



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE CAMPUS FORTALEZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO AMBIENTAL

ADRIANNE KEYSER DE SOUSA MAIA

VALORAÇÃO PARA PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM ÁREAS
PROTEGIDAS: PERSPECTIVAS METODOLÓGICAS

FORTALEZA

2024

ADRIANNE KEYSER DE SOUSA MAIA

VALORAÇÃO PARA PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM ÁREAS
PROTEGIDAS: PERSPECTIVAS METODOLÓGICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Fortaleza, como requisito parcial para obtenção do Título de mestre. Área de concentração: Gestão e Saneamento Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral.

Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Oliveira Teles de Menezes.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M217v Maia, Adrienne Keyser de Sousa.
 Valoração para Pagamento por Serviços Ambientais em Áreas Protegidas: : Perspectivas metodológicas /
 Adrienne Keyser de Sousa Maia. - 2024.
 81 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental,
 Campus Fortaleza, 2024.
 Orientação: Profa. Dra. Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral.
 Coorientação: Prof. Dr. Marcelo Oliveira Teles de Menezes.
1. Pagamento por Serviços Ambientais. 2. Áreas Protegidas. 3. Área de Proteção Ambiental. 4. Valoração
 Ambiental. 5. Cadastro Ambiental Rural. I. Título.

CDD 628



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
Av. 13 de maio, 2081 - Bairro Benfica - CEP 60040-531 - Fortaleza - CE - www.ifce.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

Processo: 23256.013416/2024-77

Interessado: Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral

ADRIANNE KEYSER DE SOUSA MAIA

VALORAÇÃO PARA PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM ÁREAS PROTEGIDAS: PERSPECTIVAS METODOLÓGICAS

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) Campus de Fortaleza, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Aprovada em 20/12/2024.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Profa. Dra. Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima

Universidade de Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Joyce Elanne Mateus Celestino

Instituto Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte (IFRN)

Folha de Aprovação 6873175 SEI 23256/013416/2024-77 / pg. 1



Documento assinado eletronicamente por **Joyce Elanne Mateus Celestino**, **Usuário Externo**, em 20/12/2024, às 21:47, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima**, **Usuário Externo**, em 22/12/2024, às 13:35, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral**, **Professora do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**, em 23/12/2024, às 11:09, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.ifce.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 informando o código verificador **6873175** e o código CRC **375FB82F**.

A Deus.

A minha mãe.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

A minha mãe e irmã, Aila e Adrielle, que vivenciaram os desafios comigo e me ajudaram a vencê-los, agradeço o incentivo, o carinho, o apoio, a paciência, os conselhos e as palavras motivadoras.

Aos amigos e colegas de estudo, em especial Fernanda, Thays, Karoline e os que fazem parte do Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental, agradeço o acolhimento, as conversas e os bons momentos de partilha.

Aos professores e coordenação do PGTGA, principalmente a minha orientadora Nájila Cabral e coorientador Marcelo Teles, que muito contribuíram com minha formação acadêmica, agradeço, as orientações, a atenção e o carinho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa.

Às professoras Joyce Celestino e Patrícia Lima por serem parte da banca examinadora.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo” (Albert Einstein).

RESUMO

A aplicação de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) pode incentivar a conservação e auxiliar na gestão de áreas protegidas, mas não há uma metodologia de valoração específica na legislação brasileira. Assim, o objetivo desta pesquisa é identificar mecanismos para a determinação de PSA em áreas protegidas, e sua aplicabilidade a partir da APA Colina do Horto do Padre Cícero situada no Geopark Araripe, Ceará, por meio da adaptação da metodologia de Pagamento por Serviços Ambientais do Projeto de Crédito Ambiental Paulista, destinado às Reservas Particulares do Patrimônio Natural - CAP/RPPN, para a categoria APA. A primeira etapa da metodologia consistiu em consultar a base de dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) para verificar as propriedades rurais presentes na APA Colina do Horto do Padre Cícero. A análise foi realizada no software livre QGIS versão 3.28. A partir do SICAR foi possível identificar oito imóveis que possuem parte de seus limites dentro da APA. Em seguida, foi calculado o Valor de Referência Anual que mede a importância para a conservação e as ameaças presentes em uma área, multiplicadas pela Unidade Fiscal do município. O Fator importância foi adaptado de modo a tornar a metodologia mais inclusiva e acrescentar outros critérios relevantes para definir o PSA. Quanto ao Fator Ameaças levaram-se em conta as ameaças presentes na área de estudo, a APA Colina do Horto do Padre Cícero. A última etapa foi referente ao cálculo do valor a ser pago aos participantes. A área das propriedades variou de 4 ha a 560 ha, de modo que o tamanho influenciou o valor a ser pago a cada imóvel. A adaptação da metodologia CAP/RPPN para fins de pagamento por serviços ambientais em áreas protegidas se mostrou coerente com os objetivos propostos, podendo significar uma ferramenta a ser replicada para áreas protegidas. A partir do procedimento metodológico foi possível identificar mecanismos para efetivar adaptações metodológicas de PSA e obter informações relevantes sobre os pontos fortes e vulnerabilidades das propriedades, de modo que o instrumento se revelou uma ferramenta valiosa para o monitoramento das ameaças ambientais e auxílio aos gestores.

Palavras-chave: Pagamento por Serviços Ambientais. Áreas protegidas. Área de Proteção Ambiental. Valoração Ambiental. Cadastro Ambiental Rural.

ABSTRACT

The application of Payment for Environmental Services (PES) can encourage conservation and assist in the management of protected areas, but there is no specific valuation methodology in Brazilian legislation. Thus, the objective of this research is to identify mechanisms for the determination of PES in protected areas, and its applicability from the APA Colina do Horto do Padre Cícero located in the Araripe Geopark, Ceará, through the adaptation of the Payment for Environmental Services methodology of the São Paulo Environmental Credit Project, intended for Private Natural Heritage Reserves - CAP/RPPN, for the APA category. The first stage of the methodology consisted of consulting the database of the National Rural Environmental Registry System (SICAR) to verify the rural properties present in the APA Colina do Horto do Padre Cícero. The analysis was performed in the free software QGIS version 3.28. From SICAR it was possible to identify eight properties that have part of their limits within the APA. Then, the Annual Reference Value was calculated, which measures the importance for conservation and the threats present in an area, multiplied by the municipality's Fiscal Unit. The Importance Factor was adapted in order to make the methodology more inclusive and add other relevant criteria to define the PES. As for the Threats Factor, the threats present in the study area, the APA Colina do Horto do Padre Cícero, were taken into account. The last stage was related to the calculation of the amount to be paid to the participants. The area of the properties ranged from 4 ha to 560 ha, so the size influenced the amount to be paid to each property. The adaptation of the CAP/RPPN methodology for the purpose of payment for environmental services in protected areas proved to be consistent with the proposed objectives, and may mean a tool to be replicated for protected areas. From the methodological procedure it was possible to identify mechanisms to effect methodological adaptations of PES and obtain relevant information about the strengths and vulnerabilities of the properties, so that the instrument proved to be a valuable tool for monitoring environmental threats and assisting managers.

Keywords: Payment for Environmental Services. Protected areas. Environmental Protection Area. Environmental Valuation. Rural Environmental Registry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Fluxograma de metodologias de pagamento por serviço ambiental.....	31
Figura 2 — Fluxograma Metodológico.....	37
Figura 3 — Mapa de localização do Geopark Araripe.....	41
Figura 4 — Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero.....	43
Figura 5 — Áreas prioritárias para a conservação na Região Metropolitana do Cariri.....	47
Figura 6 — Propriedades rurais na Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero.....	49
Figura 7 — Imóvel A dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.....	50
Figura 8 — Imóvel B dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.....	51
Figura 9 — Imóvel C dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.....	52
Figura 10 — Imóvel D dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.....	52
Figura 11 — Imóveis E1 e E2 dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.	53
Figura 12 — Imóvel F dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.....	54
Figura 13 — Imóvel G dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.....	54
Figura 14 — Uso e ocupação do solo no município Juazeiro do Norte/CE.....	55
Figura 15 — Uso e ocupação do solo no município Juazeiro do Norte.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Categorias do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.....	20
Quadro 2 — Classificação de Serviços Ecossistêmicos.....	23
Quadro 3 — Métodos de Valoração.....	25
Quadro 4 — Unidades de Conservação presentes no Geopark Araripe UNESCO.....	39
Quadro 5 — Serviços Ecossistêmicos do Geopark Araripe.....	42
Quadro 6 — Metodologias de valoração de iniciativas de PSA no Brasil.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Chave de determinação do Fator de importância.....	33
Tabela 2 -	Crerários para definição do Fator ameaça (F_{am}).....	35
Tabela 3 -	Adaptação dos critérios para definição do Fator de Importância (F_{imp})....	46
Tabela 4 -	Adaptação dos critérios para definição do Fator ameaça (F_{am}).....	48
Tabela 5 -	Resultado do Fator APA para imóveis presentes na APA Colina do Horto do Padre Cícero em Juazeiro do Norte.....	58
Tabela 6 -	Valor de Referência Anual para imóveis rurais presentes na APA Colina do Horto do Padre Cícero.....	59
Tabela 7 -	Expectativa de valor do PSA para o Imóvel A.....	60
Tabela 8 -	Expectativa de valor do PSA para o Imóvel B.....	60
Tabela 9 -	Expectativa de valor do PSA para o Imóvel E2.....	61
Tabela 10-	Expectativa de valor do PSA para o Imóvel C.....	61
Tabela 11-	Expectativa de valor do PSA para o Imóvel E1.....	61
Tabela 12-	Expectativa de valor do PSA para o Imóvel D.....	62
Tabela 13-	Expectativa de valor do PSA para o Imóvel F.....	63
Tabela 14-	Expectativa de valor do PSA para o Imóvel G.....	64

LISTA DE SIGLAS

AEM	Avaliação Ecolossistêmica do Milênio
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CDB	Convenção da Diversidade Biológica
CICES	<i>Common International Classification of Ecosystem Services</i>
COP	Conferência das Partes
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IUCN	União Internacional de Conservação da Natureza
ONU	Organização das Nações Unidas
PFPSA	Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiental
PNPSA	Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
RL	Reserva Legal
SA	Serviços Ambientais
SE	Serviços Ecolossistêmicos
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UC	Unidades de Conservação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	Objetivo Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos.....	18
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1	Áreas Protegidas.....	19
3.2	Serviços Ecológicos.....	22
3.3	Pagamento por Serviços Ambientais.....	27
3.3.1	<i>Procedimentos metodológicos para projetos de PSA.....</i>	30
4	METODOLOGIA.....	36
4.1	Procedimentos metodológicos para a adaptação metodológica.....	36
4.2	Área de estudo de validação da metodologia.....	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1	Identificação das metodologias de valoração para PSA.....	44
5.2	Adaptação da metodologia de Pagamento por Serviço Ambiental do Projeto Crédito Ambiental Paulista destinado às Reservas Particulares do Patrimônio Natural – CAP/RPPN para a categoria Área de Proteção Ambiental (APA).....	45
5.3	Validação do procedimento metodológico para PSA na Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero.....	49
6	CONCLUSÃO.....	66
	REFERÊNCIAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas, especialmente as econômicas, influenciam diretamente a dinâmica dos ecossistemas por meio das mudanças de uso e ocupação do solo e do consumo dos recursos naturais. Processos que se tornaram mais intensos a partir da Revolução Industrial e com o crescimento populacional, que alteram a qualidade dos ecossistemas e a disponibilidade dos serviços prestados por eles.

Em meados da década de 1970 com o uso indiscriminado dos recursos naturais, e a evidência dos decorrentes problemas ambientais, começaram a surgir debates sobre o meio ambiente e em 1972 aconteceu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, conhecida como Conferência de Estocolmo, que reconheceu o problema e a necessidade de agir para mitigá-lo (ONU, 1972).

Os debates avançaram com o passar dos anos, porém os recursos da biodiversidade continuaram a ser explorados de modo insustentável, o que acarretou degradação de ecossistemas e perda de diversidade genética.

Por isso, em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento foi aberta a Convenção da Diversidade Biológica (CDB) que estabelece como objetivos a conservação da diversidade biológica, o uso sustentável dos seus componentes e a repartição justa e equitativa dos seus benefícios. Além disso, no âmbito da CDB foi criada a Conferência das Partes (COP) para tratar das questões relacionadas à biodiversidade.

Na tentativa de conter a perda de biodiversidade global a COP 10 realizada em 2010, na cidade de Nagoya, Província de Aichi, no Japão teve como um de seus resultados o Plano Estratégico para Biodiversidade 2011-2020, que estabeleceu vinte metas internacionais conhecidas como Metas de Aichi (BRASIL, 2017). Tendo em vista a importância dos ecossistemas, dos serviços fornecidos por eles e a pressão cada vez maior que estes sofrem, a meta 11 é relacionada a conservação de áreas importantes para a biodiversidade e serviços ecossistêmicos (SE) por meio da criação de áreas protegidas.

A legislação brasileira inseriu a criação destes espaços como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), Lei Federal nº 6.938 de 1981, estabeleceu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), Lei Federal nº 9.985 de 2000 e definiu outros espaços protegidos no Código Florestal Brasileiro, Lei Federal nº 12.651 de 2012, além de possuir áreas protegidas enquadradas em outras categorias.

Contudo, ao analisar o *status* de cumprimento das Metas de Aichi o 5º Panorama da Biodiversidade Global (GBO-5), criado pela CDB, destacou que a nível global em 2020 a maioria das metas haviam sido apenas parcialmente atendidas.

No caso do Brasil a meta 11 foi alcançada estatisticamente, com mais de 17% de áreas terrestres e 10% de áreas marinhas conservadas por áreas protegidas, mas elementos importantes como representatividade ecológica e gestão efetiva das áreas conservadas não foram atingidos (CDB, 2020; OLIVEIRA; NOVÔA; SALVIO, 2023). Verifica-se que apesar da criação de novas áreas protegidas e mesmo sendo um importante instrumento de gestão ambiental para garantir proteção de ecossistemas, desenvolvimento sustentável, e com seus múltiplos benefícios estes espaços passam por problemas devido à falta de recursos financeiros e humanos, o que pode causar danos aos ecossistemas (CABRAL; SILVA, 2021; PISANI *et al.*, 2021; LESSA *et al.*, 2021).

Diante disso é necessário fortalecer os mecanismos de proteção das áreas protegidas, além de demonstrar suas contribuições, tangíveis e intangíveis para a sociedade. Assim, novas metas foram traçadas e entre elas têm-se que até 2050 deve-se valorar, manter ou aprimorar as contribuições da natureza para as pessoas por meio da conservação (GOMES *et al.*, 2022). De acordo com o novo Plano de Ação Global estabelecido no âmbito da CDB, pelo menos 30% das áreas terrestres e marinhas devem ser conservadas por meio de áreas protegidas e 30% dos ecossistemas degradados, em escala global, ser restaurados até 2030 (CDB, 2022; 2024).

A valoração ambiental torna-se então um instrumento de auxílio neste desafio, pois é um meio de estimar o valor desses espaços e de seus serviços para a economia e sociedade, evidenciando sua relevância de forma monetária, de modo que ajude na tomada de decisões, inclusive de investimentos.

Ademais, por meio da valoração é possível delimitar áreas prioritárias a serem conservadas e incentivar a criação de mecanismos de apoio financeiro como Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), contribuindo para políticas públicas ambientais e sustentabilidade.

No Brasil o PSA foi incluído na legislação como instrumento econômico na Lei Federal nº 12.651 de 2012, mas apenas no ano de 2021 foi criada a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, Lei Federal nº 14.119. Ainda assim, alguns estados brasileiros implementaram PSA ao longo dos anos, porém a metodologia desses projetos não possui um padrão e nem todas as iniciativas tiveram prosseguimento devido à falta de regulamentação.

No Estado do Ceará a Lei Estadual nº 18.427 de julho de 2023 institui a Política Estadual sobre Pagamento por Serviços Ambientais com o objetivo de promover e incentivar preservação e conservação no Estado por meio do princípio do provedor-recebedor. Referida legislação até dezembro de 2024 ainda não estava regulamentada e, portanto, sem efetividade operacional.

Referente às áreas protegidas o Geopark Araripe, localizado no Estado do Ceará, faz parte da Rede Global de Geoparks apoiada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura – UNESCO e teve seu reconhecimento no ano 2006 sendo o primeiro Geopark das Américas. Além dos 59 geossítios de valor ambiental, cultural e histórico que possui, dos quais 11 atualmente são passíveis de visitação, no território dos seis municípios em que o Geopark está inserido, existem 15 Unidades de Conservação (CABRAL, 2021).

O Geopark Araripe inclui em seu planejamento estratégico ações voltadas para geoconservação e geoeducação (CEARÁ, 2023). No entanto, apesar da boa governança e gestão de manejo do Geopark foram identificados alguns problemas como desmatamento e queimadas na região na qual está situado, por exemplo, no município Juazeiro do Norte/CE em que está localizado o geossítio Colina do Horto (SOUZA *et al.*, 2023).

Desse modo, visando promover a ordenação dos processos de uso e ocupação, a proteção e a conservação dos ecossistemas e dos recursos hídricos, além de recuperação de áreas degradadas e turismo sustentável, foi criada no ano de 2022 a Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero.

A aplicação de PSA para pequenos produtores rurais pode contribuir com a mitigação das mudanças climáticas através do incentivo à participação social na restauração de ecossistemas degradados, na conservação de ecossistemas que fornecem recursos hídricos e no manejo sustentável dos recursos naturais.

Por isso, a adaptação de métodos de valoração para PSA em áreas protegidas pode colaborar significativamente com a gestão desses espaços, inclusive no alcance dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável, da Agenda 2030 e os compromissos e acordos internacionais dos quais o país é signatário.

Assim, essa pesquisa se justifica ao demonstrar a relevância da Área de Proteção Ambiental e dos serviços ecossistêmicos que fornece, destacar a importância e os benefícios de um PSA na conservação da biodiversidade e no bem-estar das comunidades locais. Além de colaborar com a legislação ambiental estadual ao propor uma adaptação metodológica, visto que o Brasil não possui uma metodologia padrão de Pagamento por Serviço Ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Identificar mecanismos para a determinação de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) em áreas protegidas e sua aplicabilidade a partir da Área de Proteção Ambiental – APA da Colina do Horto do Padre Cícero, situada no Geopark Araripe, Ceará.

2.2 Objetivos Específicos:

- Identificar as metodologias de Pagamento por Serviço Ambiental;
- Adaptar a metodologia de Pagamento por Serviços Ambientais do Projeto de Crédito Ambiental Paulista destinado às Reservas Particulares do Patrimônio Natural -CAP/RPPN (SÃO PAULO, 2013) para a categoria Área de Proteção Ambiental - APA;
- Verificar a aplicabilidade do procedimento metodológico para pagamento por serviço ambiental na Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo aborda o referencial teórico relativo à temática estudada e relevante para o desenvolvimento da pesquisa, apresentando considerações sobre o conceito e entendimento de áreas protegidas, serviços ecossistêmicos e ambientais, a classificação desses serviços, os métodos de valoração ecossistêmica e pagamento por serviços ambientais.

