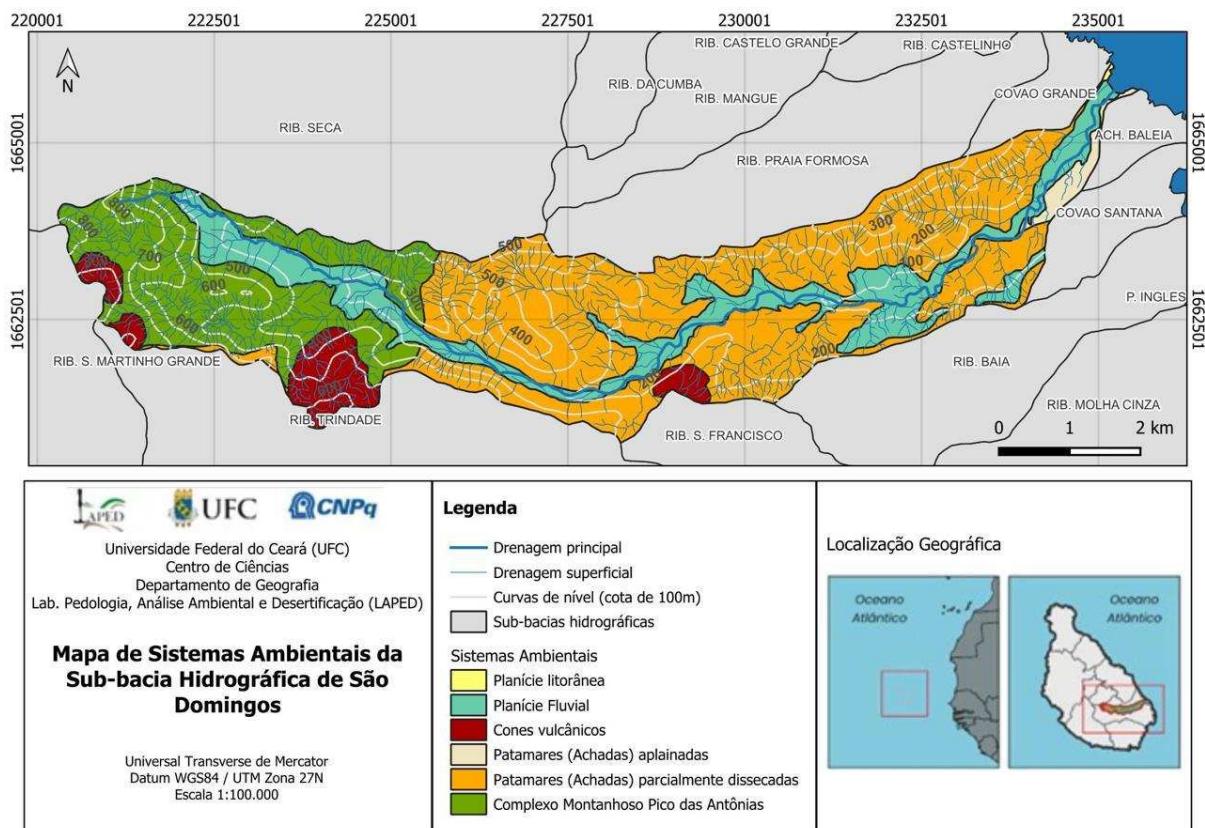
O clima predominante é o semiárido sublitorâneo, caracterizado por baixos índices pluviométricos e elevada evaporação. Essa condição climática influencia diretamente a disponibilidade de água e a adaptação da vegetação e da fauna locais, criando um ambiente de grande fragilidade ecológica.

Os solos predominantes incluem Xerossolos Háplicos e Lúvicos, Vertissolos, Cambissolos Vérticos, Chernossolos e Neossolos. Estes solos variam em fertilidade e profundidade, com os Xerossolos sendo mais comuns em áreas áridas e os Cambissolos e Chernossolos em áreas mais úmidas. A presença de Neossolos é frequente em áreas de afloramentos rochosos.

A cobertura vegetal é adaptada às condições semiáridas, com uma vegetação esparsa e resistente à seca. Quanto ao uso e ocupação do solo, observa-se uma ocupação rural incidente, fundamentada principalmente em culturas de sequeiro aleatórias e pastagem. Essas atividades são limitadas pelas condições naturais desfavoráveis.

