



CONSERVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: DESAFIOS AMBIENTAIS E O PAPEL DA AGROECOLOGIA NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES.

Igor Lima de Oliveira. Agronomia; Departamento de tecnologia rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco/DTR/UFRPE Email: igor.limaoliveira@ufrpe.br

Anildo Monteiro Caldas. Professor; Departamento de tecnologia rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco DTR/UFRPE Email: monteiro.dtr.ufrpe@gmail.com

Artur Felizardo Laurênio de Melo. Agronomia; Departamento de tecnologia rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco DTR/UFRPE Email: artur.luarenio@ufrpe.br

Rannilson Cabral Pereira e Silva. Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de tecnologia rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco DTR/UFRPE

Marcos Emanuel Santana Santos. Agronomia; Departamento de tecnologia rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco DTR/UFRPE Email: marcos.emmanuel@ufrpe.br

Linha de Pesquisa: Convivência com semiárido, inovações sociotécnicas e desenvolvimento

Introdução

A degradação ambiental do semiárido brasileiro é um tema de crescente preocupação, especialmente em relação às práticas agrícolas e pecuárias que têm sido amplamente adotadas na região. O uso e ocupação do solo pelas atividades agropecuárias alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos do ambiente (Coelho *et al.*, 2014). Na busca por maiores produtividades agrícolas, tem ocorrido uma expansão significativa das áreas de cultivo, muitas vezes acompanhada por práticas de manejo pouco sustentáveis. Isso resulta em uma intensificação dos processos de manipulação ambiental, afetando especialmente recursos essenciais como o solo e a água (Torres *et al.*, 2009). Segundo Azevedo (2021), o desmatamento para a abertura de novas áreas agrícolas, o uso excessivo de fertilizantes e pesticidas, estão entre os fatores que afetam esse cenário. Schistek (2024) ressalta que, essas

práticas levam à contaminação de corpos d'água, erosão do solo e na saúde dos ecossistemas. Além disso, conforme apontado por Primavesi (2006), a pecuária extensiva, comum no semiárido, contribui para a degradação do solo e a perda de biodiversidade, uma vez que promove o sobre pastoreio e a compactação do solo. A agroecologia surge como uma alternativa viável para enfrentar esses desafios, oferecendo um conjunto de práticas que visam restaurar os ecossistemas degradados e garantir a segurança alimentar das populações locais, (Leff 2002).

Neste contexto a conservação e recuperação das áreas de preservação permanentes (APPs) são de fundamental importância para o processo de manutenção da biodiversidade e da recuperação de áreas degradadas proporcionando a sustentabilidade, dos recursos solo e água. Caldas *et al.*, (2021).

O objetivo deste trabalho foi determinar as características morfométricas e Áreas de Preservação Permanente da sub-bacias do riacho Exú, no semiárido brasileiro, para subsidiar a implantação de práticas agrícolas conservacionistas.

Referencial teórico

A necessidade de conservação ambiental no semiárido é amplamente discutida na literatura científica. Lima, Silva e Santos (2022) argumentam que a adoção de práticas agroecológicas é fundamental para mitigar os efeitos da degradação ambiental e promover a resiliência dos sistemas produtivos. Estas práticas incluem técnicas como o plantio direto, rotação de culturas, agroflorestas e integração entre lavoura e pecuária, que visam restaurar a saúde do solo e aumentar a biodiversidade.

Nesse contexto, Azevedo (2021) destaca que as práticas agroecológicas podem contribuir para a mitigação das mudanças climáticas ao aumentar a capacidade de sequestro de carbono no solo e reduzir as emissões associadas à agricultura convencional. Além disso, o papel das políticas públicas na promoção da agroecologia não pode ser subestimado. Segundo Santos (2023), é essencial que haja um suporte governamental para incentivar os agricultores a adotarem essas práticas por meio de incentivos financeiros, capacitação técnica e acesso a mercados justos. A construção de redes de colaboração entre agricultores familiares também é fundamental para compartilhar conhecimentos e experiências sobre agroecologia.