3.1 Áreas Protegidas

A degradação e outros impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas se tornaram maiores no contexto das mudanças climáticas e têm instigado a sociedade a refletir sobre a sua relação com a natureza, visto que esses impactos prejudicam o funcionamento e a resiliência dos ecossistemas e ameaçam a sua capacidade de fornecer continuamente o fluxo de serviços necessários para a humanidade (AZEVEDO, 2018; PRESSI e CASTRO, 2023).

Com a constatação que áreas protegidas são instrumentos de conservação de sistemas ambientais no contexto internacional, a criação da União Internacional de Conservação da Natureza (UICN), as Conferências sobre meio ambiente, a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) e políticas ambientais no Brasil como a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), a Constituição Federal Brasileira de 1988 e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, o número de áreas protegidas cresceu exponencialmente, mas a finalidade e eficiência desses espaços ainda levanta debates (VILELA; MALKY-HARB; MENDIZABAL-VERGARA, 2022; FÉLIX; FONTGALLAND, 2021).

A CDB define áreas protegidas, em seu artigo 2º, como “área definida geograficamente que é destinada, ou regulamentada, e administrada para alcançar objetivos específicos de conservação” (BRASIL, 2000). Já a UICN (Borrini-Feyerabend *et al.*, 2017, p.5) define como:

“Espaço geográfico claramente definido, reconhecido, com objetivo específico e manejado através de meios eficazes, sejam jurídicos ou de outra natureza, para alcançar a conservação da natureza no longo prazo, com serviços ecossistêmicos e valores culturais associados”.

No âmbito da UICN essas áreas podem incluir terras, águas interiores como lagos e rios, zonas marinhas e costeiras ou uma combinação de duas ou mais destas que são classificadas em seis categorias de gestão: Ia) Reserva natural estrita; Ib) Área silvestre; II)

Parque nacional; III) Monumento ou característica natural; IV) Área de gestão de habitats/espécies protegidas; V) Paisagem terrestre ou marinha; e VI) Áreas protegidas com uso sustentável dos recursos naturais.

Nessa perspectiva o Brasil possui diversos tipos de áreas protegidas incluindo Unidades de Conservação, Parques Urbanos, Reservas de Biosfera, Reserva Legal, Servidão Ambiental, Terras Indígenas e Quilombolas, Áreas de Preservação Permanente (APP) que englobam margens de rios, nascentes, topos de morros, dunas e outras (BRASIL, 2012).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), Lei Federal nº 9.985 de 2000, estabelece doze categorias de Unidades de Conservação (UC) nas quais cinco são de Proteção Integral e sete de Uso Sustentável, conforme o Quadro 1. As UC podem ser públicas ou privadas e de uso direto ou indireto dos recursos naturais a depender de seu grupo e categoria.

Quadro 1 – Categorias do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

Grupo	Proteção Integral	Uso Sustentável
Categoria	Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; Refúgio de Vida Silvestre.	Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva de Fauna; Reserva Extrativista; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Fonte: adaptado de Brasil (2000).

No âmbito das florestas, por fornecerem múltiplos serviços ecossistêmicos a conservação da sua biodiversidade foi inserida como parte integrante da gestão florestal, incluindo áreas protegidas e manejo florestal integrado, ainda assim os desafios para a implementação de novas técnicas sugerem a necessidade de novas políticas adaptativas e inovadoras voltadas para a conservação (AGGESTAM *et al.*, 2020).

Visto que determinadas atividades humanas como as mudanças de uso do solo podem causar degradação e impactar benefícios ofertados pelos ecossistemas, os SE, as unidades de conservação funcionam como fonte desses serviços e proteção da biodiversidade. Salientar

essa associação ressalta a importância de proteger alguns espaços (SILVA; BELTRÃO; MORALES, 2021).

Desse modo, Baranovisk *et al.* (2022) afirmam que é importante estabelecer áreas protegidas em terras privadas a fim de aumentar as áreas disponíveis à conservação, inclusive por meio de incentivos como PSA e servidão ambiental, devido às ameaças de perda de biodiversidade nessas áreas.

Niemeyer e Vale (2022) indicam que políticas de uso da terra, especialmente na Caatinga, são voltadas em sua maioria para a agricultura convencional e reforçam a dependência de políticas voltadas a conservação da biodiversidade e dos SE para reduzir vulnerabilidades, promover adaptação às mudanças climáticas e desenvolvimento do semiárido brasileiro.

Assim, ainda que as ações que visam minimizar os impactos ambientais negativos pela redução de uso dos mesmos sejam importantes, não são o suficiente, é necessário estimular a reposição da biodiversidade e consequente estoque de SE, pois o modo de consumo e exploração dos recursos naturais implica diretamente na redução de biodiversidade e funcionamento dos ecossistemas (REALE; RIBAS; LINDENKAMP, 2022).

Vale ressaltar que o Código Florestal, Lei Federal nº 12.651/12, e outras políticas ambientais brasileiras, estimulam e/ou obrigam a restauração de ecossistemas, por exemplo, em Áreas de Preservação Permanente. Mas, de acordo com Fernandes *et al.* (2020, p. 2):

“O intenso desmatamento no bioma Caatinga tem contribuído para as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e para a perda do seu potencial como fornecedor de importantes serviços ecossistêmicos à sociedade, como a manutenção da fertilidade natural do solo e da disponibilidade hídrica.”

Assim, a criação de áreas protegidas é uma estratégia de conservação utilizada no intuito de cumprir uma das metas de Aichi e frear os impactos ocasionados devido à pressão antrópica sobre os recursos naturais. Contudo, mesmo que estatisticamente o Brasil tenha alcançado a meta 11, as suas áreas protegidas não estão bem distribuídas e nem todas possuem ferramentas concretas de gestão (GOMES *et al.* 2022), com grande parte das UC criadas apresentando dificuldade na elaboração e implementação dos planos de manejo e conselhos gestores (ASSIS; FARIA; BAYER, 2021).

Como no aspecto geral as Metas de Aichi foram apenas parcialmente cumpridas, o último relatório do IPCC (2022) reforçou a necessidade de conservação e aumentou as metas, objetivando proteger entre 30% e 50% dos ecossistemas terrestres e marinhos da Terra.

Em relação aos biomas, mesmo rica em biodiversidade a Caatinga é um dos mais ameaçados do país, recebendo pouca atenção científica e de investimentos, o que acaba refletindo em questões de conservação (TEIXEIRA *et al.*, 2020; NIEMEYER; VALE, 2022), de forma que suas UC não são representativas em questão de geodiversidade e ecorregiões, além disso são em grande maioria Áreas de Proteção Ambiental (APA) da categoria de uso sustentável, que permite o uso direto dos recursos naturais e apresentam maiores dificuldades de gestão (ASSIS; FARIA; BAYER, 2021; GOMES *et al.* 2022).

3.2 Serviços ecossistêmicos

O termo “serviços ecossistêmicos” é relativamente recente sendo usado pela primeira vez no final da década de 1960, e mesmo com pesquisas publicadas posteriormente ganhou maior reconhecimento na comunidade científica apenas na década de 1990 a partir de estudos como o de Daily (1997) e Constanza *et al.* (1997) que valorou 17 serviços ecossistêmicos (ANDRADE, 2010; SIMPÓSIO DA CIENCIA DO AGRONEGÓCIO, 2018; GOMES, 2019; SALDANHA, 2020; NASCIMENTO, 2022).

A temática ganhou destaque mundial nos anos 2000 após a iniciativa do ex-Secretário-Geral das Nações Unidas em solicitar a elaboração da Avaliação Ecossistêmica do Milênio, que foi conduzida sob patrocínio das Nações Unidas com o objetivo de avaliar as consequências das mudanças nos ecossistemas sobre o bem-estar humano, e estabelecer uma base científica que fundamenta as ações necessárias para assegurar conservação e uso sustentável dos ecossistemas (AEM, 2005; SANTOS, 2018; SALDANHA, 2020; NASCIMENTO, 2022).

Os serviços ecossistêmicos possuem muitas conceituações e nomenclaturas devido às diversas áreas em que passaram a ser estudados, de modo que apesar de não haver consenso na literatura muitas vezes o termo “Serviços ambientais” (SA) é utilizado como seu sinônimo.

No entanto, de acordo com Saldanha (2020) e Pimenta Junior e Tinôco (2021) os SA são referentes aos serviços oriundos de atividades humanas como manejo e os SE daqueles que ocorrem naturalmente, além disso, enquanto o primeiro termo é utilizado em uma perspectiva técnica o segundo é mais empregado em âmbito científico.

Dentre tantas definições os serviços ecossistêmicos podem ser entendidos como os benefícios que as pessoas recebem dos ecossistemas (AEM, 2005), como benefícios diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir dos ecossistemas (ANDRADE, 2010) e como as

condições e os processos a partir dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os constituem, sustentam e permitem a vida humana (GOMES, 2019).

Da mesma forma que os serviços ecossistêmicos possuem diferentes definições eles também possuem mais de uma classificação, tanto pela diversidade de estudos em diferentes áreas como pela complexidade e interconexão das funções ecossistêmicas nas quais um único serviço ecossistêmico pode ser resultado do processo de duas ou mais funções (ANDRADE, 2010; GOMES, 2019).

Porém, geralmente três categorias sempre estão inseridas, são elas: regulação, provisão e culturais. Categorias que estão inclusas na *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES).

A Classificação dos Serviços Ecossistêmicos possui variações. Alguns autores, conforme o Quadro 2, utilizam outras nomenclaturas para a categoria de serviços culturais e acrescentam a categoria ‘suporte’ ou ‘apoio’ em suas classificações.

Quadro 2 – Classificação de Serviços Ecossistêmicos

Fonte da Classificação	Groot <i>et al.</i> (2002)	AEM (2005)	TEEB (2012)	Silva, Beltrão e Morales (2021)	CICES (2023)
Categorias	Provisão	Provisão	Provisão	Provisão	Provisão
	Regulação	Regulação	Regulação	Regulação	Regulação ou/manutenção
	Informação	Culturais	Culturais	Culturais	Culturais
	Habitat	Suporte	Habitat	Manutenção	-

Fonte: Adaptado de GROOT *et al.* (2002), AEM (2005), TEEB (2012), SILVA; BELTRÃO; MORALES (2021) E CICES (2023).

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio reconheceu quatro categorias com base nos estudos de Groot *et al.* (2002), Costanza *et al.* (1997), Daily (1997) entre outros que demonstravam os processos das funções ecossistêmicas e a ‘aquisição de valor’ traduzidos como bens e serviços úteis para os seres humanos.

Em consonância os serviços ecossistêmicos de provisão estão relacionados às saídas energéticas, nutricionais e materiais dos ecossistemas e abrangem a capacidade deles em fornecer uma ampla variedade de bens tangíveis essenciais para a subsistência e o desenvolvimento humano, incluindo a oferta de água, de alimentos e de matéria-prima, ou seja, produtos fornecidos naturalmente pelos ecossistemas (ANDRADE, 2010; RABELO, 2014; FERREIRA, 2018).

Quanto aos serviços de regulação e manutenção, abrangem todas as formas de controle e modificação dos ecossistemas que afetam o bem-estar humano. Dentre as funções de regulação encontramos diversas funções como prevenção de distúrbios, fornecimento de água e regulação do ciclo hidrológico, regulação do clima, polinização e controle biológico. (MARROCOS, 2018; BARCELOS *et al.*, 2020; SALDANHA, 2020).

Os serviços culturais abrangem os benefícios não materiais fornecidos pela dinâmica ecológica, com propósitos educacionais, recreativos, espirituais e estéticos. Inclui elementos não materiais significativos do ecossistema, como a beleza paisagística, herança cultural e lazer, representando benefícios imateriais obtidos deles. Atividades como ecoturismo, geração de conhecimento tradicional e formal, bem como experiências estéticas, estão inseridas nessa categoria de serviços culturais (ARAÚJO, 2018; GOMES, 2019).

Os serviços de suporte, que aparecem muitas vezes com as nomenclaturas: manutenção, habitat, apoio, são aqueles necessários para a existência de outros serviços e manutenção da biodiversidade como formação e retenção do solo, ciclagem de nutrientes e refúgio para fauna e flora.

De acordo com Santos (2018) a CICES não apresenta a categoria de serviços de suporte pois os geógrafos responsáveis por sua proposta, Potschin e Haines-Young, acreditam que sua inclusão é desnecessária porque os serviços estão relacionados com as funções e processos ecológicos.

Conhecer os serviços ecossistêmicos e sua classificação é importante para compreender os fluxos e processos dos quais fazem parte, além de auxiliar na elaboração de estudos voltados para mapeamento e valoração desses serviços.

No contexto do semiárido brasileiro apesar das diversas abordagens de identificação dos SE são poucas as pesquisas destinadas a temática e estas não adotam uma metodologia padrão (CHAVES *et al.*, 2021).

A valoração ambiental é bastante utilizada quando se quer mensurar os benefícios de áreas protegidas, servindo como auxílio nas tomadas de decisões. Ela pode ser voltada para valores de uso direto (provisão), indireto (regulação) e de opção (preservação de habitats), ou

valores de não uso, que são os de legado (valores culturais) e os de existência (proteção de habitats e espécies em extinção) (SOARES, 2020).

Referente às formas de valorar um ecossistema existem muitos métodos de valoração, contudo a maior parte dos estudos ainda utilizam os métodos tradicionais aplicando-os em conjunto ou desenvolvendo outros métodos a partir deles. Esses métodos são classificados conforme o Quadro 3.

Quadro 3 – Métodos de valoração

Métodos diretos	Métodos indiretos
Avaliação contingente	Produtividade marginal
Preços hedônicos	Mercado de bens substitutos: Custos evitados; custos de controle; custos de reposição; custos de oportunidade
Custo de viagem	

Fonte: Adaptado de SOARES (2020).

Soares (2020, p. 55-60) discorre sobre os métodos de valoração e as técnicas utilizadas por eles:

“O método de produtividade marginal fundamenta-se no uso do preço de mercado para compor o valor econômico do recurso. Já o método de mercado de bens substitutos emprega a mesma técnica do método de produtividade marginal, a do preço de mercado, mas a base de cálculo dessa técnica consiste na reposição dos gastos requeridos para repor um bem ambiental avariado pela poluição ou pelo uso inadequado. O método de valoração contingente é relacionado a função de demanda baseada na vontade dos indivíduos em pagar para ter um recurso ambiental ou aceitar compensação por o perder. O preço hedônico utiliza um bem privado ou serviço ambiental cujo preço implícito é obtido pela identificação do valor do bem complementar. O método de custo de viagem considera a demanda de atividades recreacionais, cuja valoração ocorre por meio da estimativa de gastos para usufruir do bem.”

Contudo, devido à dificuldade em mensurar todos os benefícios fornecidos pelos ecossistemas, a maior parte dos estudos nessa temática utilizam o método de valoração contingente, que possui muitas críticas por não abranger serviços considerados importantes. Essa preferência pode ser explicada por ser mais difícil mensurar os serviços de provisão e regulação.

Visto a necessidade de melhorias nos métodos de forma a facilitar e incentivar a aplicação de valoração envolvendo mais serviços ecossistêmicos, além de benefícios sociais e econômicos, diversos estudos (SANTOS, 2018; ARAÚJO, 2018; GOMES, 2019; SALDANHA, 2020; BARCELOS *et al.*, 2020; CHAVES *et al.*, 2021; PIMENTA JUNIOR; TINÔCO, 2021; SILVA; BELTRÃO; MORALES, 2021; FARINHA *et al.*, 2023) de valoração são realizados mundialmente buscando demonstrar a importância de espaços protegidos com a aplicação desses métodos. Adequando-os quando necessários ou utilizando-os em conjunto para garantir uma visão mais abrangente, de forma a demonstrar seu valor econômico e ambiental para a sociedade.

Por exemplo, devido às críticas aos métodos tradicionais Clara *et al.* (2018); Ferreira (2018); Norton e Hynes (2018); Gomes (2019); e Grilli *et al.* (2020) utilizaram o método de valoração contingente aliado a outros no intuito de captar diferentes serviços ecossistêmicos em suas análises. Ademais, autores como Kokkoris *et al.* (2019); Lau *et al.* (2019); e Lessa *et al.* (2021) utilizaram novos métodos para realizar estudos de valoração.

Conforme Hipólito *et al.* (2019), utilizar dois ou mais métodos de valoração em conjunto permite uma visão mais abrangente dos serviços fornecidos. Isto se reflete na complexidade das variáveis, nos dados necessários para a valoração e na necessidade de mais pesquisas que auxiliem e facilitem a aplicação da valoração ecossistêmica de forma holística.

Pisani *et al.* (2021), mapearam as principais técnicas de valoração de serviços ecossistêmicos, concluindo que há poucos estudos focados em áreas protegidas, mas que estimar seu valor monetário é uma opção para garantir a gestão dos ecossistemas.

Ou seja, a valoração é considerada um instrumento de apoio para a gestão de áreas protegidas inclusive na criação de mecanismos que auxiliam financeiramente a mantê-las, por exemplo, Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) (NIELSEN *et al.*, 2018; MANTYMAA *et al.*, 2018; GRILLI *et al.*, 2021).

Clara *et al.* (2018); Sriarkarin e Lee (2018); Norton e Hynes (2018); Server e Verbic (2019); Castillo-Eguskitza *et al.* (2019); Pakhtigian e Jeuland (2019) e Borger *et al.* (2020), afirmam que a valoração de serviços ecossistêmicos é uma importante ferramenta nas tomadas de decisão para a conservação da natureza, ressaltando que apesar das limitações dos métodos de valoração, ela pode fornecer um meio de entender as preferências da sociedade pelo ambiente, a fim de implementar estratégias adequadas de conservação, ponto que deve ser observado na gestão ambiental.

Porém, há mais estudos voltados para a quantificação dos serviços ecossistêmicos do que relacionados à valoração do ponto de vista social (REGALADO; AGUIRE; DIAZ, 2021).

Dessa forma, é necessário reforçar a importância da participação social para entender as necessidades da população e como são captadas as diferentes formas de valor dos serviços ecossistêmicos, para promover uma gestão equitativa e sustentável, quesito que as metodologias comuns ainda não conseguem alcançar e que é fundamental para a tomada de decisões justas (LAU *et al.*, 2019).

Desse modo, Nelson *et al.* (2020), afirmam que é necessário incorporar os benefícios para o bem-estar humano nos métodos de valoração com o intuito de que ela seja significativa e que traduza efetivamente as vantagens dos serviços ecossistêmicos para os tomadores de decisão.

3.3 Pagamento por Serviços Ambientais

As mudanças de uso do solo que geram degradação, como desmatamento, resultam em empobrecimento da biodiversidade, perda de SE e emissão de gases de efeito estufa, portanto, a adoção de práticas sustentáveis como a restauração de florestas pode ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas (FERNANDES *et al.*, 2020).

Essas iniciativas dependem que a governança em nível local seja eficaz, contudo, existem barreiras para a conservação, entre elas a forma como a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos são entendidos em um contexto local, político e sociocultural; o conhecimento técnico-científico sobre esses tópicos e a forma como são passados (SHIH *et al.*, 2020).

Ao realizar e avaliar projetos de conservação, Corrêa *et al.* (2020) sugerem que se deve levar em conta a dimensão temporal dos impactos, inclusive políticos, os recursos alocados e compreender quais são os incentivos, explícitos, necessários para que os atores locais participem.