Entre as principais limitações, destacam-se a salinidade dos solos, a abundante pedregosidade, a acentuada escassez hídrica e os ventos fortes e persistentes. Esses fatores restringem o desenvolvimento de culturas e exigem práticas de manejo adaptadas às condições adversas.

Figura 11 - Mapa de Sistemas Ambientais da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos



Fonte: Autor (2024)

Quadro 2 - Sistematização dos Sistemas Ambientais da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos

Sistema Ambiental	Descrição	Potencialidades	Limitações	Tendenciais	Ecodinâmica
Planície Litorânea	Área plana ou de declive suave para o mar, resultante de acumulação marinha com material sedimentar recente do Quaternário, das orlas de praia, associadas a desembocaduras fluviais, com condições climáticas áridas litorâneas, em que se desenvolvem Neossolos Regológicos e Quartzarénicos, com ocorrência de cobertura vegetal halófita concentrada em regiões de alta salinidade	Turismo; pesca; energia eólica.	Ausência de pedogênese; Ventos intensos; Aumento de salinidade nas áreas circundantes à foz dos rios e riachos.	Acentuação da salinização; ocupação por atividades recreativas.	Ambiente instável.
Planície Fluvial	Planícies e terraços fluviais oriundos de acumulação de sedimentos inconsolidados, constituídos de materiais finos, grosseiros e cascalhos do Quaternário, com inclusões de materiais piroclásticos e hialoclasitos, sob influência de clima árido e semiárido e ocorrência de Cambissolos Vérticos, Neossolos Flúvicos Eutróficos e Neossolos Litólicos, com cobertura vegetal com extrato arbóreo arbustivo muito esparsa, com presença de tapete de herbáceas	Cultivos diversificados de irrigação e sequeiro, como bananeiras, milho, mandioca, hortícolas, cana e batata doce.	Salinização dos solos; rápido escoamento com potencial propensão à inundação; carência de disponibilidade de hídrica; cobertura de material grosso.	Acentuação de salinização; declínio de produtividade; contaminação por produtos agrotóxicos.	Ambiente de transição tendendo à instabilidade.

	intercaladas por afloramentos rochosos.				
Cones Vulcânicos	Cones de piroclastos da Formação Monte das Vacas do Quaternário em montes/colinas fortemente erodidos e alterados cortando as áreas aplainadas e culminando em crateras, com material de escórias com pequenos derrames intercalados com rochas do Complexo Montanhoso Pico de Antonia, apresentando ainda condições climáticas que variam de árida litorânea a semiárida subúmida e semiárida litorânea, com presença de Neossolos litólicos, Neossolos regolíticos, afloramentos rochosos e material coluvial nas áreas de vertentes, além de cobertura vegetal pouco densa de herbáceas e exemplares arbustivos/ subarbustivos	Ocupação florestal (eucalipto) nas áreas montanhosas; material mineral para indústrias de construção.	Áreas improdutivas ; declives acentuados; solos pouco desenvolvidos.	Desmantelo do material vulcânico.	Ambiente de forte instabilidade.
Complexo Montanhoso (Pico das Antônias)	Relevo montanhoso dissecado em forma de escarpas com esporões e morros muito salientes modelados em topografias colinosas com	Cultivo de culturas diversas, como café, cajanus e cana.	Declives excessivos; solos pouco desenvolvidos	Desmantelo do material vulcânico.	Ambiente de transição tendendo a estabilidade

	fortes declives e cristas em rochas resistentes e manto de composição basáltica do Complexo Eruptivo Pico da Antonia (PA) do Terciário (Plioceno-mioceno), além da presença de Cambissolos Eutróficos, Chernossolos (Phaeozems Háplicos) e Neossolos Litólicos e cobertura vegetal marcada pelo porte arbóreo e arbustivo.				
Patamares (Achadas) Aplainadas	Superfícies de erosão com feições tabuliformes ou aplainadas em topografias que variam de plano a suave ondulado em mantos subáereos de natureza basáltico do PA intercaladas de materiais sedimentares da Formação dos Órgãos e Flamengos do Terciário (Mioceno Médio), com condições climáticas de caráter litorâneo e sublitorâneo, presença de Neossolos Litólicos, Luvissolos e Vertissolos, além de cobertura vegetal esparsa e adaptada à aridez.	Culturas de sequeiro	Pedregosidad e; escassez hídrica.	Intensificação dos processos erosivos.	Ambientes de forte instabilidade
Patamares (Achadas)	Superfícies de erosão em planalto de baixa a média altitude, entalhadas por vales que	Atividade agrícola em vales adjacentes e pastoreio.	Fraca ocupação rural; pedregosidad e elevada;	Ampliação da ocupação rural desordenada.	Ambiente de baixa instabilidade