A literatura também enfatiza a importância do conhecimento tradicional na implementação da agroecologia. De acordo, Silva (2023), as comunidades locais possuem saberes acumulados ao longo do tempo sobre o manejo sustentável dos recursos naturais, que podem ser integrados às inovações científicas para criar sistemas produtivos mais resilientes. Essa sinergia entre conhecimento tradicional e científico é crucial para o desenvolvimento de

soluções adaptadas às especificidades do semiárido. Aliado ao conhecimento tradicional, o estudo da superfície territorial ao ponto de vista natural é de fundamental importância para o sucesso dos processos de conservação ambiental.

Neste contexto as divisões do território em bacias hidrográficas, leva em conta os divisores topográficos naturais, sendo a célula básica natural a ser adotada para o planejamento e adoção de práticas agrícolas conservacionistas (Caldas 2023 e Caldas *et al.*, 2021). Para um gerenciamento eficiente, as características morfométricas das bacias hidrográficas, como área, perímetro, forma e declividade, são elementos cruciais para entender os processos hidrológicos de uma região. Pesquisas mostram que a análise dessas características oferece informações relevantes sobre o escoamento superficial, a infiltração, a recarga de aquíferos e a suscetibilidade da bacia a eventos como inundações e erosão (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Na unidade territorial de sub-bacias hidrográficas, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) são protegidas por legislação ambiental com o objetivo de conservar os recursos naturais, em especial os hídricos e a biodiversidade. As nascentes representam as principais fontes de água de um rio. Essas fontes são fundamentais para a manutenção do equilíbrio hidrológico e ambiental das bacias hidrográficas (BAUSTIAN 2018). Essas zonas desempenham um papel essencial na proteção dos corpos d'água, na prevenção da erosão e na promoção da estabilidade ecológica das bacias.

Segundo Ferreira *et al.* (2021), a conexão entre as APPs e o desenvolvimento sustentável é indispensável para garantir a preservação dos ecossistemas e a qualidade ambiental necessária à vida humana. Caldas *et al.*, (2021), afirmam que o uso de Geotecnologias no estudo de bacias hidrográficas proporciona uma melhor compreensão das dinâmicas espaciais e temporais, permitindo a tomada de decisões mais informadas e eficientes no manejo de pastagens, agricultura, dos recursos hídricos e na conservação ambiental.

Metodologia

A sub-bacia do riacho Exú está localizada na microrregião do Pajeú no semiárido brasileiro. Este trabalho realizou uma análise morfométrica e delimitação de APPs. O mapeamento e a coleta de dados foram realizados com imagens da Missão ALOS PALSAR, com uma resolução espacial de 12,5 m, e mosaicos de imagens Sentinel-2, disponível gratuitamente pelo *alaska satellite facility*. A modelagem digital foi executada no software ArcGIS da ESRI, onde foi desenvolvida uma rotina para gerenciar os dados e os produtos gerados. A caracterização morfométrica incluiu parâmetros como área (A), perímetro (P), rede de drenagem (Rd) e densidade de drenagem (Dd), Coeficiente de compactidade (Kc),