De acordo com Aggestam *et al.* (2020) os aspectos socioculturais são um dos principais fatores determinantes para a implementação de projetos voltados para conservação na gestão florestal da Europa, o que segundo os autores, indica que a forma como as pessoas percebem as florestas e a gestão florestal determina o desempenho dos projetos. Assim, é necessário levar em consideração o contexto de cada localidade ao se propor políticas desse tipo.

Golub *et al.* (2021) encontraram como barreiras a restauração florestal no estado brasileiro de Mato Grosso a incerteza nos mercados de carbono, o capital inicial a ser investido e os custos de oportunidade da conservação, de modo que instrumentos financeiros podem incentivar os agricultores e impulsionar a conservação.

Programas de Pagamentos por Serviços Ambientais passaram a ser utilizados como meio de conservar a biodiversidade e mitigar as mudanças climáticas (CLEMENTS *et al.*, 2021) pois permitem aplicação para conservação e recuperação de áreas já degradadas (ALMEIDA; SILVA; SANTOS, 2019), porém, é valido ressaltar a importância de análises custo-benefício dos projetos a fim de evitar que os fundos de conservação sejam utilizados de modo ineficiente (GIUDICE; BORNER, 2021).

No Brasil os PSA são definidos pela Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais (PNPSA), Lei Federal nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021, em seu artigo 2º, incisos III a VI como uma transação de natureza voluntária, mediante a qual um pagador de serviços ambientais transfere a um provedor desses serviços, pessoa física ou jurídica que mantém, recupera ou melhora as condições ambientais dos ecossistemas, recursos financeiros ou outra forma de remuneração (BRASIL, 2021).

A PNPSA traz em seu escopo o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA) que tem como ações a recuperação e recomposição da cobertura vegetal nativa de áreas degradadas, por meio do plantio de espécies nativas ou por sistema agroflorestal; o manejo sustentável de sistemas agrícolas, agroflorestais e agrossilvopastoris que contribuam para captura e retenção de carbono e conservação do solo, da água e da biodiversidade (BRASIL, 2021).

Para Chen *et al.* (2022, p. 9) “um projeto de restauração de ecossistemas pode ser econômico (em termos de melhoria do bem-estar), mesmo que os custos de restauração sejam elevados”, contudo, resalta a importância de incluir a incerteza da taxa de sucesso na análise.

Desse modo, a valoração econômica de SE pode basear tomadas de decisão para uma gestão sustentável, visando a restauração de terras e formulação de políticas de conservação, com o planejamento estratégico de energia e turismo, além de ser útil em análises de custo-benefício (COOK; DAVÍÐSDÓTTIR, 2022).

Fouqueray *et al.* (2022) em seu estudo com diferentes gestores florestais na França observaram que a percepção da população local foi uma das principais preocupações dos participantes, especialmente em uma área reconhecida como Patrimônio Mundial da UNESCO. Em relação aos PSA, os programas foram citados, principalmente por gestores de áreas protegidas, visto que os SE de provisão estavam ameaçados pelas alterações climáticas, contudo os programas para créditos de carbono visavam em sua maioria florestas privadas.

Nesse contexto, Baranovskis *et al.*, (2022) em seu estudo com proprietários de florestas privadas na Europa, concluíram que restrições relacionadas à conservação poderiam

ser aceitas por donos de propriedades maiores em troca de compensação justa, enquanto outros proprietários consideraram aceitar restrições voluntárias.

Távora, Silva e Turetta (2018, p.44) alegam que os PSA devem ser “voltados para os pequenos agricultores, para a agricultura familiar e para as populações tradicionais [...] os programas devem ser feitos de acordo com as demandas e interesses de cada grupo e de cada territorialidade.”

Os PSA foram mencionados por Colman *et al.* (2022) como mecanismos de controle e incentivo à conservação de áreas protegidas como Reserva Legal (RL) e Área de Preservação Permanente (APP) no Cerrado brasileiro.

Demarchi *et al.* (2023) analisaram a eficiência de um projeto local de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+) na Amazônia brasileira, que incluía PSA, verificando que houve redução do desmatamento durante os primeiros anos de implementação e que os benefícios do programa superaram os custos. No entanto, o programa não alcançou uma mudança permanente em relação às práticas dos agricultores.

Isyaku (2021) defende que as práticas de conservação realizadas pelas comunidades não estão relacionadas apenas aos incentivos financeiros, mas em grande parte por razões complexas como a percepção dos valores florestais, a ligação com a natureza e com o lugar.

Os PSA podem ser desenvolvidos a partir de diferentes estratégias e objetivos, visando um ou mais tipos de SE, portanto, para atender as necessidades da comunidade em que será implementado Benra *et al.* (2022) sugerem reconhecer os contextos locais e alinhar estratégias que foquem em resultados sociais e ecológicos.

No Brasil, a maioria das iniciativas de PSA são voltadas para conservação de nascentes, recuperação e manejo florestal (MAIA, 2022). Contudo, mesmo que os projetos, presentes na legislação como incentivos econômicos, sejam em maioria de recursos hídricos (PENKAITIS; IMBERNON; VASCONCELOS, 2020) muitos adotam a conservação de florestas para proteger o ciclo hidrológico e assegurar o serviço ecossistêmico de provisão de água (COELHO; GOMES; CASSANO, 2021).

Como exemplo, o Estado de Pernambuco implantou dois programas de PSA como mecanismos de conservação de água e florestas entre os anos de 2010 e 2013, mas a falta de legislação regulamentando PSA na época se constituiu em uma barreira para o avanço dos programas (REIS *et al.*, 2018).

Em relação às pesquisas, nacionalmente há um crescente interesse no que se refere a PSA com foco na preservação dos recursos hídricos no âmbito internacional a conservação de florestas (GARCIA; LONGO, 2019). Quanto aos projetos, apesar dos desafios enfrentados, o

número de PSA hídricos cresceu no Brasil, a maior parte implementada nas regiões sudeste e sul, respectivamente (PRADO *et al.*, 2019).

Quanto a conservação florestal o Fundo Amazônia apoia diversos projetos de PSA com muitas das atividades voltadas para a execução de técnicas agrícolas mais sustentáveis (SALLES; SALINAS; PAULINO, 2017), entre eles o Bolsa Floresta que objetiva conter o desmatamento e melhorar a qualidade de vida de populações tradicionais residentes em UC estaduais na Amazônia (FUNDO AMAZÔNIA, 2023).

Algumas iniciativas que se destacam no país são: o Programa Produtor de Águas, da Agência Nacional de Águas (ANA), que visa proteção hídrica e possui projetos implementados em vários estados do país, sendo a maior parte na região sudeste; o programa Oásis da Fundação Grupo Boticário que tem projetos em vários estados e tem objetivo de estimular conservação de áreas naturais e biodiversidade; ademais, iniciativas do governo como o programa Reflorestar do Espírito Santo e o Projeto CAP/RPPN de São Paulo.

Outras iniciativas foram criadas a partir de leis municipais como o caso do Conservador das Águas, criado em Extrema/MG, para manter a qualidade da água do município por meio de adequação ambiental das propriedades rurais e o Programa Manancial Vivo em Campo Grande/MS que possui dentre seus objetivos segundo Melges, Figueiredo Neto e Benini (2021, p. 917) “viabilizar recursos para a execução de projetos e propor ações de conservação e recuperação de áreas degradadas em bacias hidrográficas, entre outros”.

No Estado do Ceará o Programa Produtor de Água, no município Crato/CE, também conhecido como Águas do Araripe instituído pela Lei Municipal nº 3.296 de 2017 dispõe em seu artigo 1º que tem como objetivo “promover a melhoria da qualidade das águas e assegurar a disponibilidade dos recursos hídricos por meio da mobilização da sociedade civil para o cuidado e a conservação das nascentes (...)” (CRATO, 2017).

A experiência desse município pode contribuir com a proposta para a Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero ao apresentar os desafios enfrentados na região em que o Geopark está localizado e as soluções aplicadas, além de resultados consolidados sobre os valores econômicos atribuídos aos recursos naturais, que podem servir de referência e auxílio para a adaptação na área de estudo.

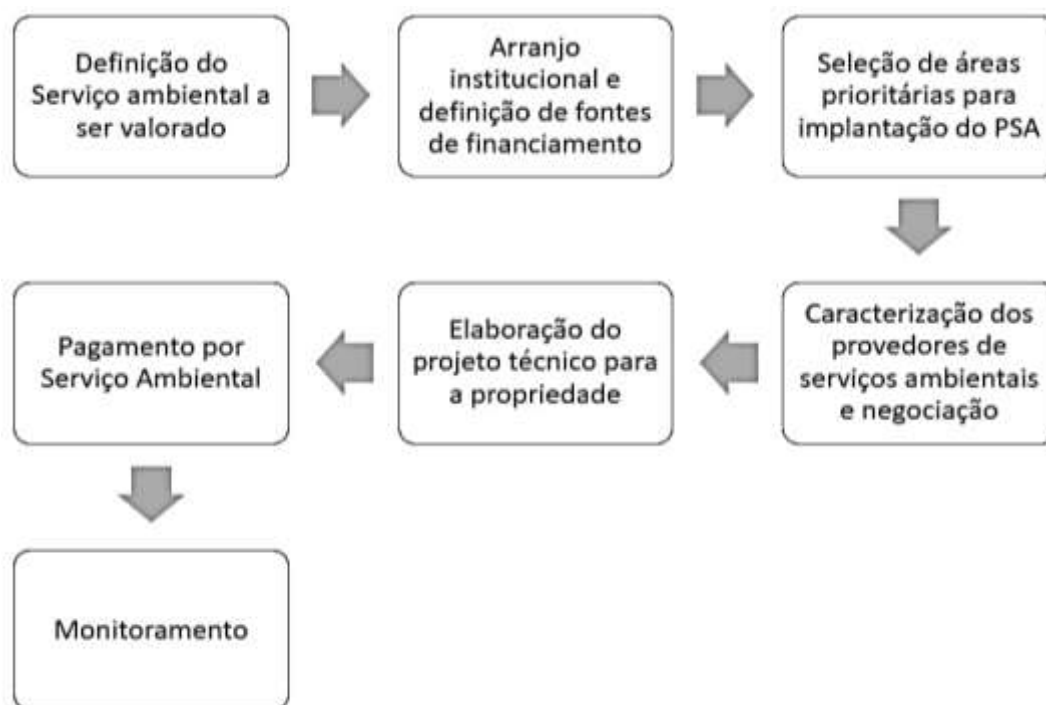
3.3.1 Procedimentos metodológicos para projetos de Pagamento por serviços ambientais

Por razão das diferenças nas áreas em que se encontram e que interferem em contexto e biodiversidade, nas modalidades dos programas, nos serviços ecossistêmicos e ambientais

em que focam e nas atividades condicionantes a serem realizadas existem diferentes metodologias de PSA, inclusive de programas e/ou projetos que são voltados para o mesmo tipo de serviço.

Porém, existem alguns padrões como o arcabouço jurídico, as características dos produtores de serviços ambientais e das propriedades, as fontes de recurso, monitoramento e as formas de operacionalização (COELHO; GOMES; CASSANO, 2021; MAIA, 2022; FERREIRA *et al.*, 2024). A seguir, a Figura 1 apresenta um modelo de fluxograma dos projetos de PSA.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia de Pagamento por Serviços Ambientais.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Para se implementar PSA é necessário seguir alguns passos, por exemplo, definir objetivos e metas, o serviço ambiental que se quer compensar, o arranjo institucional, as áreas prioritárias para implementação e caracterização dos provedores de serviço ambiental, em geral pequenos proprietários rurais.

A elaboração do projeto técnico das propriedades é uma etapa que pode variar sendo proposta pelos proprietários no momento de inscrição ou efetuada pela equipe do programa. Quanto ao pagamento pelos serviços pode ser definido um valor fixo ou aplicado o custo de oportunidade, o custo de reposição ou a porcentagem de abatimento de erosão como critérios de valoração, mas nem todos os programas indicam a metodologia de valoração e os

indicadores utilizados por eles. Ademais, a área destinada ao PSA, as ameaças à conservação e as práticas sustentáveis realizadas pelos provedores podem ser utilizadas para a definição do pagamento (COELHO; GOMES; CASSANO, 2021).

Por exemplo, o Programa Conservador de Águas definiu um valor fixo a ser pago aos produtores que corresponde a cem unidades fiscais do município (Fonte). Entretanto, o Projeto Oásis (FGB *et. al*, 2017) utiliza diferentes metodologias de valoração a depender do local e serviço ambiental a ser valorado. Uma de suas metodologias consiste na equação:

$$\text{Valor PSA} = X * (1 + \sum N) * Z \quad (1)$$

Em que:

X= Valor base da fórmula considerando a Unidade Fiscal da região e que pode servir como percentual do custo de oportunidade.

N= Nota atribuída a cada propriedade em função da pontuação de itens que representam ações a serem estimuladas durante o projeto.

Z= Área natural conservada na propriedade.

O Programa Produtor de Água da ANA utiliza o custo de oportunidade, baseado em estudos específicos para a área do projeto, como referência para a valoração dos serviços ambientais de forma que o pagamento pode ser igual ao valor de referência, 50% do valor, ou nos casos em que a área fica totalmente restrita, esse valor é multiplicado pela constante 1,25 (ANA, 2012).

O custo de reposição é um método de valoração tradicional aplicado em diferentes tipos de estudo como em Tavares *et. al* (2023), Oliveira *et. al* (2023) e Melo *et. al* (2023) que por isso pode apresentar equações variadas, mas geralmente consiste na soma de todos os insumos e mão de obra utilizados.

Outra metodologia de valoração que pode ser utilizada é o Percentual de Abatimento de Erosão (PAE) que é proporcional à prática de manejo adotada e efetividade das ações de restauração ecológica e que após ser obtido é multiplicado pela área da propriedade proposta (CAMPO GRANTE, 2015).

A semelhança entre essas metodologias está no fato de que para aplicá-las é necessário ter informações específicas sobre as áreas e serviços que se pretende valorar. Por isso, na maioria dos editais de chamada para participar de programas de PSA os proprietários interessados devem responder questões relacionadas ao tipo de manejo e estado de conservação.

No entanto, a metodologia utilizada pelo Programa CAP/RPPN permite que os proprietários interessados em participar do PSA informem as características necessárias para

valorar a propriedade por meio de relatório online. A metodologia do programa CAP/RPPN é dividida em duas etapas. A primeira etapa é calcular o Valor de Referência Anual (VRA) que é o valor básico por hectare seguindo a equação 1 (SÃO PAULO, 2013):

$$VRA = Cv \times UF \times Fator\ RPPN \quad (2)$$

Onde:

VRA = Valor de Referência Anual por hectare.

Cv = Coeficiente de valoração: definido nos editais de chamada pública e que tem a finalidade de ajustar o valor e a distribuição dos recursos.

UF = Unidade Fiscal.

Fator RPPN = Fator de importância (F_{imp}) mais o Fator de ameaça (F_{am}), dividido por 4, somado a 1, conforme a equação (2) definida na Resolução nº89/2013:

$$Fator\ RPPN = \left[1 + \left(\frac{F_{imp} + F_{am}}{4} \right) \right] \quad (3)$$

F_{imp} mede o grau de importância da área para conservação da biodiversidade e varia de 0,2 a 1. Ele é determinado pela primeira resposta afirmativa do questionário apresentado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Chave de determinação do Fator de importância. (Continua)

Item	Característica ambiental	Resposta	Ver item	F_{imp}
a	Situado no Cerrado?	sim		1,00
		não	B	
B	Mais de 50% em Área de Proteção Ambiental - APA, Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE, Refúgio de Vida Silvestre - RVS ou Monumento Natural - MONA?	sim		0,80
		não	C	
C	Mais de 50% em Zona de Amortecimento de outra Unidade de Conservação?	sim		0,75
		não	D	
D	É área prioritária para a criação de Unidade de Conservação?	sim	E	
		não	J	

(Continuação)				
Item	Característica Ambiental	Resposta	Ver item	F_{imp}
E	Qual grau de prioridade para a criação de Unidade de Conservação?	> 80%	F	
		80% – 50%	G	
		50% - 25%	H	
		< 25%	I	
f	É vegetação primária?	sim		0,70
		não		0,65
g	É vegetação primária?	sim		0,65
		não		0,60
h	É vegetação primária?	sim		0,60
		não		0,55
i	É vegetação primária?	sim		0,55
		não		0,50
J	Qual o grau de prioridade para o estabelecimento da conectividade entre fragmentos florestais?	alta (classes 7 e 8)	k	
		média (classes 4 a 6)	m	
		baixa (classes 1 a 3)	l	
k	Vegetação primária?	sim		0,55
		não		0,5
l	Vegetação primária?	sim		0,30
		não		0,25
m	Vegetação primária?	sim		0,25
		não		0

Fonte: SÃO PAULO (2013).

As áreas prioritárias para conservação foram definidas no Atlas de Conservação do Estado de São Paulo e em Cartas da Biodiversidade do Estado de São Paulo. Em relação ao F

F_{am} , este quantifica o esforço de proteção e mitigação de danos ambientais somando pontos atribuídos às ameaças apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Critérios para definição do Fator ameaça (F_{am})

Ameaças	Pontos
Fogo	0,20
Áreas degradadas	0,20
Acesso indevido de terceiros	0,20
Acesso de animais domésticos	0,20
Superpopulação de espécies dominantes e presença de espécies com potencial invasor	0,20

Fonte: SÃO PAULO (2013).

A segunda etapa consiste no cálculo do Pagamento por Serviço Ambiental. A área total de cada propriedade é dividida em classes de tamanho (CLASSE) que tem seu limite máximo definido nos editais de chamada. Em seguida, cada classe recebe um coeficiente de área (Ca) para identificá-la, que também é definido nos editais e que são multiplicados por sua respectiva classe.

O valor do PSA é obtido com a soma da multiplicação do VRA, encontrado na etapa 1, pela multiplicação das classes de tamanho multiplicadas por seus respectivos coeficientes de área, conforme a equação (4).

$$PSA = \sum (VRA \times CLASSE_i \times Ca_i) \quad (4)$$

Os pagamentos são condicionados a aprovação de relatório da situação comprovando a execução das ações condicionantes dentro dos prazos definidos e comprovação da manutenção da regularidade ambiental. Cada ação possui um peso e a soma do peso das ações não executadas no período determinado dividido pela soma dos pesos de todas as ações prevista determina uma porcentagem de desconto no valor da parcela anual a ser paga.

4 METODOLOGIA

Esse capítulo é dedicado à identificação da área de estudo e explanação dos métodos utilizados para a realização da pesquisa.

A etapa de levantamento bibliográfico envolveu realização de pesquisa bibliográfica nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct* da plataforma CAPES para levantamento da literatura sobre áreas protegidas, Geoparks, valoração de serviços ecossistêmicos, pagamentos por serviços ambientais e os programas implementados no Brasil em artigos, dissertações e livros.

Além disso, também foi realizada pesquisa documental para coleta de dados sobre os PSA executados no país nos *sites* dos programas, jornais e documentos oficiais, como leis, decretos, resoluções, editais e resumos executivos. Os dados foram coletados no período de abril de 2023 a setembro de 2024.