Parcialmente Dissecadas	seccionam lombas muito largas com material em mantos subáereas de basaltos, basanitos e basanítóides da Formação Assomada do Terciário, com condições climáticas de caráter semiárido em zona sublitorânea, presença de Neossolos Litólicos, Cambissolos Vérticos, Chernossolos e cobertura vegetal com espécies arbustivos-arbóreas		escassez hídrica; ventos fortes e frequentes.		
-------------------------	--	--	---	--	--

Fonte: Adotado de Oliveira (2012)

4.4. ANÁLISE DOS NÍVEIS DE DESERTIFICAÇÃO

A investigação do processo de desertificação na sub-bacia hidrográfica de São Domingos foi realizada por meio da aplicação de indicadores adaptados de Oliveira (2003, 2011) sobre os sistemas ambientais identificados na área de estudo. Assim, foram selecionados indicadores específicos para avaliar os impactos e a dinâmica da degradação ambiental. Dentre eles, foram considerados Geologia (IBFD1), Geomorfologia (IBFD2), Solos (IBFD5) e Condições Climáticas (IBFD7).

Tabela 5 - Indicadores Biofísicos de Desertificação dos Sistemas Ambientais da Sub-bacia Hidrográfica de São Domingos

SISTEMAS AMBIENTAIS	INDICADORES BIOFÍSICOS DE DESERTIFICAÇÃO				ÍNDICE IBFD
	IBFD1	IBFD2	IBFD5	IBFD7	
Planície Litorânea	5	5	1	1	3
Planície Fluvial	5	5	2	3	3,75
Cones Vulcânicos	2	2	2	2	2

Complexo Montanhoso Pico das Antônias	2	1	4	5	3
Patamares (Achadas) Aplainadas	1	5	2	1	2,25
Patamares (Achadas) Parcialmente Dissecadas	2	4	2	2	2,5
Média	2,83	3,66	2,16	2,33	2,75
Desvio Padrão	1,57	1,59	0,89	1,37	0,57
Coeficiente de Variação (%)	55,5	43,5	41,3	59	21

Fonte: Adaptado de Oliveira (2012)