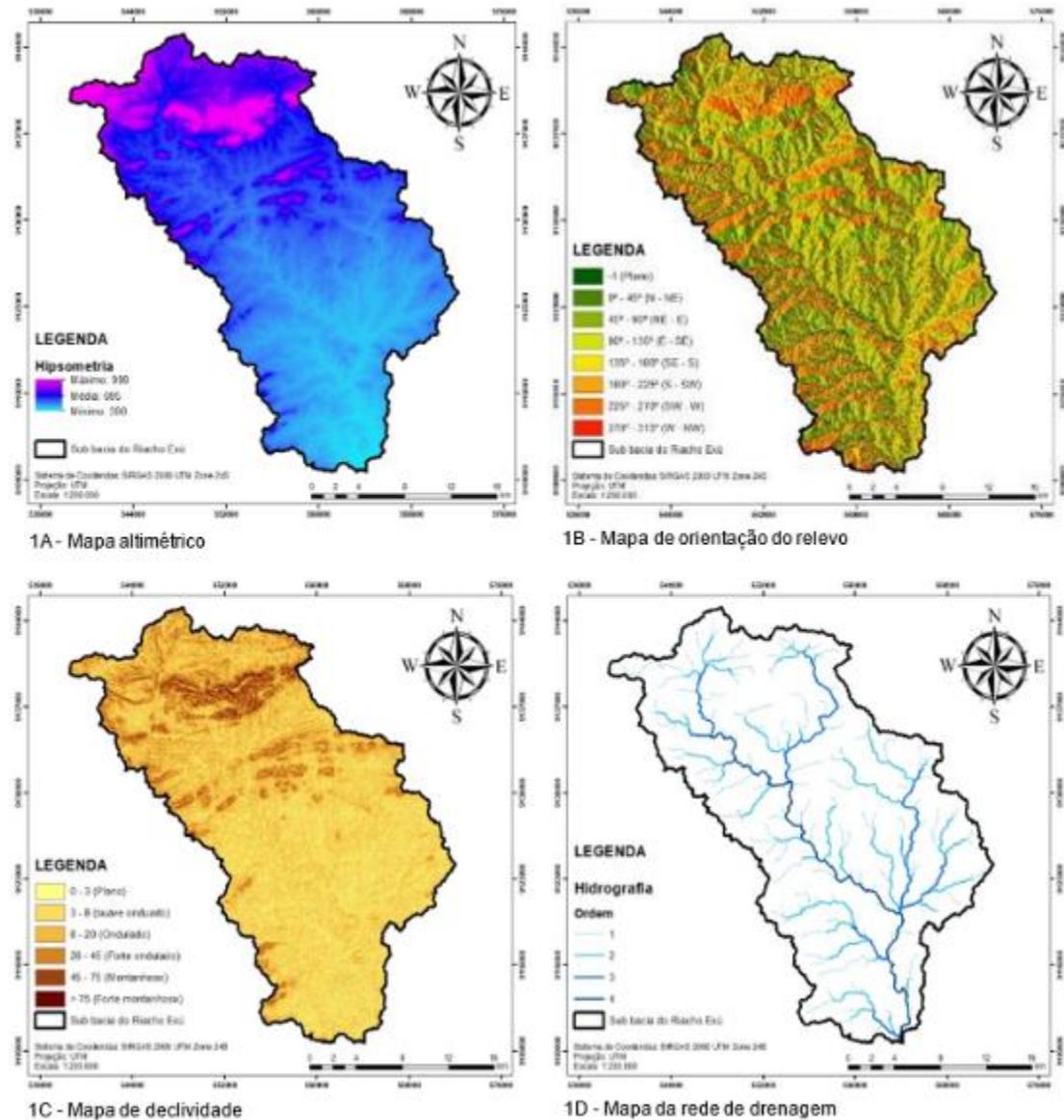
Coeficiente de forma (Kf), Índice de circularidade (Ic), o que possibilitou uma análise abrangente das características da bacia hidrográfica. Utilizando os dados morfométricos gerados e o modelo digital de elevação (MDE), as Áreas de Preservação Permanente para nascentes, cursos d'água, encosta e topo de morro. foram processadas por meio do módulo *Spatial Analyst Tools* do ArcGIS, atendendo o Código Florestal de 2012.

As APPs de nascentes foram definidas com um raio de 50 metros, as de cursos d'água foram definidas considerando as características do semiárido na região, onde uma rede de drenagem pode alcançar até 50 metros de largura, dessa forma, consideradas uma faixa de 50 metros para cada margem. Para as APPs de topo de morro a delimitação foi feita a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima de 100 metros de elevação e a inclinação do terreno maior que 25° graus, e para as encostas foram delimitadas a partir da declividade do terreno superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive; atendendo a Lei nº 12.651/2012.

Resultados e Discussão

Na tabela 1 estão os resultados da morfométrica da sub-bacia hidrográfica do Riacho Exú. A área da sub-bacia é de 574,8 km² e um perímetro de 152,9 km, caracterizando-a como uma sub-bacia da bacia do rio Pajeú. O coeficiente de forma (Kf) foi de 0,46, indicando baixa tendência a enchentes, enquanto o índice de circularidade (Ic) foi de 0,31 e o coeficiente de compacidade (Kc) foi de 1,79, sugerindo um formato alongado da sub-bacia. O índice de sinuosidade (Is) foi de 35,95%, caracterizando o canal como divagante. O coeficiente de rugosidade foi de 0,83, indicando menor risco a enchentes. O tempo de concentração (Tc) obtido de 13,94 horas, sugerindo que a vazão máxima de enchente tende a ser menor sob condições constantes.

Figura 1 – Características de superfície da sub-bacia do riacho Exu .