Durante a etapa de coleta de dados, foram utilizadas duas combinações de descritores. A fim de compreender como a valoração é utilizada em áreas protegidas, quais serviços ecossistêmicos são mais valorados e os métodos mais utilizados foram utilizados os descritores: “protected areas”, “ecosystem services” e “environmental valuation”.

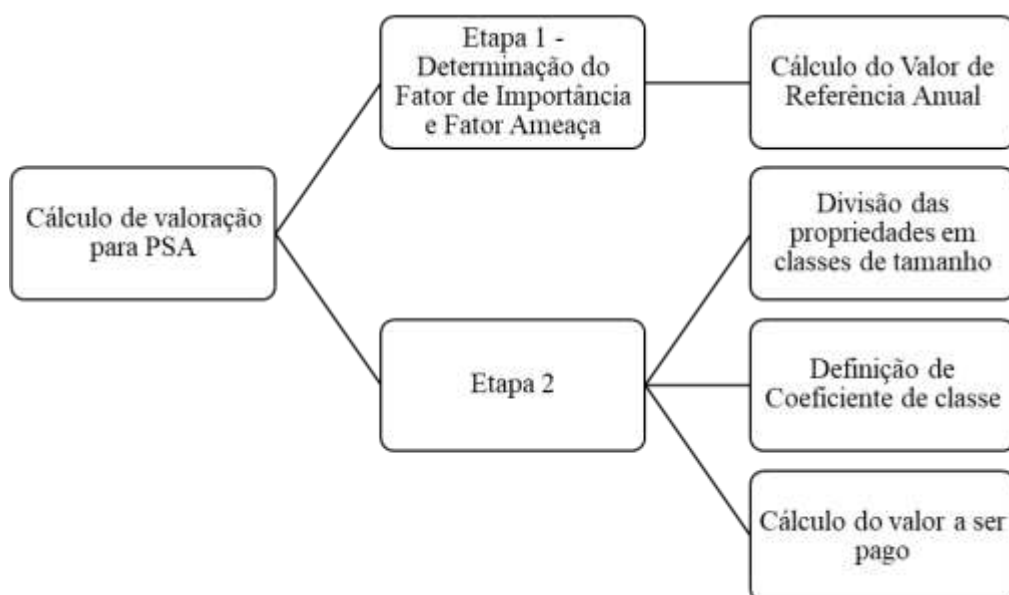
A segunda combinação de palavras-chave “payment for ecosystem services” e “protected areas” foi direcionada a investigar a aplicação de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) em áreas protegidas.

4.1 Procedimentos para a adaptação metodológica

Para essa pesquisa foi adaptada a metodologia de valoração do Projeto CAP/RPPN (SÃO PAULO, 2013), pois, apesar do projeto ser voltado para as Reservas Particulares do patrimônio Natural - RPPN, que possuem caráter preservacionista, o instrumento tem objetivo de conservar e restaurar processos ecológicos em áreas privadas.

Assim, a metodologia se mostrou flexível e adaptável a diferentes contextos de conservação, pois prioriza a sustentabilidade e gestão responsável dos recursos naturais, tendo sido a escolha desta pesquisa para sua adaptação. A Figura 2 apresenta o fluxograma das etapas necessárias para a valoração de PSA seguindo a metodologia do Projeto CAP/RPPN.

Figura 2 – Fluxograma metodológico



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Optou-se por realizar a adaptação metodológica do Projeto CAP/RPPN, devido à disponibilidade dos dados para a aplicação da metodologia na área de estudo e a necessidade de acrescentar outros critérios considerados importantes para a determinação do PSA em áreas protegidas. Foram utilizados dados secundários para mensuração do Fator de importância e Fator de ameaça, ambos obtidos a partir de consulta às bases de dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) e da rede colaborativa MapBiomias. A análise foi realizada no *software* livre QGIS versão 3.28. A adaptação do procedimento metodológico de valoração para PSA foi estruturada em sete fases, sendo elas:

- a) seleção da área de estudo;
- b) mapeamento dos limites das propriedades rurais dentro da área de estudo de validação da adaptação metodológica (Área de Proteção Ambiental – APA);
- c) levantamento e mapeamento das áreas prioritárias à conservação;
- d) identificação de nascentes;
- e) identificação de áreas que contenham os fatores de risco indicados na metodologia;
- f) elaboração de mapas temáticos; e
- g) cálculo do valor do PSA.

Na primeira fase foi selecionada a Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero. Em seguida no SICAR foi realizado o *download* do *shapefile* das propriedades

rurais presentes no município Juazeiro do Norte, área em que está situada a APA Colina do Horto do Padre Cícero. No *software* QGIS, foi realizado o recorte apenas daquelas propriedades localizadas na APA.

As áreas prioritárias à conservação foram definidas a partir de levantamento de dados bibliográficos e consulta a documentos oficiais, em seguida foram delimitadas no QGIS para verificação da área em que os imóveis estão localizados. Para a identificação das nascentes foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) do Município Juazeiro do Norte a partir de imagem do sensor *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponível de forma gratuita no portal *United States Geological Survey* (USGS). No *software* QGIS foi empregado o complemento SAGA GIS versão 9.1 (CONRAD, 2015) para extrair as drenagens, a ordem de fluxo e as nascentes por meio da ferramenta "*Channel network and drainage basins*".

Outros dados para a verificação do Fator Importância e do Fator Ameaça foram obtidos através de consulta ao banco de dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento e na plataforma MapBiomas, nos quais foram realizados *downloads* de *shapefiles* e relatórios sobre o município Juazeiro do Norte.

Os dados relativos às propriedades escolhidas para esse estudo foram analisados no *software* QGIS. Por fim, foram criados mapas para melhor visualização dos dados em cada propriedade e, com base nisso bem como seguindo a proposta de adaptação à metodologia, foi realizado o cálculo do valor do PSA.

4.2 Área de estudo para validação da metodologia

O Geopark Araripe foi o primeiro Geopark das Américas e do hemisfério sul a ser aprovado na Rede Global de Geoparks - GNN e apresenta pontos de geodiversidade bastante elevados (CARVALHO NETA; CORRÊA; BÉTARD, 2019) de modo que seus geossítios possuem relevância científica, cultural e geológica favorecendo atividades de geoturismo (FERNANDES *et al.*, 2019; DUARTE; CABRAL, 2021), que são vistos como fator fundamental para o desenvolvimento sustentável (BRASIL; RIBEIRO; CARVALHO NETA, 2019).

Além disso, possui Centros de Educação Ambiental (EA) em três municípios nos quais está inserido visando proporcionar conhecimento sobre o geopark, ações de conservação, preservação e de preparação de futuros agentes multiplicadores de geoeducação na região (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

O Geopark Araripe está localizado no extremo sul do Estado do Ceará, na porção cearense da Bacia Sedimentar do Araripe, Nordeste brasileiro, entre as coordenadas geográficas 39° 8' a 39° 44' de longitude oeste e 7° 5' a 7° 18' de latitude sul (MACEDO; PINHEIRO, 2014). Compreende o território de seis municípios: Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri. A maior parte do Geopark Araripe está localizado dentro da APA Chapada do Araripe. Outras Unidades de Conservação, apresentadas no Quadro 4, estão também presentes no território dos seis municípios do qual faz parte.

Quadro 4 – Unidades de Conservação presentes no Geopark Araripe UNESCO. (Continua)

Unidade de Conservação	Diploma Legal	Administração
Área de Proteção Ambiental Chapada do Araripe	Decreto n.º, de 04 de agosto de 1997	Federal
Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero	Decreto n.º 34.608, de 29 de março de 2022	Estadual
Floresta Nacional do Araripe-Apodi	Decreto-Lei n.º 9.226, de 02 de maio de 1946; Decreto s/n.º, de 05 de junho de 2012	Federal
Monumento Natural Pontal da Santa Cruz	Decreto n.º 28.506, de 01 de dezembro de 2006.	Estadual
Monumento Natural Sítio Canabrava	Decreto n.º 28.506, de 01 de dezembro de 2006.	Estadual
Monumento Natural Sítio Riacho do Meio	Decreto n.º 28.506, de 01 de dezembro de 2006.	Estadual
Monumento Natural Cachoeira do Rio Batateira	Decreto n.º 28.506, de 01 de dezembro de 2006.	Estadual
Parque Estadual do Sítio do Fundão	Decreto n.º 29.307, de 05 de junho de 2008; Decreto n.º 29.179, de 08 de fevereiro de 2008	Estadual
Parque Municipal Ecológico do Riacho do Meio	Decreto n.º 048/2009, de 28 de setembro de 2009	Municipal

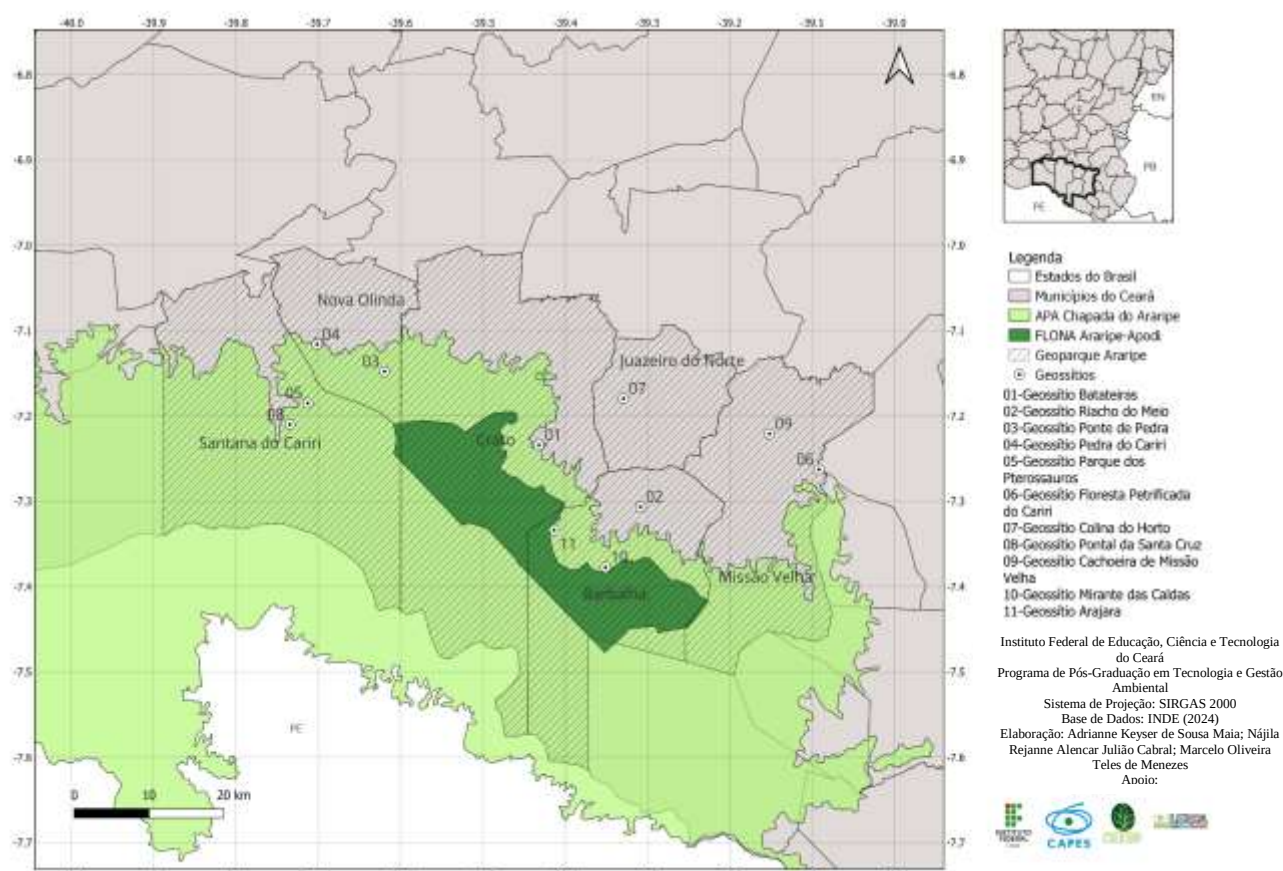
(Continuação)

Unidade de Conservação	Diploma Legal	Administração
Parque Natural Municipal da Timbaúbas	Decreto n.º 352, de 23 de novembro de 2017; Decreto n.º 1.083, de 23 de março de 1995; Decreto n.º 1.183, de 16 de junho de 1997.	Municipal
Refúgio de Vida Silvestre Soldadinho-do-Araripe	Decreto n.º 2207001, de 22 de julho de 2019.	Municipal
Reserva Particular do Patrimônio Natural Arajara Park	Portaria IBAMA n.º 24-N, de 23 de fevereiro de 1999	Privada
Reserva Particular do Patrimônio Natural Aracá	Portaria ICMBio n.º 113, de 21 de outubro de 2014.	Privada
Reserva Particular do Patrimônio Natural Oásis Araripe	Portaria ICMBio n.º 32, de 26 de abril de 2016.	Privada
Reserva Particular do Patrimônio Natural Oásis Araripe II	Portaria ICMBio n.º 555, de 01 de outubro de 2019.	Privada

Fonte: CABRAL (2021) e CEARÁ (2022).

Dos 59 sítios de interesse no Geopark Araripe os onze geossítios de intervenção são: Colina do Horto, Batateiras, Parque dos Pterossauros, Floresta Petrificada do Cariri, Pontal da Santa Cruz, Cachoeira de Missão Velha, Pedra Cariri, Ponte de Pedra, Riacho do Meio, Arajara e Mirante do Caldas. A Figura 3 apresenta o mapa de localização do Geopark Araripe e dos 11 geossítios, que possuíram ações de intervenção ou visitação nos anos 2023 e 2024.

Figura 3 – Mapa de Localização do Geopark Araripe, Ceará



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Rocha, Ferreira e Figueiredo (2017); Macedô (2018); Brasil, Ribeiro e Carvalho Neta (2019); Fernandes *et al.* (2019); Freitas (2019); Oliveira e Albuquerque (2023); Sousa, Lino e Moura-Fé (2023) em seus estudos afirmam que devido a geodiversidade do território em que estão inseridos os geossítios apresentam diferentes características, cada qual se destacando por suas peculiaridades, que demarcam o tempo geológico, a história, cultura e beleza da região, favorecendo o desenvolvimento do geoturismo.

Nesse contexto, os geossítios Batateiras, Riacho do Meio e Cachoeira de Missão Velha estão relacionados à hidrologia, enquanto o Parque dos Pterossauros, a Floresta Petrificada do Cariri e a Pedra Cariri se destacam pela paleontologia; os geossítios Ponte de Pedra e Arajara são relacionados a geologia e os geossítios Colina do Horto, Pontal da Santa Cruz e Mirante do Caldas a cultura e beleza cênica. Vale ressaltar que um geossítio pode estar relacionado a mais de uma categoria.

Ademais, Nascimento, Silva e Moura-Fé (2020) identificaram serviços ecossistêmicos fornecidos pelos geossítios, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Serviços ecossistêmicos fornecidos pelo Geopark Araripe

Geossítios	Serviços Ecossistêmicos
Batateiras	Regulação, Suporte, Provisão, Cultural
Riacho do Meio	Regulação, Suporte, Provisão, Cultural
Ponte de Pedra	Regulação, Cultural
Pontal da Santa Cruz	Regulação, Suporte, Cultural
Parque dos Pterossauros	Provisão, Cultural
Floresta Petrificada do Cariri	Suporte, Provisão
Colina do Horto	Provisão, Cultural
Cachoeira de Missão Velha	Regulação, Suporte, Provisão, Cultural
Pedra Cariri	Provisão
Arajara	Regulação, Provisão, Cultural
Mirante de Caldas	Provisão, Cultural

Fonte: Adaptado de NASCIMENTO; SILVA; MOURA-FÉ (2020).

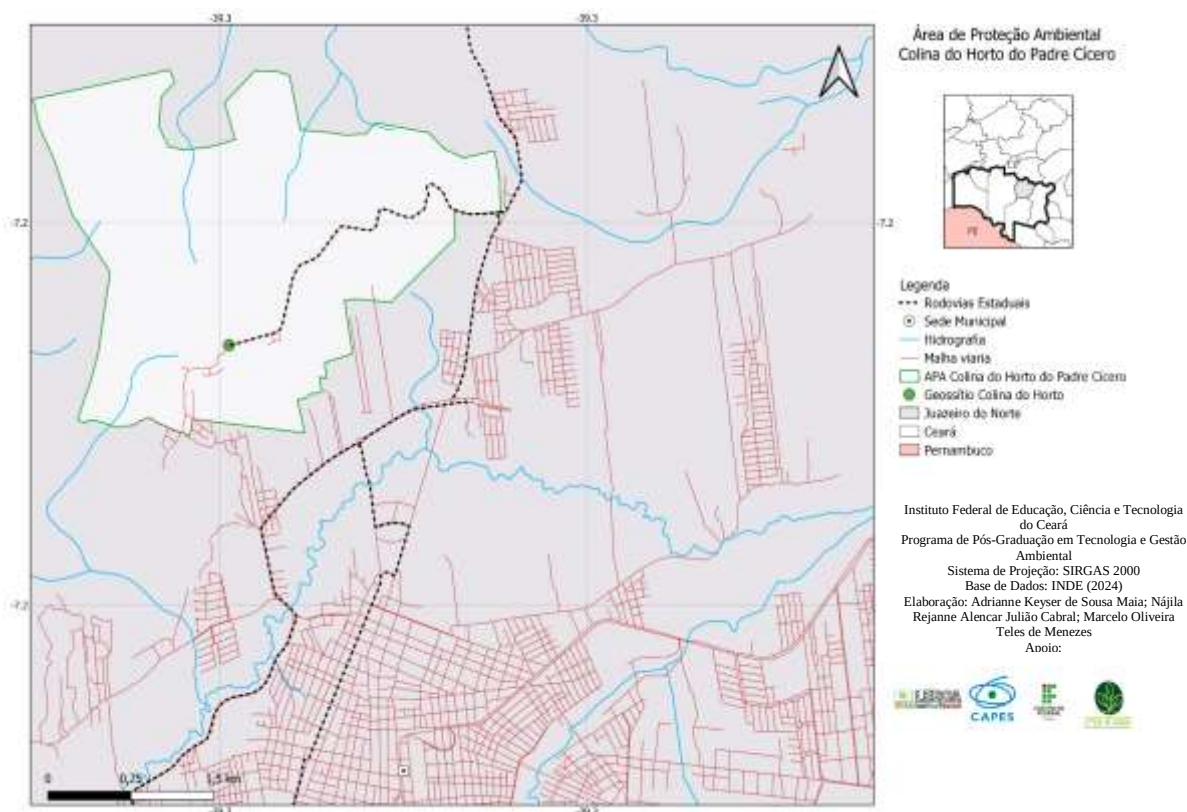
A área para validação da metodologia foi a Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero, criada em 2022 pelo Decreto Estadual nº 34.608, que se localiza na Serra do Catolé em Juazeiro do Norte, maior cidade no território do Geopark Araripe e segunda maior em população do Ceará (MOURA-FÉ; NASCIMENTO; CARDOSO, 2018).