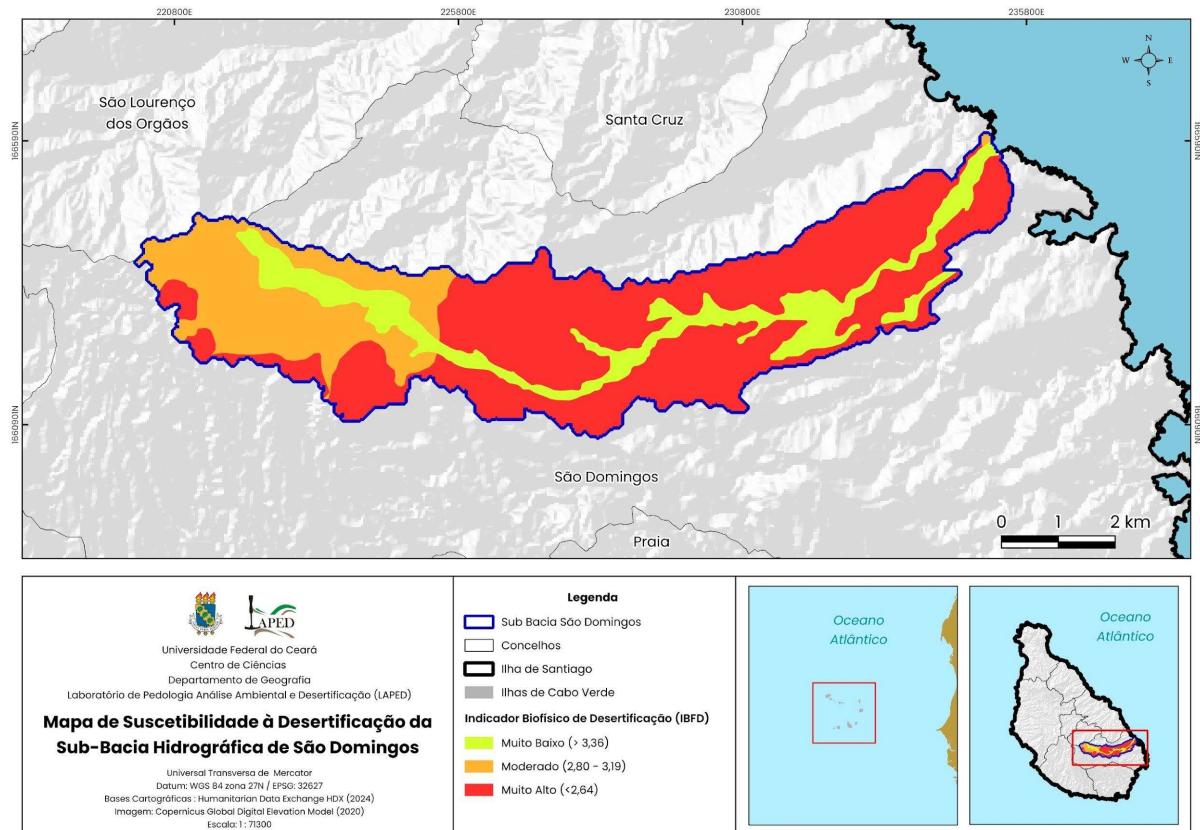
A obtenção das médias se dá através da soma dos valores de cada um dos IBFDs e divisão do valor total pela quantidade de sistemas ambientais trabalhados. O desvio padrão, por sua vez, é calculado a partir da dispersão dos valores em relação à média, refletindo a variação de formas dentro dos aspectos considerados. O coeficiente de variação é caracterizado pela diferença em porcentagem entre média e desvio padrão.

Tendo em vista os valores obtidos, Oliveira (2011) adota os seguintes índices para determinar os intervalos dos níveis de desertificação:

- Muito Baixo: > 3,36
- Baixo: 3,20 - 3,36
- Moderado: 2,80 - 3,19
- Alto: 2,64 - 2,79

Analizando os valores resultantes da aplicação dos Indicadores Biofísicos de Desertificação e comparando-os com os índices empregados para determinar os valores dos intervalos, é possível estabelecer o seguinte panorama, ilustrado no mapa abaixo:

Figura 12 - Mapa de Susceptibilidade à Desertificação da Sub-Bacia de São Domingos - Cabo Verde



Fonte: Autor, 2025

- Os Cones Vulcânicos, Patamares Aplainados e Patamares Parcialmente Dissecados obtiveram valores inferiores a 2,6, variando de 2 a 2,5, os menores valores da tabela, o que corresponde ao nível de desertificação muito alto;
- A Planície Litorânea e o Complexo Montanhoso Pico da Antónia apresentam valores iguais (3), correspondendo ao índice caracterizado como moderado;
- A Planície Fluvial apresenta o maior valor de IBFD da tabela, ultrapassando 3,36 e indicando índice muito baixo para desertificação.

Os índices obtidos refletem a complexidade da relação entre os fatores ambientais e a vulnerabilidade dos diferentes sistemas ambientais à desertificação. Os Cones Vulcânicos, Patamares Aplainados e Patamares Parcialmente Dissecados, com valores entre 2 e 2,5, destacam-se como áreas de maior risco, classificadas no nível de desertificação muito alto. Esse resultado pode estar associado a condições como a baixa retenção hídrica do solo, a elevada exposição à erosão e a limitação da cobertura vegetal, fatores que favorecem processos intensos de degradação.

Por outro lado, a Planície Litorânea e o Complexo Montanhoso Pico da Antónia apresentam um índice moderado (3), sugerindo que, embora essas áreas não estejam nas condições mais críticas, ainda possuem vulnerabilidades significativas. A moderação do risco pode estar relacionada à presença de uma vegetação relativamente mais resistente, características topográficas que favorecem maior infiltração e retenção hídrica, ou a um menor impacto das atividades antrópicas.

A Planície Fluvial, por sua vez, se destaca como a unidade geomorfológica com menor vulnerabilidade à desertificação, com um IBFD superior a 3,36, indicando um risco muito baixo. Essa condição pode ser explicada pela maior disponibilidade de água, seja por lençóis freáticos mais acessíveis, seja pela proximidade de cursos d'água que favorecem a umidade do solo e o desenvolvimento da vegetação.