Na figura 1 - estão os resultados do mapeamento das características da superfície da sub-bacia do riacho Exú.

Tabela 1 – Resultados da análise morfométrica e da delimitação das APPs.

	Características morfométricas	Valores
Características Geométricas	Área	574.6 km ²
	Perímetro	152.88 km
	Coeficiente de forma (Kf)	0.46
	Índice de circularidade (Ic)	0.31
	Coeficiente de compacidade (Kc)	1.79
	Comprimento do eixo da bacia	35.42 km
Características do relevo	Índice de sinuosidade (Is)	35.92%
	Altitude máxima	999 m
	Altitude média	695 m
	Altitude mínima	390 m
	Amplitude altimétrica	608 m
	Gradiente do canal principal	16.32 m/km
	Orientações SE-S e E-SE	14,48% e
	Declividade média	13,18%
Características da rede de drenagem	Coeficiente de rugosidade	11,66%
	Comprimento do canal principal	0,83%
	Comprimento de todos os canais	61.20 km
	Densidade de drenagem (Dd)	787.89 km
	Coeficiente de manutenção (Cm)	1.37 km/km ²
	Ordem da sub-bacia	730 m ² /m
	Tempo de concentração	4
		14 horas
Áreas das APPs na Sub-bacia (km ²)		Valores %
Nascentes	1,22	0,21
Curso d'água	43,26	7,53
Encosta	114	19,84
Topo de morro	63,8	11,10
Área total	222,28	38,68

A variação altimétrica na bacia foi de 999 a 391 metros, com uma amplitude de 608 metros (figura 1A). A análise da figura 1B mostra uma distribuição semelhante da exposição do terreno na bacia, com destaque para as orientações SE-S e E-SE, que apresentam as maiores porcentagens de área, 14,48% e 13,18%, respectivamente. A figura 1C apresenta dados sobre a declividade da bacia, com a maior parte do relevo particularmente como suave ondulado (39,04%) e ondulado (32,87%), resultando em uma declividade média de 11,66%. O rio principal teve um comprimento de 61,2 km e a densidade de drenagem foi calculada em 1,37 km/km², considerada média (figura 1D).

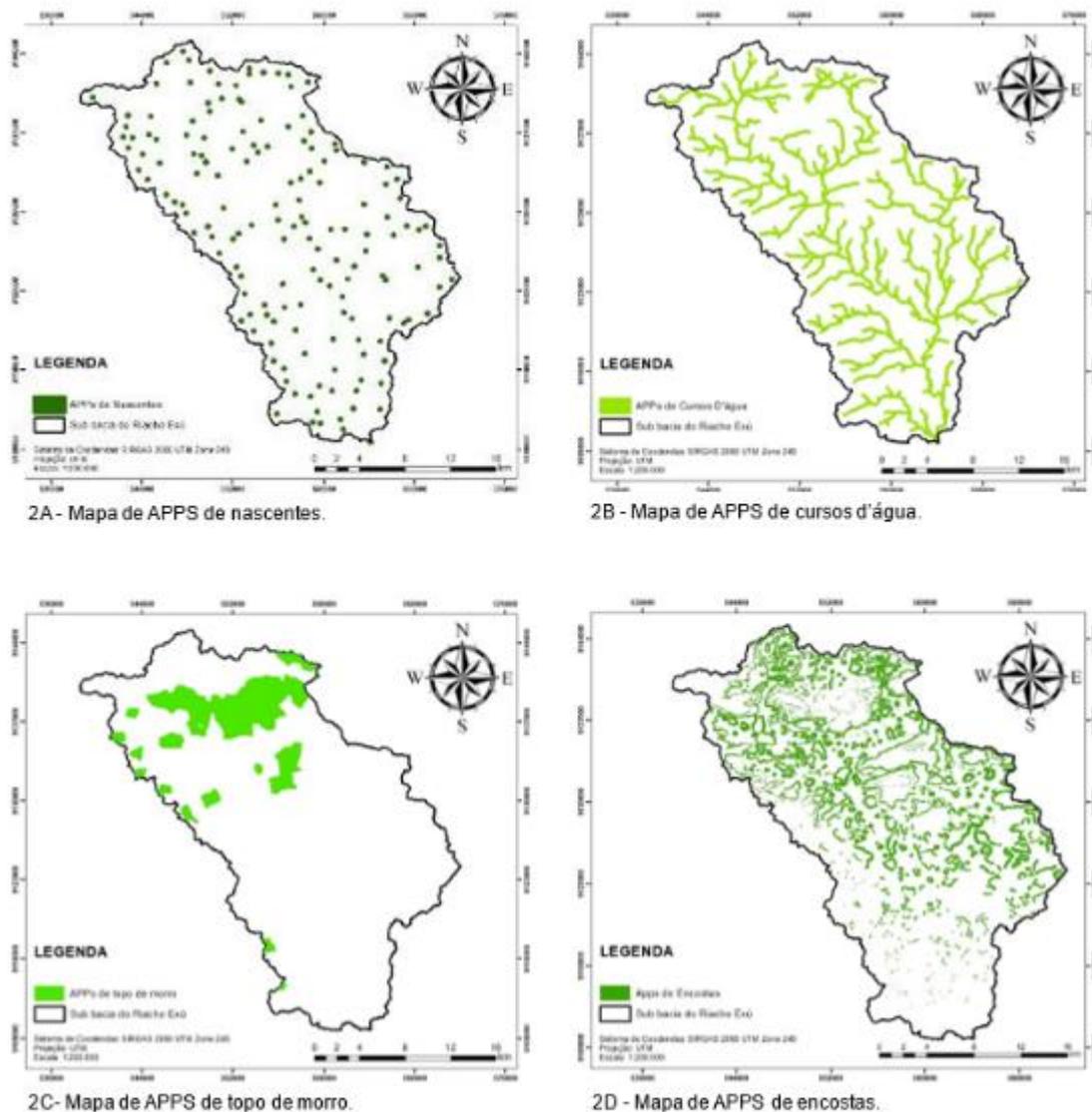
A importância dos estudos morfométricos de bacias hidrográficas revela seu papel crucial na agroecologia para gestão sustentável da água no semiárido. Santos (2023) argumenta que esses estudos permitem identificar áreas críticas para conservação e recuperação, além de auxiliar no planejamento do uso da terra. A análise morfométrica fornece informações sobre o