A escolha da referida APA foi motivada por sua importância para a conservação dos recursos naturais e pelos desafios encontrados no geossítio que foram observados pela gestão do Geopark Araripe. Observou-se uma oportunidade para verificar a aplicabilidade de uma metodologia de valoração para pagamento por serviço ambiental, auxiliar a gestão da unidade de conservação e contribuir com a conservação e sustentabilidade regional.

Na APA além do Teleférico do Horto, está localizado o geossítio Colina do Horto, cerca de 3 km de Juazeiro do Norte, que compreende a estátua de Padre Cícero, o Museu Vivo de Padre Cícero, a trilha de acesso ao Santo Sepulcro de 2.650 metros, além das rochas mais antigas do Cariri cearense, destacando-se pela tradição cultural e religiosa do povo nordestino (FERNANDES *et al.*, 2019). Além disso, a região é um importante dispersor de água ajudando na manutenção de espécies vegetais e animais.

Por ser um dos geossítios mais visitados devido a sua beleza cênica, relação com a religião e atividades de Educação Ambiental a Colina do Horto é considerada, no contexto cultural, o geossítio mais importante do Geopark (MACEDÔ, 2018; NASCIMENTO; SILVA; MOURA-FÉ, 2020; SOUSA; LINO; MOURA-FÉ, 2023). A Figura 4 a seguir apresenta o mapa de localização da APA no município Juazeiro do Norte/CE.

Figura 4 – Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

No entanto, apesar das iniciativas de sensibilização ambiental da gestão do Geopark Araripe e do município Juazeiro do Norte integrar o Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região do Cariri Oeste, em que são realizadas ações importantes de manejo de resíduos sólidos, a APA ainda apresenta problemas ocasionados pela inadequada disposição de resíduos e queimadas que, segundo Souza *et al.* (2023), tiveram aumento gradativo ao longo dos anos e tem como uma das causas ações antrópicas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados e discussão da pesquisa de acordo com os objetivos propostos.

5.1 Identificação das metodologias de valoração para PSA

Foram encontradas diferentes metodologias de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA de acordo com a região em que os programas estão inseridos e com os serviços que buscam valorar, de modo que um mesmo programa apresentou diferentes metodologias. O Quadro 6 apresenta a metodologia de valoração utilizada por algumas das iniciativas de PSA no Brasil.

Quadro 6 – Metodologias de valoração de iniciativas de PSA no Brasil

Programa	Metodologia
Conservador de Águas	Valor de Referência Fixo (100 UF/ha/ano)
Projeto Oásis	Custo de Reposição
Projeto Oásis – SP	$\text{Valor PSA} = X * (1 + \Sigma N) * Z$
Projeto Oásis – Apucarana	Valor de Referência Fixo (2 UF/mês)
Programa CAP/RPPN	$\text{VRA} = C_v * UF * \text{Fator RPPN}$
Programa Manancial Vivo	Percentual de Abatimento de Erosão
Programa Produtor de Água	Custo de oportunidade
Programa Reflorestar	Valor de Referência Fixo

Fonte: EXTREMA (2005); ESPIRITO SANTO (2008); APUCARANA (2009); CAMPO GRANDE (2010); ANA (2012); SÃO PAULO (2013); e FGB (2017).

Outros programas como o Projeto Olhos d'Água da Amazônia, o Projeto Preservar Porto dos Gaúchos, o Projeto Recupera Marcelândia e o Projeto Nascentes do Buriti, que recebem apoio do Fundo Amazônia, além do Programa Municipal Produtor de Águas no município Crato, CE, não informam a metodologia de valoração utilizada para definir o valor do PSA. No entanto, vale ressaltar que outras metodologias, além dos métodos listados anteriormente dos métodos tradicionais de valoração são utilizadas para valorar Áreas Protegidas como Áreas de Preservação Permanente - APP e Parques Nacionais. Porém, são modelos complexos que visam principalmente o serviço ecossistêmico de provisão de água e muitas vezes não consideram serviços ambientais ou as características da área.

5.2 Adaptação da metodologia de Pagamento por Serviço Ambiental do Projeto Crédito Ambiental Paulista destinado às Reservas Particulares do Patrimônio Natural – CAP/RPPN para a categoria Área de Proteção Ambiental (APA).

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, Lei Federal nº 9985/2000 (arts. 7 e 15) as Unidades de Conservação do grupo Uso Sustentável tem como objetivo conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais e a categoria Área de Proteção Ambiental tem como objetivo “proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais” (Brasil, 2000).

Portanto, para a APA Colina do Horto do Padre Cícero um projeto de PSA pode ter como objetivos: restauração e conservação de áreas de florestas e nascentes, regularização ambiental e melhoria na qualidade de vida por meio de incentivos financeiros e diminuição da poluição difusa. Poderia ter como metas: adoção de práticas conservacionistas no solo e restauração da cobertura vegetal nativa nas áreas de APP.

Para essa pesquisa foi adaptada a metodologia de valoração do Projeto CAP/RPPN (SÃO PAULO, 2013). Neste item são apresentadas as etapas, adaptadas à categoria APA, para definição do valor a ser pago pelos serviços ambientais prestados. A primeira etapa é calcular o Valor de Referência Anual (VRA), que é o valor básico por hectare seguindo a equação 1 (SÃO PAULO, 2013):

$$VRA = Cv \times UFIRM \times Fator\ APA \quad (1)$$

Onde:

VRA = Valor de Referência Anual por hectare.

Cv = Coeficiente de valoração: definido nos editais de chamada pública e que tem a finalidade de ajustar o valor e a distribuição dos recursos.

UFIRM = Unidade Fiscal de referência do Município de Juazeiro do Norte.

Fator APA = Fator de importância (F_{imp}) mais o Fator de ameaça (F_{am}), dividido por 4, somado a 1, conforme a equação (2) definida na Resolução nº89/2013:

$$Fator\ APA = \left[1 + \left(\frac{F_{imp} + F_{am}}{4} \right) \right] \quad (2)$$

F_{imp} mede o grau de importância da área para conservação da biodiversidade e varia de 0,05 a 1. Em relação ao F_{am} , este quantifica o esforço de proteção e mitigação de danos ambientais somando pontos atribuídos às ameaças.

Considerando a disponibilidade de informações para a adequação a área de estudo fez-se necessária realizar uma adaptação metodológica. Na metodologia do Projeto CAP/RPPN o Fator Importância se baseia na seleção da primeira resposta positiva, se a propriedade se localiza no bioma Cerrado, em caso negativo se está em uma Unidade de Conservação, na zona de amortecimento de uma, ou se é uma área prioritária para conservação. Em caso negativo para todas as opções listadas é verificado o grau de conservação da vegetação da propriedade.

Adaptando para a categoria APA na etapa 1 utilizou-se o $C_v = 8$ e a Unidade Fiscal do município de Juazeiro do Norte. Quanto ao Fator APA, adaptaram-se os critérios de definição do Fator de importância e das ameaças de acordo com o local que o PSA será implementado.

Ao adaptar os critérios do questionário referente ao Fator Importância foi adotado um método de somatório das respostas visando ampliar a abrangência da análise e considerar mais de uma opção válida para determinar a importância de conservação de uma área. A seguir a Tabela 3 apresenta os critérios para determinação do Fator de importância.

Tabela 3 – Adaptação dos critérios para definição do Fator de Importância (F_{imp})

Característica ambiental	Resposta	F_{imp}
Situada na Caatinga	Sim	0,2
	Não	
Situado no Cerrado ou Mata Atlântica	Sim	0,05
	Não	
Mais de 50% da propriedade localizada em Área de Proteção Ambiental	Sim	0,08
	Não	
Área prioritária para conservação?	Sim	0,2
	Não	
Grau de prioridade para conservação?	>80%	0,09
	80%-50%	0,06
	50%-25%	0,05
Área com nascentes	Sim	0,10
	Não	
Área com vegetação nativa em bom estado de conservação	Sim	0,12
	Não	

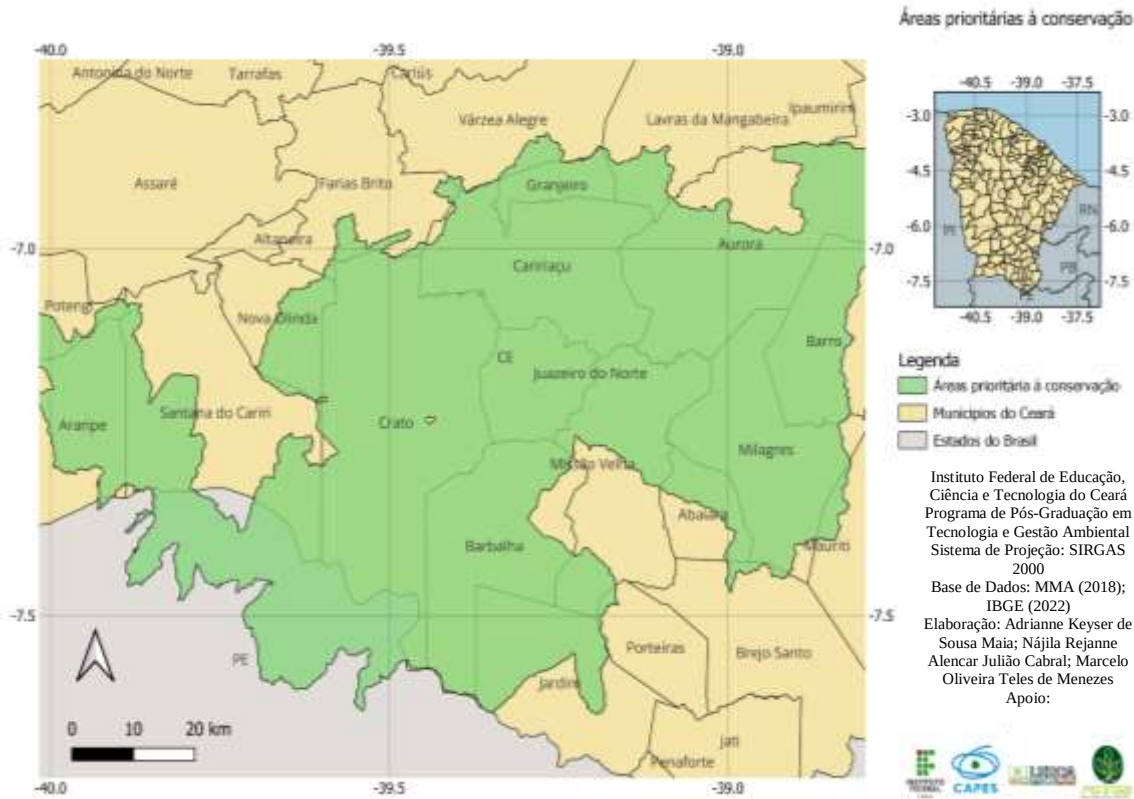
(Continuação)

Característica ambiental	Resposta	F_{imp}
Área com até 04 módulos fiscais	Sim	0,10
	Não	
Conectividade com outros fragmentos florestais	Sim	0,06
	Não	

Fonte: Elaborado pela autora (2024) adaptado de SÃO PAULO (2013).

Como parte da definição do Fator Importância foram verificadas na legislação e em documentos oficiais do Ministério do Meio Ambiente (MMA) quais áreas no Estado do Ceará são classificadas como áreas prioritárias à conservação e qual o grau de prioridade. A seguir a Figura 5 apresenta as áreas classificadas como prioritárias na Região Metropolitana do Cariri (RMC).

Figura 5 – Áreas prioritárias para a conservação na Região Metropolitana do Cariri



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Quanto ao grau de prioridade a área demarcada está classificada como “Muito Alto” devido à importância da biodiversidade na região (MMA, 2018).

Em relação ao Fator Ameaças foram realizadas alterações de modo a facilitar a aplicação da metodologia em outras áreas, visto que os critérios nesse Fator são específicos para as RPPN e além de possuírem um caráter mais preservacionista necessitam de informações cedidas pelos proprietários. Portanto, foram consideradas ameaças identificadas na área de estudo e que possuem monitoramento em andamento e dados já disponíveis.

A Tabela 4 a seguir define as ameaças as quais as propriedades na APA estão submetidas e que compõem o Fator F_{am} , variando de 0 (nenhuma ameaça) a 1 (todas as ameaças).

Tabela 4 – Adaptação dos critérios para definição do Fator ameaça (F_{am})

Ameaças	Pontos
Incêndios florestais	0,35
Áreas degradadas	0,35
Ausência de saneamento	0,30

Fonte: Elaborado pela autora (2024) adaptado de SÃO PAULO (2013).

Foram considerados os desafios apresentados na região de acordo com Souza (2023) e Rocha (2023). Também optou-se por analisar ameaças que são monitoradas e cujos dados podem ser obtidos sem a necessidade de realizar entrevistas ou questionários, visando facilitar a aplicação da metodologia.

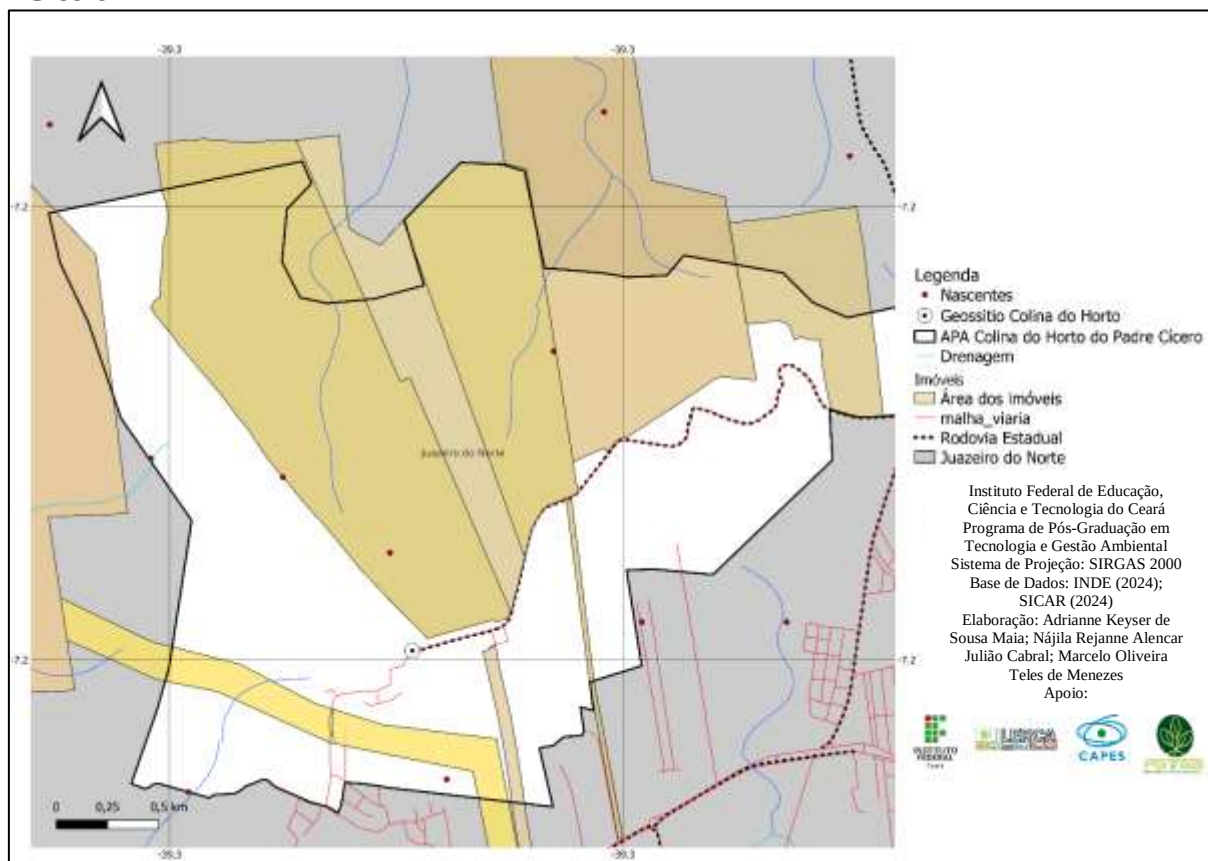
A segunda etapa consiste no cálculo do Pagamento por Serviço Ambiental. Cada propriedade é dividida em classes de tamanho (CLASSE) e cada classe recebe um coeficiente de área (Ca). O valor do PSA é obtido com a multiplicação do VRA pela soma da multiplicação das classes de tamanho pelo respectivo coeficiente de área.

Para o cálculo da segunda etapa o valor máximo das classes foi estipulado em 100 ha, pois quanto menor o valor das classes mais discrepantes se tornam os resultados devido a diferença de tamanho das propriedades. Em relação ao Coeficiente de área (Ca) seguiu-se o mesmo definido pelo projeto CAP/RPPN, considerando 1 para a primeira classe e metade do valor anterior para as classes seguintes, de modo que a segunda classe terá Ca igual a 0,5 e a terceira 0,25.

5.3 Validação do procedimento metodológico para PSA na Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero.

No *software* livre QGIS, versão 3.28, foram adicionados os *shapefiles* referentes aos imóveis rurais presentes na Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero, no município Juazeiro do Norte, para análise dos dados e em seguida foram gerados mapas temáticos para facilitar a visualização e tomada de decisão. A Figura 6 apresenta as propriedades rurais presentes na APA Colina do Horto de Padre Cícero.

Figura 6 – Propriedades rurais na Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero

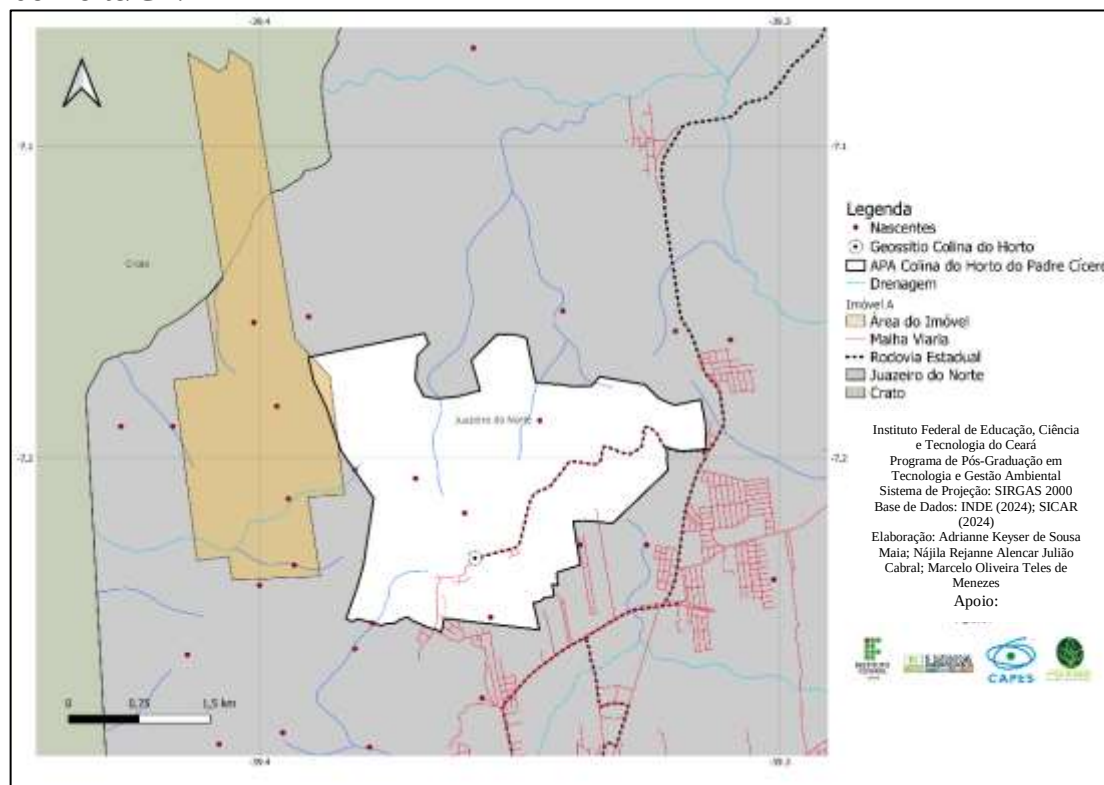


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A partir do SICAR foi possível identificar oito imóveis que possuem parte de seus limites dentro da APA. Neste trabalho estão indicados por letras maiúsculas do alfabeto, no sentido de proteger as identidades. No primeiro momento foi perceptível que alguns proprietários não incluíram, durante o cadastro no SICAR, a localização ou situação de suas Áreas de Reserva Legal ou das Áreas de Preservação Permanente presentes em suas propriedades. De modo que apenas o tamanho da área consta nos relatórios.