4.5. AVALIAÇÃO DOS RISCOS NATURAIS DA REGIÃO

Os riscos naturais representam um desafio constante para o planejamento ambiental e a gestão territorial, especialmente em áreas sujeitas a variações climáticas e geomorfológicas significativas. Na sub-bacia de São Domingos, a interação entre fatores como geologia, relevo e regime hidrológico pode favorecer a ocorrência de processos naturais adversos, como erosão, inundações e movimentos de massa. Diante disso, a avaliação desses riscos torna-se essencial para identificar áreas vulneráveis e subsidiar estratégias de mitigação, contribuindo para a conservação ambiental e a segurança das comunidades locais.

A partir dos dados morfométricos obtidos através de SIG, como destacado anteriormente, em função do formato alongado da sub-bacia ocorre baixa propensão à inundações, visto que seria necessário um elevado e concentrado volume de pluviosidade, que foge às condições hidroclimáticas habituais da região. Nesse sentido, em relatório produzido pela Pacific Disaster Center (PCD) em 2022, estima-se que a porcentagem de indivíduos expostos ao risco de inundaçāo na região correspondente a São Domingos não ultrapasse a taxa de 1,3% da população. Em consonância, os índices estimados de população sob o risco de susceptibilidade ao deslizamento induzido por precipitações apresenta-se superior, estimado em 7,4% da população, em função da retirada da cobertura vegetal.

Em contrapartida ao cenário positivo percebido quanto ao baixo risco de inundações, a seca é uma constante, em que cerca de 87% da população está suscetível. A fragilidade

percebida sobre o recorte territorial correspondente à sub-bacia é essencialmente marcada pela alta vulnerabilidade de acesso à água limpa e estresse ambiental, na qual a densidade pecuária, uso de lenha como combustível doméstico e perda da cobertura de árvores são os principais agentes causadores (PCD, 2022).

O panorama observado evidencia, portanto, a necessidade de estratégias eficazes de gestão dos recursos hídricos e práticas sustentáveis que minimizem os impactos ambientais. Medidas como a implementação de tecnologias de captação e armazenamento de água, reflorestamento e alternativas energéticas mais sustentáveis são fundamentais para reduzir os efeitos da seca e promover a resiliência da população local.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa possibilitou uma compreensão aprofundada das dinâmicas da desertificação na sub-bacia hidrográfica de São Domingos, em Cabo Verde, ressaltando a complexa interação entre fatores naturais e antrópicos que impulsionam a degradação ambiental. O estudo demonstrou que a fragilidade da região está intrinsecamente associada a características geoambientais que favorecem a erosão e a degradação dos solos, potencializadas pela ação humana, especialmente pelo uso inadequado da terra, sobrepastoreio e desmatamento.

Os Indicadores Biofísicos de Desertificação (IBFD) foram essenciais para identificar e classificar os diferentes níveis de degradação dentro da sub-bacia. Os resultados evidenciaram que os Cones Vulcânicos, Patamares Aplainados e Patamares Parcialmente Dissecados apresentam os menores valores, oscilando entre 2 e 2,5, indicando um cenário de intensa desertificação e elevado grau de degradação ambiental. Em contrapartida, a Planície Fluvial obteve os valores mais elevados, superiores a 3,36, o que reflete uma menor suscetibilidade ao processo de desertificação e uma relativa estabilidade ambiental. Essa heterogeneidade nos níveis de degradação reforça a importância de abordagens diferenciadas na formulação de políticas de manejo e conservação.

Além da degradação ambiental, os riscos naturais desempenham um papel central na intensificação da desertificação na região. A baixa capacidade de retenção hídrica dos solos e a predisposição à erosão favorecem processos como a degradação acelerada da superfície, contribuindo para a perda de nutrientes essenciais e dificultando a regeneração da vegetação. A seca, por sua vez, constitui um fator persistente e crítico, impactando diretamente a disponibilidade hídrica e a estabilidade dos ecossistemas. A ocorrência frequente de eventos extremos, como longos períodos de estiagem e chuvas irregulares, intensifica os processos erosivos e dificulta a fixação da vegetação, elementos fundamentais para a manutenção do equilíbrio ecológico da sub-bacia.