comportamento hidrológico das bacias, permitindo uma melhor compreensão das dinâmicas hídricas locais.

Na figura 2 estão apresentadas a distribuição espacial das APPs de nascentes, corpos d'água, encostas e topo de morro totalizando 222,28 km², equivalendo a 38,68% do total da área da sub-bacia. As APPs de nascentes (Figura 2A) ocupam 0,21% (1,22 km²) em relação a área total da sub-bacia, as APPs de cursos d'água (Figura 2B) representam 7,53% (43,26 km²), as APPs topo de morros (Figura 2C) de 11,10% (63,8 km²). Por outro lado, as APPs de encosta (Figura 2D) possuem o maior percentual em relação a área total, com 19,84% (114 km²).

A preservação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) é essencial para garantir a qualidade da água e proteger os recursos hídricos em regiões onde a escassez é um desafio constante. Oliveira (2022) acrescenta que as APPs desempenham um papel vital na regulação do ciclo hidrológico, prevenindo erosão e garantindo a integridade dos ecossistemas aquáticos. Estudos demonstram que o manejo adequado dessas áreas pode resultar em melhorias significativas na qualidade da água disponível para consumo humano e irrigação.

Figura 2 – Mapas da distribuição espacial das APPS da sub-bacia do Riacho Exu



Embora sejam essenciais, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) frequentemente enfrentam exploração indevida, o que compromete sua função ecológica. É evidente a necessidade de uma regulamentação mais clara e de práticas de manejo sustentável, especialmente diante da pressão do crescimento urbano e da agricultura. Adicionalmente, o fortalecimento das redes sociais entre agricultores familiares pode facilitar essa transição rumo à sustentabilidade. A troca de experiências entre agricultores permite não apenas o compartilhamento de técnicas bem-sucedidas, mas também promove um senso comunitário essencial para enfrentar os desafios impostos pela degradação ambiental.