Esse fato é explicado devido ao Art. 30 da Lei Federal nº12.651/12 desobrigar o proprietário a fornecer informações referentes a Reserva Legal caso esta já tenha sido averbada na matrícula do imóvel com perímetro e localização (BRASIL, 2012). Ainda assim, o Cadastro Ambiental Rural (CAR) se mostrou uma importante ferramenta para o monitoramento de áreas como APP, Reserva Legal e remanescentes florestais, corroborando como que menciona SILVA *et al.* (2021). O imóvel A apresentado na Figura 7 é um exemplo dessa situação, pois apesar de possuir cadastro ativo no SICAR não informa a localização de sua Reserva Legal ou outras áreas protegidas.

Figura 7 – Imóvel A dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

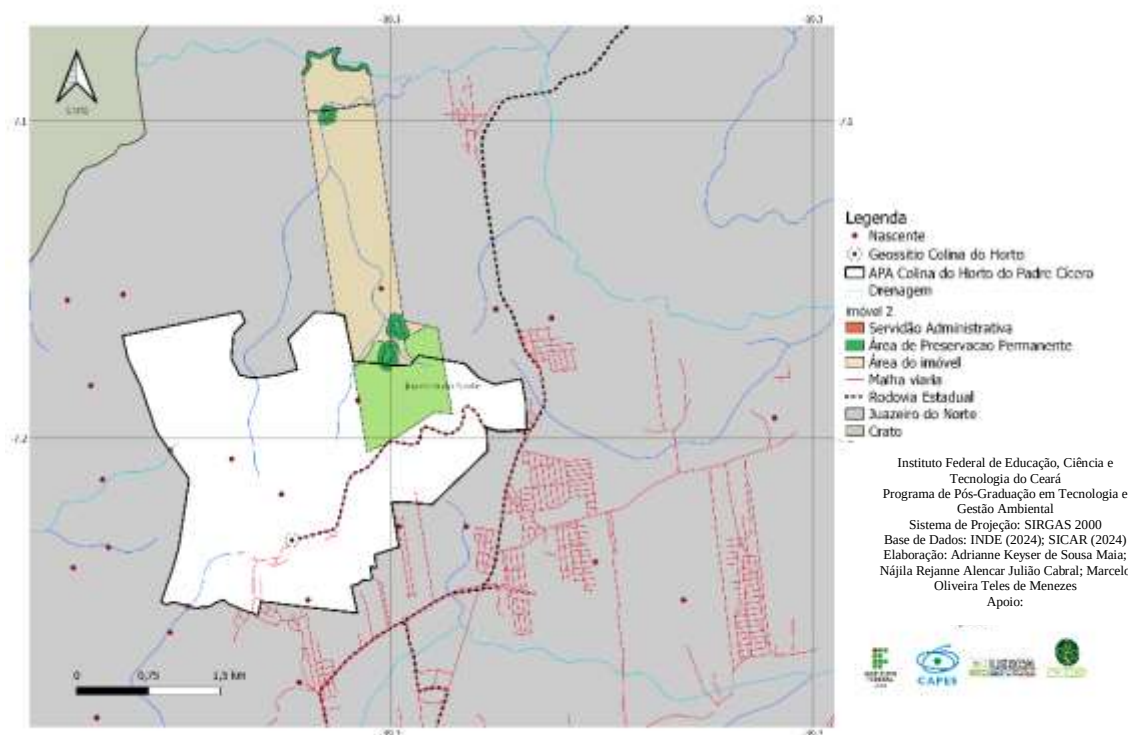
O imóvel A contém remanescentes de vegetação nativa, APP, Reserva Legal (RL) e possui conectividade com áreas verdes de propriedades vizinhas, porém, essas informações não estão incluídas no *shapefile* da propriedade. Cabe ressaltar que no SICAR algumas das propriedades vizinhas estão em sobreposição ao imóvel A. Além disso, o imóvel em questão possui 21 módulos fiscais, que o caracteriza como uma grande propriedade rural; observou-se que necessita recompor 112 ha de sua RL.

O imóvel foi selecionado para compor a pesquisa pois possui uma parte de sua área no município Juazeiro do Norte e na APA Colina do Horto do Padre Cícero, porém, de acordo com o Demonstrativo disponibilizado pelo SICAR está localizado no município Crato.

O imóvel B possui 11 módulos fiscais, contendo uma área total de 297,7186 ha. Desta, 80,88 ha são de área de remanescentes de vegetação nativa, além disso a propriedade também possui área destinada a Servidão Administrativa e Áreas de Preservação Permanente em diferentes pontos. Segundo o disponibilizado no Demonstrativo ao todo o imóvel B contém 13,7728 ha de APP; sendo 11 ha dessa área precisa ser recomposta.

A RL do imóvel B também foi averbada em cartório, de modo que em seu demonstrativo não foi informado onde ela está localizada. A área do imóvel B é apresentada na Figura 8 a seguir.

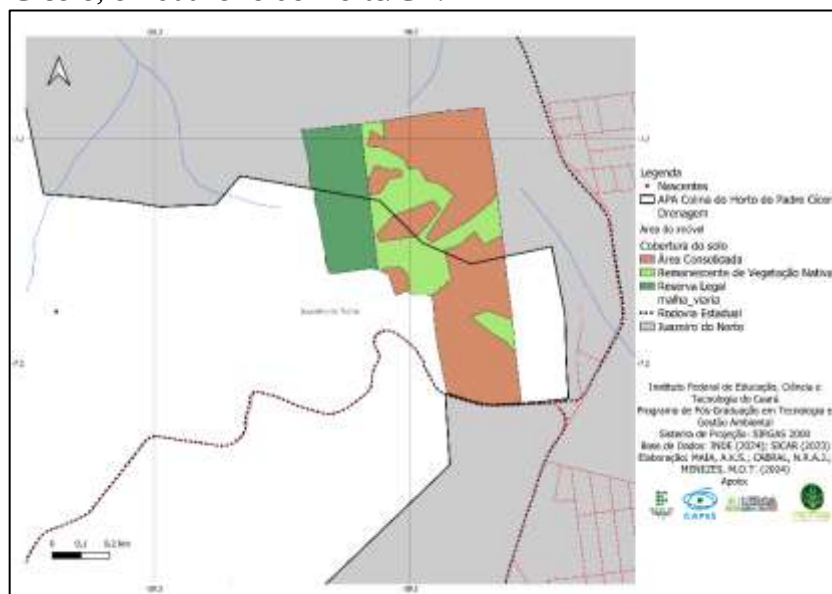
Figura 8 – Imóvel B dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

O terceiro imóvel, aqui denominado C, é consideravelmente menor que os anteriores, possuindo área total de 46,02 ha, o que equivale a menos de dois módulos fiscais. A Reserva Legal desse imóvel foi declarada na inscrição do Cadastro Ambiental Rural (CAR). Ademais, o demonstrativo também contém informações sobre as áreas de remanescentes de vegetação nativa, as áreas consolidadas e o excedente de RL. O imóvel C está ilustrado na Figura 9

Figura 9 – Imóvel C dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.

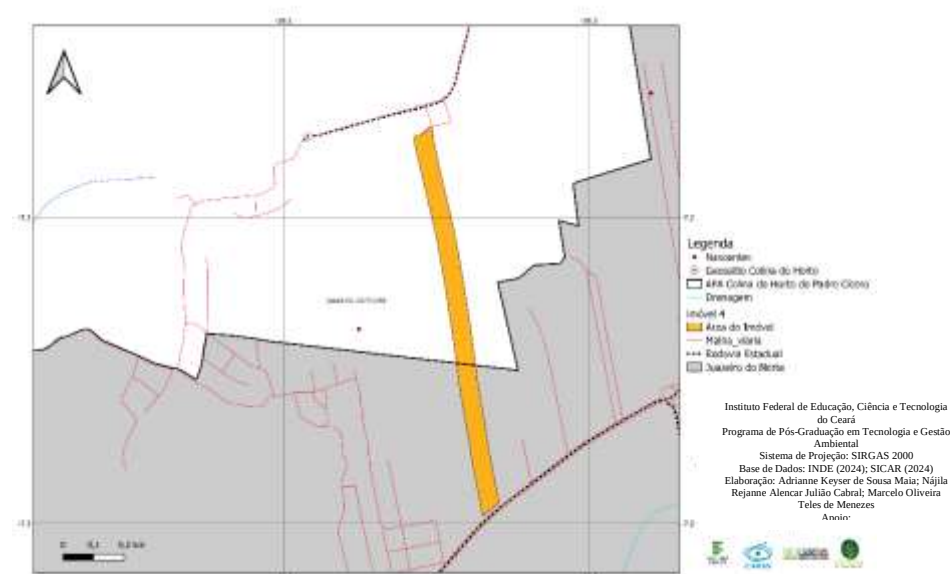


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Diferente das propriedades anteriores, o imóvel C não possui cursos de rios em seu perímetro e não foi indicada APP em seu demonstrativo ou nos dados referentes a APP do município disponibilizado pelo SICAR.

O imóvel D é apresentado na Figura 10. A única informação disponibilizada no SICAR acerca das áreas protegidas na propriedade é que o passivo de RL a ser recomposto corresponde a 1,5130 ha.

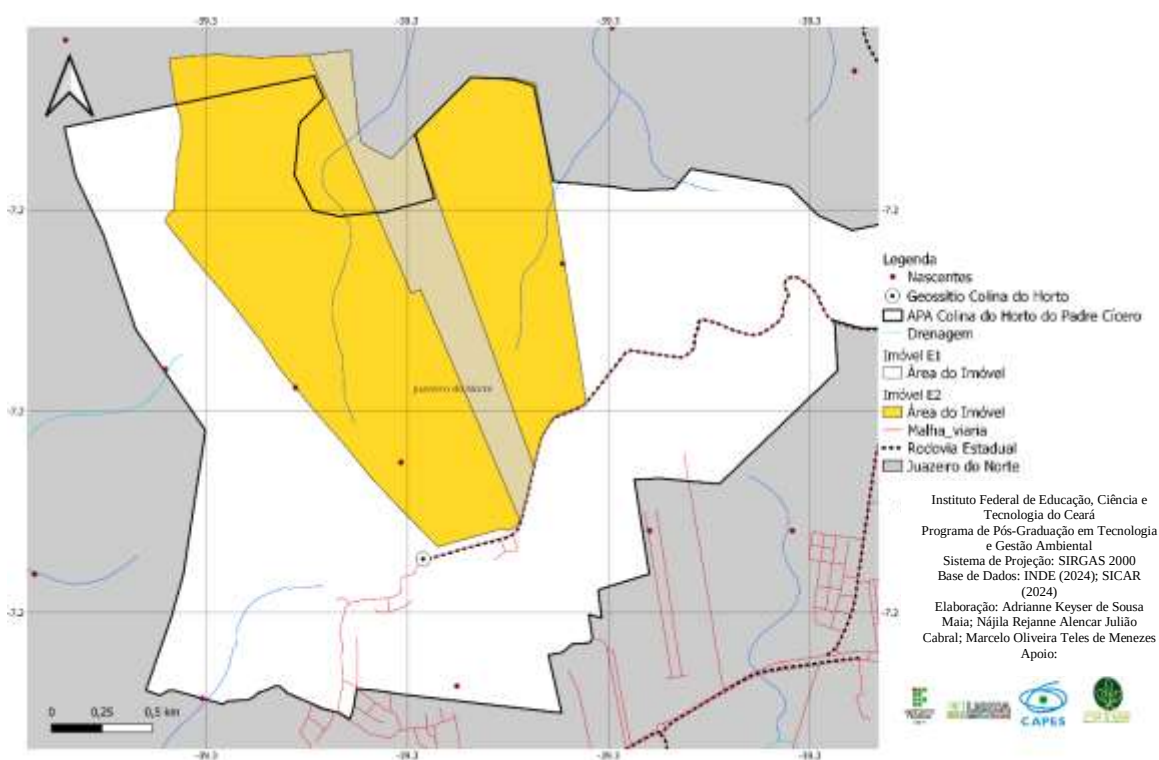
Figura 10 – Imóvel D dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Em relação ao quinto e sexto imóveis, foi observado que existe uma sobreposição das duas propriedades, portanto elas serão identificadas como E1 e E2. O imóvel E1 possui área de 50,08 ha e está localizado nas coordenadas (latitude: 07°10'00,42''S; longitude 39°19'43,96''O), enquanto a segunda propriedade possui 329,49 ha e tem como coordenadas (latitude: 07°10'00,38''S; longitude: 39°19'50,82''O). Os dois imóveis são apresentados na Figura 11.

Figura 11 – Imóveis E1 e E2 dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.

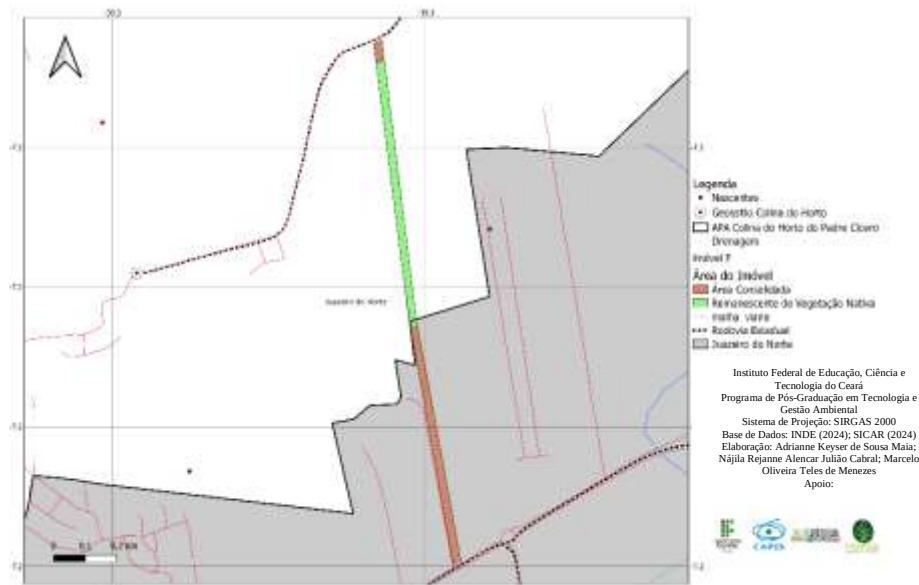


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A área de Reserva Legal das duas propriedades não foi informada no demonstrativo, contudo, as duas possuem passivo de RL negativo, ou seja, que precisa ser recomposto. De maneira semelhante aos imóveis A e B, foi possível observar que existem cursos d'água no perímetro das propriedades, mas não foram indicadas Áreas de Preservação Permanente em seus demonstrativos.

Na Figura 12 a seguir é apresentado o imóvel F, menor propriedade dentre as estudadas com apenas 04 ha de área total.

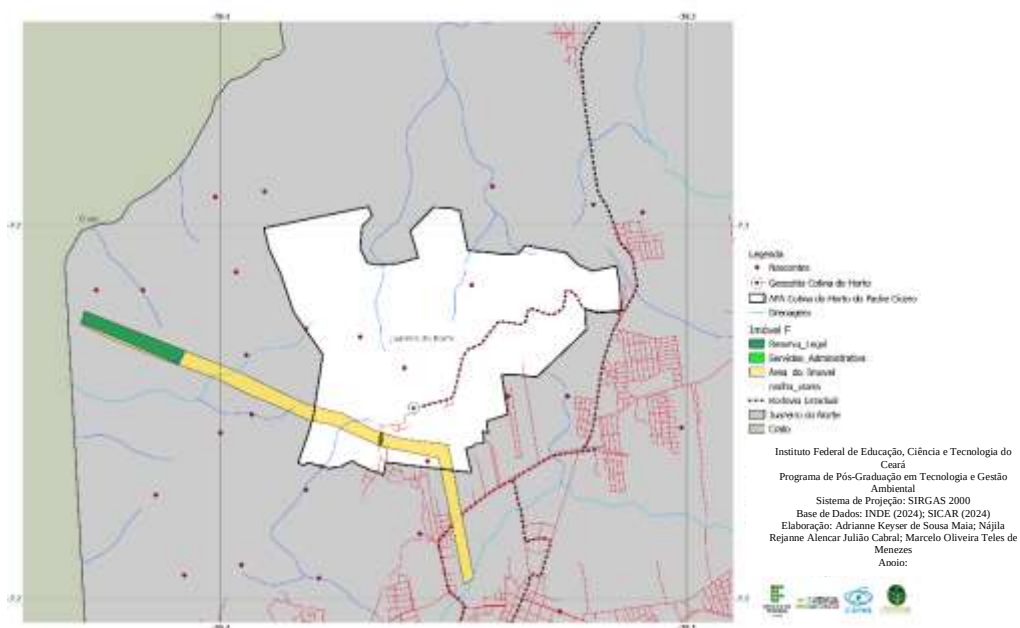
Figura 12 – Imóvel F dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Apesar de ser uma área pequena e não possuir APP, pouco mais da metade do imóvel é destinada a remanescentes de vegetação nativa. Uma oportunidade para a implementação de incentivos financeiros como a Cota de Reserva Ambiental e o Pagamento por Serviço Ambiental. Na Figura 13 é apresentado o imóvel G, a última propriedade rural presente na APA, que possui 3,8 módulos fiscais e área total de 98.998 ha.

Figura 13 – Imóvel G dentro da APA Colina do Horto do Padre Cícero, em Juazeiro do Norte/CE.