A análise dos riscos naturais também evidencia que, embora o risco de inundações seja reduzido, a aridez e a desertificação avançam de maneira significativa, exigindo medidas urgentes de mitigação. O uso inadequado do solo, aliado às características climáticas adversas, amplia os impactos ambientais, comprometendo não apenas a biodiversidade local, mas também as condições socioeconômicas da população. A precariedade no acesso à água e a escassez de áreas agricultáveis contribuem para a intensificação da vulnerabilidade social,

reforçando processos migratórios e a degradação das condições de vida das comunidades que dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência.

Diante desse panorama, faz-se imperativo o desenvolvimento de estratégias integradas de adaptação e mitigação, que aliem a gestão sustentável dos solos e recursos hídricos à redução dos impactos dos riscos naturais. A implementação de políticas voltadas à reflorestação e recomposição da cobertura vegetal, a utilização de técnicas agrícolas conservacionistas, bem como a ampliação das infraestruturas de captação e armazenamento de água, são medidas fundamentais para conter o avanço da desertificação e garantir maior resiliência ambiental da área de estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teoria Geral dos Sistemas**. 2^a edição. Petrópolis: Vozes, 1975.
- BEROUTCHACHVILI, N. A. e BERTRAND, G. **Le Geosystème ou Système Territorial Naturel**. In Ver. Geograph de Pirinées et Sud Ouest, v. 49, p. 167-180, 1977.
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico**. In **Caderno de Ciências da Terra**, v. 13, p. 1-21. IGEOG, USP, São Paulo, 1969.
- BERTRAND, G & BERTRAND, C. **Uma Geografia Transversal e de Travessias: O Meio Ambiente através dos Territórios e das temporalidades**. Université de Toulouse, Le Mirail. Ed. Massoni, Maringá, 2007.
- BRITO DA SILVA, ÉRIKA GOMES; OLIVEIRA, VLÁDIA PINTO VIDAL DE. **Identificação das Áreas Susceptíveis à Desertificação no Estado do Ceará: antecedentes cartográficos** (Identification of susceptible to desertification areas in the state of Ceará: cartographic history). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 1269–1280, 2017. DOI: 10.26848/rbgf.v10.4.p1269-1280. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/234084>. Acesso em: 4 fev. 2025
- BORMANN, F. H. & LIKENS, G. E. **Nutrient cycling**. Science, 155: 424-429, 1967.
- CONTI, J. B. **Clima e Meio Ambiente**. São Paulo: Atual, 1998.
- DEMARTELAERE, Andrea Celina Ferreira; SANTOS, Alex Ferreira dos; COUTINHO, Pablo Wenderson Ribeiro et al. **Causas, consequências e métodos atribuídos para prevenir a desertificação na caatinga / Causes, consequences and methods attributed to prevent desertification in caatinga**. Brazilian Journal of Development, 7, p. 83270-83285, 2021. 10.34117/bjdv7n8-502.
- FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90 p.
- GRANELL-PÉREZ, M.D.C. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. Ijuí: Unijuí, 2001.
- HULME, M.; KELLY, M. **Exploring the links between: desertification and Climate Change**. Environment, v. 35, n. 6, p. 5-11, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estudos de pesquisas e informações geográficas.** Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais e Coordenação de Geografia, 2004. 389 p.

LIU, J., FRITZ, S., Van Wesenbeek, C. F. A., Fuchs, M., You, L., et al. **A spatially explicit assessment of current and future hotspots of hunger in Sub-Saharan Africa in the context of global change.** Global and Planetary Change, 64, pp. 222-235, 2008.

LIMA, M. A. **Avaliação da Qualidade Ambiental de uma Microrregião no Município de Rio Claro - SP.** UNESP, Rio Claro, SP, 1994. 264 p. (Tese de Doutorado).

MILLER, V.C. (1953). **A quantitative geomorphic study or drainage basins characteristics in the Clinch Mountain area.** Technical Report (3). Dept. of Geology Columbia University.

MELO, A. S. T. **Desertificação na Paraíba: Diagnóstico de Reconhecimento dos Núcleos de Desertificação nos Municípios de São João do Cariri e Caraúbas - PB.** UNIPÊ. João Pessoa, 2000.