As práticas agrícolas predatórias têm contribuído significativamente para o aumento da degradação ambiental no semiárido brasileiro. De acordo com dados recentes da Embrapa

(2021), aproximadamente 40% das áreas cultivadas na região estão degradadas devido ao uso inadequado do solo, desmatamento para expansão agrícola e pastoreio excessivo. Essas atividades resultam na compactação do solo, erosão severa e salinização, comprometendo ainda mais sua capacidade produtiva (Araújo *et al.*, 2016). Por outro lado, iniciativas voltadas à recuperação dessas áreas têm demonstrado resultados positivos por meio da adoção de práticas agroecológicas. Um estudo realizado por Pereira, Souza e Alves (2023) em comunidades do semiárido mostrou que agricultores que implementaram técnicas como plantio em consórcio e uso de cobertura vegetal relataram uma recuperação significativa das áreas degradadas. Os resultados indicam um aumento médio de 30% na produtividade agrícola após dois anos da adoção dessas práticas. Além disso, dados coletados pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA) revelam que áreas anteriormente degradadas podem ser recuperadas com técnicas adequadas de manejo sustentável. Por exemplo, projetos implementados em regiões como o Vale do São Francisco mostraram um aumento na biodiversidade local e melhorias nas condições hídricas após três anos de manejo agroecológico (INSA, 2020). Essas experiências destacam não apenas os benefícios econômicos das práticas sustentáveis, mas também seu potencial para restaurar ecossistemas fragilizados.

Conclusões

A degradação ambiental no semiárido brasileiro é um problema multifacetado que exige uma abordagem integrada e sustentável. A adoção de práticas agroecológicas se mostra como uma alternativa viável para mitigar os impactos negativos das atividades agrícolas e pecuárias tradicionais, promovendo não apenas a conservação dos recursos naturais, mas também o fortalecimento das comunidades locais.

Os estudos morfométricos são ferramentas essenciais para entender as dinâmicas hídricas das bacias hidrográficas e garantir a proteção das áreas essenciais para o equilíbrio ecológico da região.

As APPs, ocupam 38,68% da área da sub-bacia e têm o papel de preservar recursos naturais e garantir a sustentabilidade ambiental, portanto, um aspecto crucial para a manutenção da qualidade ambiental e a proteção dos recursos naturais no Brasil.

É fundamental fortalecer as políticas públicas e promover a conscientização sobre a importância das APPs, garantindo assim a preservação do meio ambiente e o bem-estar das comunidades que dependem desses recursos.

A promoção da agroecologia deve ser acompanhada por ações educativas voltadas para os agricultores familiares, visando à conscientização sobre os benefícios da conservação das

bacias hidrográficas e das Áreas de Preservação Permanente para o meio ambiente e para a economia local.

Referências

- ALMEIDA, J. A. Práticas Agroecológicas: Sustentabilidade no Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 7, n. 3, p. 45-58, 2022.
- ARAÚJO, R. P.; et al. Impactos Ambientais da Pecuária Extensiva no Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 8, n. 2, p. 123-135, 2016.
- AZEVEDO, J. L. Agroecologia: Uma alternativa viável às práticas convencionais na agricultura brasileira. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 9, n. 4, p. 123-135, 2021.
- BAUSTIAN, M. M. Modelar as necessidades atuais e futuras de influxo de água doce de um estuário subtropical para gerenciar e manter as condições ecológicas das áreas úmidas florestadas. *Indicadores Ecológicos*, v. 85, p. 791-807, 2018.
- BRASIL. Lei nº 12 .651/2012, de 25 de maio de 2012; altera as Leis nºs 6 .938, de 31 de agosto de 1981 ,9 .393, de 19 de dezembro de 1996, e 11 .428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4 .771, de 15 de setembro de 1965 , e 7 .754, de 14 de abril de 1989 , e a Medida Provisória nº 2 .166 -67,de 24 de agosto de 2001; Brasília ,DF: Congresso Nacional ,2001.
- CALDAS ANILDO M.; ROLIM NETO FERNANDO C.; PARAHYBA ROBERTO DA BOA VIAGEM; CORRÊA MARCUS M.; RODRIGUES ADRIANA DE C.F.. SOIL-LANDSCAPE RELATIONSHIP IN A WATERSHED LOCATED ON PLEISTOCENIC TERRACES AND FLUVIO-LAGUNARIAN SEDIMENTS IN MUNICIPALITY OF RECIFE BRAZIL. *ENG AGR-JABOTICABAL**, v .43,p.e20230147 ,2023.
- CALDAS, A.M.; ROLIM NETO, FERNANDO CARTAXO; RODRIGUES ADRIANA DE CARVALHO FIGUEIREDO; MOURA ALBERT EINSTEIN SPÍNDOLA SARAIVA DE ; SILVA ELCIDES RODRIGUES DA ; POSSAS JOSÉ MARCELO CORDEIRO ; SENA JAIME ROMA ; BRAGA SALATIEL EWEN ; SILVA L.J.S.; RIZZI NETO EUZONIO ; PERÔNICO ALLANA MONIQUE BEZERRA LUSTOSA ; FEITOSA TIAGO HENRIQUE SCHWAICKARTT; SANTOS ALESSANDRO HERBERT DE OLIVEIRA ; SOUZA IONEIDE ALVES DE ; CORRÊA MARCUS METRI.. Morfometria aspectos de qualidade físico-química e microbiológica da água e ações antrópicas em bacia hidrográfica na região de Mata Atlântica Brasil. *RESEARCH SOCIETY AND DEVELOPMENT*, v .10, p.e12210514656 ,2021.
- CARVALHO, M. S. R. Pecuária e Degradação Ambiental: Um Estudo no Semiárido. *Revista Científica do Semiárido*, v. 5, n. 2, p. 12-25, 2021.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1980. 200 p.
- COÊLHO, M. A. Desafios da Agricultura no Semiárido: Uma Análise Crítica. *Revista Cultivar*, v. 8, n. 1, p. 67-79, 2023.