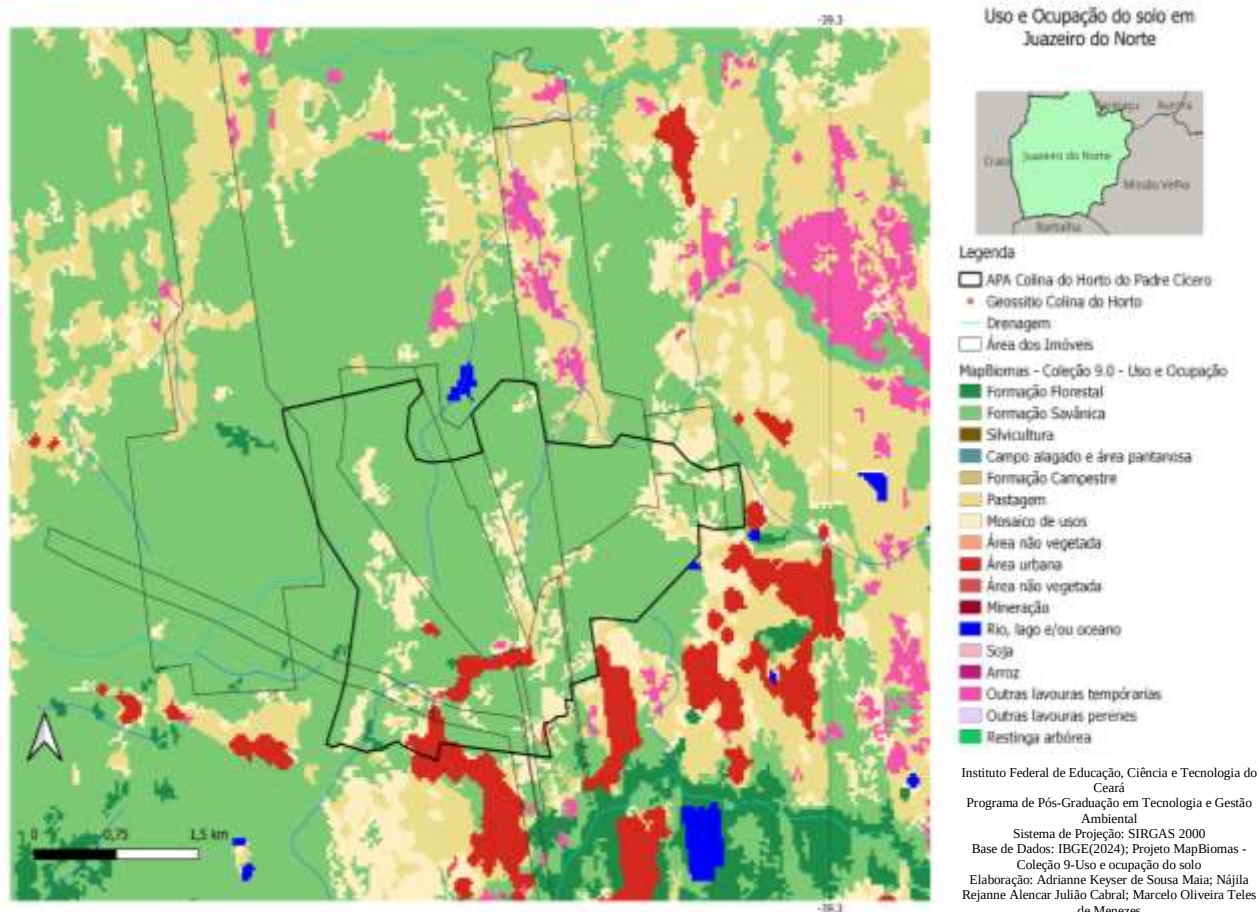


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Foram indicadas em seu demonstrativo as áreas de Reserva Legal, área consolidada e também área destinada à Servidão Administrativa. Observando a drenagem do município é possível verificar que o imóvel é cruzado por corpos hídricos em três pontos, no entanto, assim como nas propriedades anteriores, as APP não estão indicadas. Vale destacar que parte do imóvel está em sobreposição ao imóvel A.

Nesse contexto, para o cálculo do Fator de Importância, primeira etapa da valoração, para cada propriedade foi realizado o somatório das variáveis presentes no questionário do F_{imp} . Como a maioria dos proprietários informou apenas a localização do seu imóvel no SICAR, foi realizada análise de uso e ocupação do solo, a partir de dados da plataforma MapBiomas referentes ao ano de 2023. Para facilitar o acesso aos dados e a aplicação da metodologia, a inscrição no PSA poderia ser realizada de forma *online*, por meio de um questionário no qual os proprietários interessados em participar informem as características de seus imóveis e as ações a serem realizadas. A Figura 13 ilustra o uso e ocupação nos imóveis rurais presentes na APA.

Figura 14 – Uso e ocupação do solo no município Juazeiro do Norte/CE



Fonte: Elaborado pela autora (2024) adaptado de Projeto MapBiomas (2023).

Ademais, a partir do Modelo Digital de Elevação foram identificadas as nascentes presentes no município e, em seguida, os *shapefiles* das oito propriedades pertencentes ao município Juazeiro do Norte foram inseridos no *software* Google Earth a fim de verificar o estado atual de conservação da vegetação na APA no ano de 2024.

Por estarem situados na Caatinga e em área prioritária à conservação com grau muito alto de prioridade, todos os imóveis estudados marcam afirmativamente esses itens. No caso do imóvel A que tem 21 módulos fiscais foram indicadas 4 nascentes, conectividade com outras áreas e bom estado de conservação da vegetação, portanto, recebeu nota 0,77.

O Imóvel B recebeu nota 0,65, pois além dos itens citados anteriormente possui áreas com nascentes e conectividade com outros fragmentos florestais, mas apresentou passivo ambiental na RL e pastagem em áreas de APP. Na sequência o Imóvel C recebeu nota 0,85 pois tem 50% de sua área dentro da APA, com conectividade com outros fragmentos florestais e menos de quatro módulos fiscais. Cabe ressaltar que apesar da análise de uso e ocupação do solo retornar com boa parte da área categorizada como múltiplos usos agrícolas a propriedade apresentou bom estado de conservação.

O Imóvel D não apresentou, em seu demonstrativo, informações sobre estado de sua vegetação ou localização de sua Reserva Legal, visto que está averbada na matrícula do imóvel, mas apresenta bom estado de conservação e conectividade com áreas verdes de outras propriedades. Possui menos de quatro módulos fiscais e mais de 50% de sua área está inserida dentro da APA de forma que sua pontuação foi 0,85.

Em relação aos imóveis E1 e E2 o cálculo do Fator de Importância foi realizado separadamente. Os dois imóveis possuem mais de 50% da área na APA e bom estado de conservação, contudo o Imóvel E1 é uma propriedade pequena com menos de dois módulos fiscais, enquanto o E2 possui 12 módulos. Nenhum dos dois possui informações sobre RL e APP, mas foram indicadas 2 nascentes e cursos d'água no imóvel E2, também foi considerada a conectividade entre as propriedades. Assim, o imóvel E1 recebeu nota 0,85 e o imóvel E2 nota 0,85.

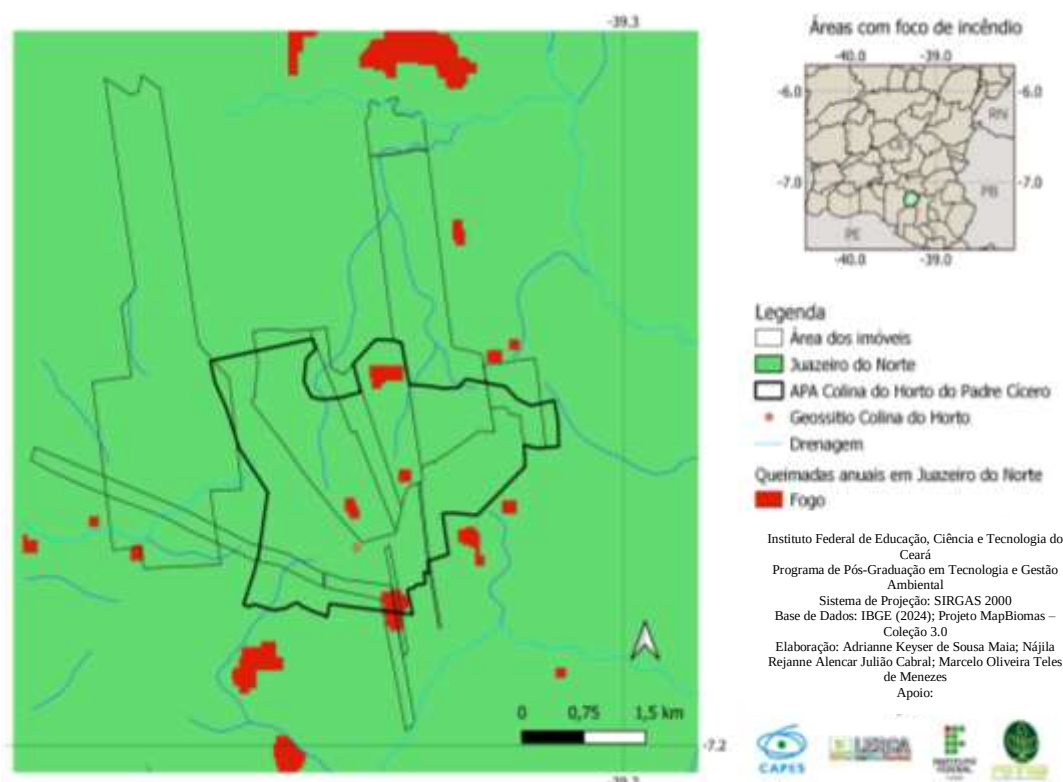
Assim como o Imóvel C, o Imóvel F também é uma pequena propriedade rural e além de ter 50% de sua área inserida na APA possui vegetação com bom estado de conservação e conectividade com outros fragmentos florestais de forma que recebeu nota 0,85.

Quanto ao Imóvel G apesar de aparentar ser um imóvel grande possui apenas 3,8 módulos fiscais. A propriedade possui vegetação em bom estado de conservação e

conectividade com outros fragmentos florestais, contudo mais da metade de sua área está fora dos limites da APA e por isso sua nota foi 0,77.

O próximo passo foi o somatório de ameaças presentes nas propriedades. As áreas com foco de incêndio nas propriedades são apresentadas na Figura 15

Figura 15 – Áreas com foco de fogo em Juazeiro do Norte no ano de 2023



Fonte: Elaborado pela autora (2024) adaptado do Projeto MapBiomias (2023).

Em relação a focos de incêndio, foi verificado foco em três dos oito imóveis no ano de 2023, sendo eles os imóveis D, E2 e G. Os imóveis D e G, localizados mais ao sul da APA, apresentaram um foco em áreas próximas, quanto ao imóvel E2, este apresentou foco de incêndio em três pontos de sua propriedade, um deles em ponto indicando nascente. Sobre a ausência de saneamento foram consultados os dados do SNIS, do mapeamento e caracterização dos núcleos urbanos informais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e do Censo Demográfico do ano de 2022. Acerca do acesso à rede de esgoto no município apenas 23,41% da população é atendida (IBGE, 2022).

O bairro Horto, onde está localizada a APA, é classificado como Zona de Renovação Urbana no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juazeiro do Norte (PPDU) (JUAZEIRO DO NORTE, 2000), ou seja, área destinada a zonas residenciais de média densidade. É também um importante ponto turístico do município, mas como não houve um

planejamento adequado para a ocupação do bairro os problemas espaciais e ambientais se intensificaram, ocasionando entre outros impactos a ausência de drenagem e coleta de esgoto, além de descarte inadequado de resíduos sólidos (RODRIGUES *et al.*, 2018). No ano de 2023 a Parceria Público-Privada entre a Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece e a Empresa Ambiental Ceará iniciou operações de esgotamento sanitário na região do Cariri, incluindo em Juazeiro do Norte.

Quanto às áreas degradadas foram utilizados os dados obtidos a partir da análise de uso e ocupação do solo. Considerando os três critérios definidos como fator ameaça, os imóveis B e C obtiveram nota 0,65 devido às respostas positivas para ausência de saneamento e área degradada na análise de uso e ocupação em 2023, assim como na verificação da situação atual. O imóvel B possui área de vegetação conservada, porém apresenta APP degradada devido à lavouras temporárias ao longo do curso do rio que percorre a propriedade, além de passivo a recompor na RL.

Os imóveis D e E2 obtiveram nota 0,65 visto que houve focos de fogo em suas áreas e o imóvel G nota 1, pois além do foco de fogo verificado anteriormente, também possui áreas degradadas.

O imóvel A possui área destinada a pastagem que foi classificada como área rural consolidada, além disso, nas duas análises realizadas foi identificado área de floresta conservada na propriedade, inclusive nos hectares que estão inseridos nos limites da APA. Nas demais propriedades não foram identificadas ameaças nos anos de 2023 e 2024.

Com os valores definidos o próximo passo foi calcular o Fator APA seguido do Valor de Referência Anual (VRA) para cada imóvel. O Fator APA se dá pelo somatório do Fator Importância e Fator Ameaça dividido por quatro e somado a constante 1. A Tabela 5 apresenta a síntese dos resultados do F_{imp} , do F_{am} e o valor do Fator APA após o cálculo para todos os imóveis estudados.

Tabela 5 – Resultado do Fator APA para imóveis presentes na APA Colina do Horto do Padre Cícero em Juazeiro do Norte

Imóvel	Constante	F_{imp}	F_{am}	Total Fator APA
A	1	0,77	0,30	1,26
B	1	0,65	0,65	1,32
C	1	0,83	0,65	1,37
D	1	0,83	0,65	1,37
E1	1	0,73	0,65	1,34
E2	1	0,85	0,65	1,37

(Continuação)

Imóvel	Constante	F_{imp}	F_{am}	Total Fator APA
F	1	0,83	0,30	1,28
G	1	0,75	1	1,44

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Legenda: Fimp: Fator importância; Fam: Fator Ameaça.

O VRA é obtido através da multiplicação da constante Coeficiente de Valoração (CV) pela Unidade Fiscal do município e pelo Fator APA, apresentado na Tabela 5. A unidade fiscal do município de Juazeiro do Norte é equivalente a R\$7,66 (JUAZEIRO DO NORTE, 2022), quanto ao CV para esta pesquisa foi atribuído valor 8. A Tabela 6 apresenta o VRA para cada imóvel presente na Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero.

Tabela 6 – Valor de Referência Anual para imóveis rurais presentes na APA Colina do Horto do Padre Cícero

Imóvel	CV	UFIRM	Fator APA	Total VRA
A	8	R\$7,66	1,26	77,67
B	8	R\$7,66	1,32	81,19
C	8	R\$7,66	1,37	84,26
D	8	R\$7,66	1,37	84,26
E1	8	R\$7,66	1,34	82,42
E2	8	R\$7,66	1,37	84,26
F	8	R\$7,66	1,28	78,89
G	8	R\$7,66	1,44	88,39

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Legenda: CV: Coeficiente de valoração; UFIRM: Unidade Fiscal de Referência do Município Juazeiro do Norte; VRA: Valor de Referência Anual.

O valor do Fator APA variou de acordo com a porcentagem de cada propriedade dentro dos limites da APA, com o estado da vegetação e presença de nascentes, mas o Fator Ameaça contribuiu bastante para aumentar a nota de algumas propriedades, como a E2 e a G. Isso acontece, pois quanto maior o nível de ameaças presentes em uma propriedade maior é o número de ações que deverão ser realizadas para garantir a recuperação e conservação da mesma. No entanto, mesmo priorizando pequenas propriedades no Fator Importância, o tamanho da área total dos imóveis se mostrou o fator decisivo no valor final a ser pago aos

proprietários, como verificado no valor do PSA dos imóveis A, B e E2, apresentados a seguir. A Tabela 7 apresenta a expectativa de valor a ser pago para o imóvel A.

Tabela 7 – Expectativa de valor do PSA para o Imóvel A

Classes	VRA	Área da classe	Ca	Total
1	77,67	100	1	7767
2	77,67	100	0,5	3883,5
3	77,67	100	0,25	1942,75
4	77,67	100	0,125	970,875
5	77,67	100	0,0625	485,4375
6	77,67	60	0,03125	145,631
PSA=				R\$15.194,19

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Legenda: VRA: Valor de Referência Anual; Ca: Coeficiente de Classe.

O que pode ser percebido é que mesmo obtendo os menores valores para Fator APA e para o VRA a área total do Imóvel A teve muita influência no valor do seu PSA. O Imóvel B apresentou área com nascentes e conectividade com outros fragmentos florestais, mas também possui APP degradada ao longo do curso de um rio, obteve o terceiro maior valor para Fator APA e VRA. A expectativa de valor para essa propriedade é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Expectativa de valor do PSA para o Imóvel B

Classes	VRA	Área da classe	Ca	Total
1	81,19	100	1	8119,6
2	81,19	100	0,5	4059,8
3	81,19	97,71	0,25	1983,415
PSA=				R\$ 14.162,82

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Legenda: VRA: Valor de Referência Anual; Ca: Coeficiente de Classe.

O caso do Imóvel E2 é semelhante ao primeiro visto que, além da ameaça indicada, a área total da propriedade elevou o valor do PSA. É importante salientar que para receber o valor total do PSA os proprietários devem implementar ações para mitigar as ameaças indicadas, de modo a restaurar e/ou conservar a vegetação. A expectativa de valor do PSA a ser pago para o imóvel E2 é apresentada na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Expectativa de valor do PSA para o Imóvel E2

Classes	VRA	Área da classe	Ca	Total
1	84,26	100	1	8426
2	84,26	100	0,5	4213
3	84,26	100	0,25	2016,5
4	84,26	29	0,125	305,44225
PSA=				R\$ 15.050,94

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Legenda: VRA: Valor de Referência Anual; Ca: Coeficiente de Classe.

Os Imóveis C e E1 também obtiveram valores semelhantes, pois a partir da análise dos demonstrativos do SICAR e do uso e ocupação do solo foi verificado que os dois possuem mais de 50 por cento de sua área dentro da APA e menos de quatro módulos fiscais. Os dois imóveis apresentaram área degradada no ano de 2023.

Na análise de uso e ocupação foram encontrados múltiplos usos do solo nas duas propriedades, porém a Lei Federal nº 12.651/12 permite determinados usos inclusive em área de Reserva Legal, cabe verificar se as atividades presentes nos imóveis citados se enquadram no permitido pela legislação.

A expectativa de valor para os Imóveis C e E1 são apresentados nas Tabelas 10 e 11, respectivamente.

Tabela 10 – Expectativa de valor do PSA para o Imóvel C

Classes	VRA	Área da classe	Ca	Total
1	84,26	46,02	1	3877,6452
2	84,26	0	0,5	0
PSA=				R\$ 3.877,65

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Legenda: VRA: Valor de Referência Anual; Ca: Coeficiente de Classe.

Tabela 11 – Expectativa de valor do PSA para o Imóvel E1

Classes	VRA	Área da classe	Ca	Total
1	82,42	50,08	1	4127,5936
2	82,42	0	0,5	0
PSA=				R\$ 4.127,59

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Legenda: VRA: Valor de Referência Anual; Ca: Coeficiente de Classe.

A conservação de áreas de vegetação nativa, como RL e APP, pode agregar valor às propriedades rurais por meio da participação em programas de incentivos fiscais e financeiros, como a Servidão Ambiental, a Cota de Reserva Ambiental, os programas de créditos de carbono e os PSA (BRASIL, 2012).