MENEZES, Carolina & STEFFEN, Jorge & ALMEIDA, Isabel & SANCHES, Thiago. (2016). **Versatilidade do Uso de Dados Georreferenciados na Caracterização da Declividade de Bacias Hidrográficas: Implicações Metodológicas / Versatility of Georeferenced Data Use in Characterization of Watershed Slope: Methodological Implications.** Geociencias. 35. 247-254.

O'SULLIVAN, P. E. **The Ecosystem - Watershed Concept in the Environmental Sciences - A Review.** Intern. J. Environmental Studies, 13: 273-281, 1979.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Interciências, 1985.

ODUM, E. P. **Ecology and Our Endangered Life-support Systems.** 2^a ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 1993.

OLIVEIRA, V. P. V. de; PRINTZ, A. ; SCHMIDT, S. ; BEZERRA, C. L. F. . **Sustainability of Natural Resource use in the Municipality of Tauá.** In: Thomas Gaiser, Maarten Krol, Horst Frischkorn, José Carlos Araújo and Frieder Graef. (Org.). **Global Change Regional Impacts.** Berlin: Spring-Verlag, 2003, v. 1, p. 305-322.

OLIVEIRA, V. P. V. Sistemas ambientais de Santiago, Cabo-Verde (ÁFRICA): **Indicadores Biofísicos de Desertificação**. In: OLIVEIRA, V. P. V.; GOMES, I. G.; BAPTISTA, I.; RABELO, L. S. Cabo Verde: **Análise Socioambiental e Perspectivas para o Desenvolvimento Sustentável em Áreas Semiáridas**. Fortaleza: Edições UFC, 2012. p. 37-64.

OLIVEIRA, V. P. V. de; SOUZA, M. J. N. de. **Enfoque Geoambiental no Ordenamento Territorial de Bacia Hidrográfica**. In: Philippi Jr., A.; Sobral, M. do C. (Org.). Gestão de Bacias Hidrográficas e Sustentabilidade. 1 ed. Barueri: Manole, 2019. v. 25, p. 275-292.

PIRES, J. S. R. & SANTOS, J. E. **Bacias Hidrográficas - Integração entre meio ambiente e desenvolvimento**. Ciência Hoje, 19(110): 40-45, 1995.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. **A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais**. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. (Ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. 293 p.: il. Bibliografia p. 261-291. ISBN 85-7455-053-1

POLLETE, M. Planície do Perequê / Ilha de São Sebastião - SP. **Diagnóstico e Planejamento Ambiental Costeiro**. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 1993. (Dissertação de Mestrado).

ROCHA, O.; PIRES, J. S. R. & SANTOS, J. E. **A Bacia Hidrográfica como unidade de estudo e planejamento**. In: Espíndola, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E. & ABDON, M. M. (Orgs). A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho. Rima, São Carlos, 2000. Cap. 1: p. 1-16.

SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TAURA, T. A.; DRUMOND, M. A. **Mapeamento da desertificação da Região de Desenvolvimento Sertão do São Francisco com base na cobertura vegetal e nas classes de solos**. Revista Brasileira de Geografia Física, vol. 08, número especial (IV SMUD) (2015) 510-524. Recife: UFPE, 2017. Acesso em 20/01/2025.

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

SILVA, João; PEREIRA, Maria; OLIVEIRA, Carlos et al. **A desertificação e suas consequências**. Revista de Ecologia, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 50-65, jan./fev. 2023.

SOARES, Larisse Freitas. **Susceptibilidade a desertificação no alto curso da sub-bacia do Rio Canindé (Ceará, Brasil).** 2023. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

SOUZA, Anny Catarina Nobre de; SOUZA, Sérgio Domiciano G. de; SOUSA, Maria Losângela M. de. **Sistemas de indicadores de desertificação no Semiárido brasileiro: uma revisão sistemática integrativa da literatura.** *Geografafares* [Online], n. 36, 2023. Disponível em: <http://journals.openedition.org/geografafares/8863>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo dos Geossistemas. Métodos em Questão,** v. 20, p. 1-19, 1976.

SUERTEGARAY, D. **Desertificação: recuperação e desenvolvimento sustentável.** In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Eds.). *Geomorfologia e meio ambiente.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

VARGHESE, N.; SINGH, N.P. **Linkages between land use changes, desertification and human development in the Thar Desert Region of India.** *Land Use Policy*, v.51, p.18-25, 2016.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.