COELHO, V. H. R.; et al. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 1, p. 64–72, jan. 2014.

EMPRAPA (2021). *Processos de Desertificação no Semiárido Brasileiro*.

FERREIRA, R.V.; CASTRO, S.C.; GOMES JÚNIOR, J.A.; ALEXANDRE, F.I.B.; MARTINES, M.R. Fragilidade ambiental em área de preservação permanente. *Floresta e Ambiente*, v .28, e20220027 ,2021.

FIGUEIREDO, R.S. Agroecologia: Uma Abordagem Integrada para o Semiárido. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v .9, n4,p123-135.,2023.

INSA - INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. *Relatório Anual sobre Práticas Sustentáveis no Semiárido Brasileiro*, 2020.

LEFF, H. Agroecologia e saber ambiental. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v .1,p36-51 jan./mar.,2002.

LIMA, T.; SILVA, P.; SANTOS, R.. Conservação Ambiental no Semiárido: Desafios e Oportunidades. *Revista Brasileira de Ecologia*, v .7,n2,p34-50.,2022.

OLIVEIRA F.J. Importância da Preservação das Áreas de Preservação Permanente no Semiárido. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v .10, n1,p22-33.,2022.

PEREIRA L.; SOUZA M.; ALVES R. Impacto das Práticas Agroecológicas na Qualidade da Água: Um Estudo em Comunidades do Semiárido. *Revista Brasileira de Desenvolvimento Sustentável*, v .8, n2, p78-90.,2023.

PRIMAVESI, A. *Manejo ecológico do solo*.18 ed.São Paulo: Nobel ,2006.

SANTOS E. Estudos Morfométricos: Contribuições para o Manejo Sustentável das Bacias Hidrográficas no Semiárido. *Revista Brasileira de Geografia*, v .11, n3,p88-100.,2023.

SCHISTECK A. A Convivência com o Semiárido: Práticas Sustentáveis na Agricultura Familiar. *Revista Redução do Risco de Desastres*, v .6, n1,p15-29.,2024.

SILVA ISABELLE OLIVEIRA; OLIVEIRA ALARCON MATOS DE.. Caracterização morfológica da sub-bacia hidrográfica do Rio Catu no município de Alagoinhas – BA. *Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA)* ,v .18,n3,p01-15 ,2024.DOI:10 .24857/rgsa.v18n3 -062

SILVA L.M.. Agroecologia como Estratégia de Desenvolvimento Sustentável no Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira de Desenvolvimento Sustentável*, v .8,n2,p78-90.,2023.

TORRES J.L.R.; FABIAN A.J.; AMARAL F.S.; SILVA SOBRINHO J.B.F.; LOES L.F.C. A deterioração da ambiência numa microbacia da área de proteção ambiental do Rio Uberaba. *Global Science Technology*, v .02,p. 07 -21 ,2009.