Além disso, a partir do Programa de Regularização Ambiental (PRA) os proprietários rurais que realizam a regularização de seus imóveis, podem obter auxílio e assistência técnica (OLIVEIRA *et al.*, 2020; DAUGEARD; BURSZTYN; LE TOURNEAU, 2022). Desse modo, pode haver recomposição de áreas degradadas e também melhora na qualidade ambiental e na sustentabilidade das propriedades rurais.

Por outro lado, atividades como agricultura e pecuária extensiva, desenvolvimento residencial sem planejamento, queimadas e poluição também comprometem a biodiversidade local, uma vez que a destruição de habitats naturais pode resultar na extinção ou no empobrecimento de espécies nativas (IBAMA, 2022). Ademais, imóveis que não adotam práticas de conservação ambiental tendem a gerar uma série de impactos negativos, por exemplo, aumento da erosão, redução da fertilidade do solo e assoreamento de corpos hídricos (RODRIGUES *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a conservação de áreas ambientais dentro dos imóveis não beneficia apenas o equilíbrio dos ecossistemas, mas também pode gerar benefícios econômicos para os proprietários, como o acesso aos mecanismos de compensação financeira, a exemplo do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e do Mercado de Créditos de Carbono, este último regulamentado pela Lei Federal nº15.042, de dezembro de 2024 (BRASIL, 2024), além de auxiliar no controle da erosão e proteção de nascentes.

Os Imóveis D e F obtiveram bom índice de VRA, porém devido a área de ambas as propriedades ser menor que um módulo fiscal a expectativa de valor do PSA foi consideravelmente mais baixa que das demais propriedades. A expectativa de valor para a propriedade é apresentada na Tabela 12.

Tabela 12 – Expectativa de valor do PSA para o Imóvel D

Classes	VRA	Área da classe	Ca	Total
1	84,26	7,56	1	637,0056
2	84,26	0	0,5	0
PSA=				R\$ 637,01

Fonte: Elaborado pela autora (2024).
Legenda: VRA: Valor de Referência Anual; Ca: Coeficiente de Classe.

O Imóvel D se encontra próximo a entrada do Geossítio Colina do Horto, região com muitas residências e que apresenta risco de inundação e outros problemas por conta de ocupações irregulares, da falta de planejamento e de infraestrutura (RODRIGUES *et al.*, 2018; LUNA *et al.*, 2023). Além disso, apresentou foco de incêndio, o que ressalta a importância da educação ambiental para a conservação da área, que poderia vir a partir do envolvimento com um programa de PSA. A Tabela 13, a seguir, apresenta o valor para o Imóvel F.

Tabela 13 – Expectativa de valor do PSA para o Imóvel F

Classes	VRA	Área da classe	Ca	Total
1	78,89	4,04	1	318,7156
2	78,89	0	0,5	0
PSA=				R\$ 318,72

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Legenda: VRA: Valor de Referência Anual; Ca: Coeficiente de Classe.

Em relação ao Imóvel F, que é a menor propriedade dentre as estudadas, além de não ter indicativo de focos de incêndio no ano de 2023 apresentou vegetação em bom estado de conservação em todas as análises. Contudo, obteve a menor expectativa de valor a ser pago pelos serviços ambientais fornecidos. No entanto, a expectativa de valor para os imóveis D e F se aproximam ao definido por outros programas de PSA.

O Programa Conservador de águas definiu um valor de referência a ser pago aos produtores rurais, fixado em cem Unidades Fiscais do Município por hectare ano (EXTREMA, 2005), o equivalente a R\$ 344,00/ha/ano após reajuste no ano de 2022 (EXTREMA, 2022). O programa é voltado para pequenas propriedades e no ano de 2015 com 13 contratos firmados contabilizou uma área de 262 hectares (EXTREMA, 2016).

De forma semelhante o Projeto Oásis, também determinou um valor de referência para os pagamentos. No município de São Paulo foi utilizada uma metodologia de custo de reposição e estimado como valor máximo a quantia de R\$370,00/ha/ano (FUNDAÇÃO GRUPO O BOTICÁRIO *et al.*, 2017). Já no município de Apucarana no qual o projeto de PSA foi aprovado por lei municipal, o valor determinado foi de duas Unidades Fiscais do Município por mês caso a propriedade cumpra todos os requisitos dispostos no Decreto nº107/2009 (APUCARANA, 2009). Atualmente a UFM de Apucarana corresponde a R\$98,45 (APUCARANA, 2023).

O Imóvel G obteve o maior valor de VRA, pois possui vegetação em bom estado de conservação e com conectividade, mas também apresentou duas ameaças. Além disso, possui 3,8 módulos fiscais de modo que ainda é considerada uma pequena propriedade rural. A expectativa de valor a ser pago para o Imóvel G é apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 – Expectativa de valor do PSA para o Imóvel G

Classes	VRA	Área da classe	Ca	Total
1	88,39	98,99	1	8749,7261
2	88,39	0	0,5	0
PSA=				R\$ 8.749,73

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Legenda: VRA: Valor de Referência Anual; Ca: Coeficiente de Classe.

No entanto, se comparada às propriedades anteriores, de maior e menor área, é possível observar que o tamanho da área influenciou o valor do PSA. Isso ocorre por que a proposta metodológica do Projeto CAP/RPPN considera a extensão de área, além das características, ameaças e ações que os proprietários devem realizar para determinar o valor a ser pago.

Assim como na APA Colina do Horto do Padre Cícero, no ano de 2011, a área das propriedades contratadas no município de São Paulo variou de 5ha a 269ha e em Apucarana o valor total do PSA entre as propriedades diferiu em quase R\$6.000,00. A diferença no tamanho dos imóveis também foi observada no Projeto CAP/RPPN que de acordo com o Edital de Chamada nº01/2021 selecionou propriedades de 7ha até 142ha, de modo que também houve grande variação no valor total do PSA (SÃO PAULO, 2021).

Em face aos problemas enfrentados pelo município Juazeiro do Norte e considerando que o mesmo já possui diversas atividades voltadas para a conservação, visto que está inserido no Geopark Araripe, um projeto que incentiva a restauração florestal, como um PSA, pode auxiliar na sustentabilidade da região. De acordo com Liu *et al.* (2022) e Ran *et al.* (2023) projetos de restauração ecológica do espaço urbano podem mitigar impactos ambientais negativos e influenciar o crescimento de serviços ecossistêmicos como sequestro de carbono e qualidade de habitats, auxiliando na sustentabilidade das cidades.

Segundo Coelho; Gomes; Cassano (2021) os programas de PSA priorizam a proteção dos recursos hídricos por meio de conservação de florestas e as áreas de nascentes e rios aparecem como critério de valoração e de escolha das propriedades. No município Juazeiro do Norte a disponibilidade de água é um recurso crítico (FERREIRA *et al.*, 2022) pois as águas

subterrâneas que abastecem o município sofrem impactos na recarga devido à falta de chuvas, ao desmatamento e a compactação do solo (LEMOS *et al.*, 2024). Além disso, Ferreira *et al.* (2020), Paula Filho *et al.* (2020), Silva *et al.* (2023), Lima *et al.* (2024) e Moreira (2024) alertaram para a poluição das águas superficiais e subterrâneas na região que o município se encontra.

A quantidade e a qualidade dos recursos hídricos dependem de variáveis como cobertura florestal e o manejo dessas áreas, portanto, medidas de incentivo aos produtores poderiam contribuir com a manutenção desses recursos e mitigar impactos negativos (AQUOTTI; YAMAGUSHI; GONÇALVES, 2019). Pois, conforme demonstrado no estudo de Martins; Castro; Silva (2022) e Chen *et al.* (2022) a preservação de áreas ambientais pode ser mais econômica a longo prazo, visto que o custo de reparação de danos causados à áreas prestadoras de serviços ambientais é elevado. Por isso, o valor proposto é um dos fatores determinante para o sucesso do PSA, uma vez que ele deve mostrar que a preservação é mais vantajosa que o cultivo de determinadas áreas, mas estar alinhado com o disposto a pagar pela população (BEZERRA *et al.*, 2023). Outros fatores importantes para a eficácia de um PSA são a educação ambiental e monitoramento durante o seu processo, além das motivações e contexto local de cada comunidade envolvida no processo (SHIH *et al.*, 2020; ISYAKU, 2021; BENRA *et al.*, 2022; COELHO; GOMES; JODAS, 2024).

Até o ano de 2020 trinta municípios do Estado do Ceará possuíam programas de PSA implementados por meio de legislação municipal e destes, o serviço ambiental mais buscado era a conservação e recuperação da qualidade dos recursos hídricos (IBGE, 2021). Assim, Juazeiro do Norte tem potencial para implementar um programa semelhante, pois os PSA são utilizados como incentivo para a restauração e conservação de áreas protegidas como RL e APP (COLMAN *et al.*, 2022; PORTELLA; SANTOS; COELHO, 2024), visto que as diferentes metodologias de valoração ambiental utilizadas permitem demonstrar os múltiplos benefícios dos serviços ecossistêmicos e ambientais, de modo que podem auxiliar a gestão de espaços protegidos (CHAVES *et al.*, 2021; PISSANI *et al.*, 2021; COOK; DAVIDSDÓTTIR, 2022).

6 CONCLUSÃO

O instrumento Pagamento por Serviços Ambientais em áreas protegidas oferece uma oportunidade significativa de incentivar a adoção de técnicas de cultivo e uso da terra mais sustentáveis em ecossistemas sensíveis. Além disso, o PSA é constantemente associado à conservação de florestas para mitigação de mudanças climáticas, propiciando benefícios como redução de desmatamento e melhoria na qualidade da água e do ar, desafios enfrentados nos municípios, a exemplo do município de Juazeiro do Norte, o qual foi objeto de estudo de caso deste trabalho.

A adaptação da metodologia CAP/RPPN para fins de pagamento por serviços ambientais em áreas protegidas se mostrou a mais coerente com os objetivos propostos, o que determinou sua escolha para adaptação deste trabalho; podendo significar uma ferramenta a ser replicada para áreas protegidas.

Foi possível identificar mecanismos para efetivar adaptações metodológicas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), permitindo uma avaliação mais detalhada das propriedades rurais estudadas. São exemplos os dados do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural, do Censo Demográfico do IBGE, do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento, dos Perfis Municipais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e da plataforma MapBiomas, além dos Sistemas de Informação Geográfica e geoprocessamento.

De modo que a partir da adaptação do procedimento metodológico realizado por esta investigação, foi possível obter informações relevantes sobre os pontos fortes e vulnerabilidades das propriedades, considerados as razões para a expectativa de valor obtida. Além disso, o PSA, ao incorporar esses mecanismos, se revelou uma ferramenta valiosa para o monitoramento das ameaças ambientais presentes na região, bem como para a análise comparativa entre diferentes áreas. Dessa forma, ele não se limita ao pagamento a ser realizado, mas oferece uma gama de possibilidades para apoiar a gestão ambiental.

Em relação à diferença significativa no valor estimado para o pagamento por serviços ambientais entre as propriedades foi observado que o tamanho do imóvel pode ser um fator determinante na valoração dos serviços ambientais. Esse resultado é consistente com o valor obtido em outros programas de PSA que fazem uso de outras metodologias de valoração.

Na tentativa de ajustar a metodologia de valoração do PSA para lidar de maneira mais equitativa com as propriedades de diferentes tamanhos também foram levados em consideração fatores como a localização, a cobertura do solo, e a presença de nascentes nas

propriedades. Dessa forma, a metodologia pode ser mais inclusiva e adaptada à realidade de propriedades menores, ao mesmo tempo em que continuaria a valorizar as áreas maiores.

Propriedades com maior extensão territorial como as propriedades A, B e E2 apresentam capacidade de fornecer uma quantidade maior de serviços ecossistêmicos, desde que a área esteja conservada, o que justifica um valor de pagamento mais elevado.

No entanto, o valor de R\$318,72 para a propriedade F, apesar de estar diretamente relacionado ao seu tamanho, pode não ser suficiente para cobrir os custos de implementação de práticas ambientais sustentáveis ou incentivar o proprietário a manter os serviços ambientais prestados pela propriedade.

Isso indica que, embora o pagamento por serviços ambientais seja uma ferramenta importante, ele pode ser ineficaz se não forem consideradas outras variáveis, como a rentabilidade da atividade agrícola, os custos de implementação das práticas de conservação e o contexto socioeconômico local. A implementação de um PSA que equilibra essas diferenças pode ser crucial para garantir que tanto propriedades pequenas quanto grandes sejam incentivadas de forma justa e eficaz.

Portanto, considerando que a efetivação do instrumento PSA ainda é um desafio no País e não há metodologia para valorar os serviços ambientais definida na legislação brasileira, a adaptação de metodologias para áreas protegidas pode colaborar com a gestão desses espaços e para o alcance de seus objetivos.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual Operativo do Programa Produtor de Água/** Agência Nacional de Águas. 2º Edição. Brasília: ANA, 2012. 84p.
- AGGESTAM, F.; KONCZAL, A.; SOTIROV, M.; WALLIN, I.; PAILLET, Y.; SPINELLI, R.; LINDNER, M.; DERKS, J. HANEWINKEL, M.; WINKEL, G. Can nature conservation and wood production be reconciled in managed forests? A review factors for integrated forest management in Europe. **Journal of Environmental Management**, v. 286, p. e110670, 2020.
- ALMEIDA, M. R. R.; SILVA, R. F.; SANTOS, A. C. Análise do potencial de implantação de projetos de pagamento por serviços ambientais (PSA) na região de Uberlândia. **HOLOS**, [s. l.], v.1, n. 3, p.1-17, 2019.
- ANDRADE, D. C. **Modelagem e valoração de serviços ecossistêmicos: uma contribuição da economia ecológica**. 2010. 269 f. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2010.
- APUCARANA, PR. Decreto nº 197, de 23 de março de 2009, que regulamenta a Lei Municipal nº058/2009, dispõe sobre a criação do Projeto Oásis, e autoriza o Executivo Municipal a prestar apoio técnico e financeiro aos proprietários rurais e dá outras providências.
- APUCARANA, PR. Decreto nº 904, de dezembro de 2023. Atualiza a UFM do Município de Apucarana. Diário Oficial do Município, ed.9662, p. B4, 14 dez. 2023.
- ARAÚJO, I. S. **Identificação e valoração de serviços ecossistêmicos no Parque das Dunas, Natal-RN**. 2018. 85 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2018.
- ASSIS, P. C.; FARIA, K. M. S.; BAYER, M. Unidades de Conservação e sua efetividade na proteção dos recursos hídricos na Bacia do Rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e60335, 2022.
- AVALIAÇÃO DO MILÊNIO. **Ecossistemas e bem-estar humano: estrutura para uma avaliação**. Relatório do Grupo de Trabalho da Estrutura Conceitual da Avaliação Ecológica do Milênio. Tradução de Renata Lúcia Bottini. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.
- AZEVEDO, D. M. C. Os Serviços Ecossistêmicos e sua valoração. In: SIMPÓSIO DA CIENCIA DO AGRONEGÓCIO, 6, 2018, Porto Alegre, RS. **Anais Eletrônicos [...]**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2018. Disponível em: <https://ufrgs.br/cienagro/anais/>. Acesso em: 13 ago. 2013.
- BARANOVSKI, G.; NIKODEMUS, O.; BRUMELIS, G.; ELFERTS, D. Biodiversity conservation in private forests: Factors driving landowner's attitude. **Biological Conservation**, n. 266, p. e109441, 2022.

BARCELOS, T.; CAMARGO, P.; MOTA, L.; BESERRA, R. Valoração econômica e ambiental do Parque Estadual da Serra do Ouro Branco através da metodologia de Costanza, *et al.*, (1997). **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.14, n.1, p. 147-161, 2020.

BENRA, F.; NAHUELHUAL, L.; FELIPE-LUCIA, M.; JARAMILLO, A.; JULLIAN, C. BONN, A. Balancing ecological and social goals in PES design – Single objective strategies are not sufficient. **Ecosystem Services**, v. 53, p. e101385, 2022.

BEZERRA, J. P. P.; OLIVIECKI, I.; FONTANELI, R. S.; SALOMINI, S. R. Pagamentos de Serviços Ambientais de APP'S: conceitos fundamentais e geotecnologias como aporte inicial para implantação de projetos PSA em áreas de preservação permanente de nascentes do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Cravo. **Revista de Tecnologia e Gestão Sustentável**, v.2, n.9, p.382-394, 2023.

BÖRGER, T., HOOPER, T.L., AUSTEN, M.C., MARCONE, O. AND RENDÓN, O., Using stated preference valuation in the offshore environment to support marine planning, **Journal of Environmental Management**, v.265, p. e110520, 2020.

BORRINI-FEYERABEND, G., N. DUDLEY, T. JAEGER, B. LASSEN, N. PATHAK BROOME, A. PHILLIPS E T. SANDWICH (2017). **Governança de Áreas Protegidas: da compreensão à ação**. Série Diretrizes para melhores Práticas para Áreas Protegidas, No. 20, Gland, Suíça: UICN. xvi + 124pp.

BOTELHO, R. G. M.; BRILHA, J. Principles for Developing a National Soil Heritage Inventory. **Geoheritage**, v.14, n.7, p.1-13, 2022.

BRASIL. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. [S. l.], 18 jul. 2000. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, p. 1, 19 jul. 2000.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; 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; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 28 mai. 2012.

BRASIL. Lei Federal nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nº 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União**: Seção. 1, Brasília, DF, p. 7, 14 jan. 2021.

BRASIL. Lei Federal nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE); e altera as Leis nºs 12.187, de 29 de dezembro de 2009, 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal), 6.385, de 7 de dezembro de 1976 (Lei da Comissão de Valores Mobiliários), e 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (Lei de Registros Públicos). **Diário Oficial da União**: Edição 239, Seção 1, p.4, Brasília, DF, 12 dez.

BRASIL, J. G.; RIBEIRO, S. C.; CARVALHO NETA, M. L. Identificação das potencialidades geoturísticas do Geopark Araripe – estudos iniciais dos geossítios inseridos em áreas de conservação de proteção Integral. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v. 21, n. 2, p. 1038-1048. 2019.

CABRAL, N. R. A. J. Unidades de Conservação no GeoPark Araripe. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2021.

CABRAL, N. R. A. J.; SILVA, A. C. Serviços ecossistêmicos em áreas protegidas: análises de duas unidades de conservação cearenses face ao atendimento de compromissos internacionais. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.8, p.127-138, 2021.

CAMPO GRANDE, MS. Decreto nº11.303, de 2 de setembro de 2010. Altera dispositivo do Decreto nº7.884, de 30 de julho de 1999 e dá outras providências. Diário Oficial de Campo Grande-MS, ano XIII – nº3.109, 3 de setembro de 2010.

CAMPO GRANDE, MS. Edital nº1/2015. Programa Manancial Vivo – PMV. Regras para o credenciamento de proprietários rurais visando a seleção de propostas destinadas à conservação de solo, água e florestas e ao recebimento de pagamento por serviços ambientais no município de Campo Grande. Diário Oficial de Campo Grande – MS, ano XVIII, n. 4.247, 09 de abril de 2015.

CARVALHO NETA, M. L.; CORRÊA, A. C. B.; BÉTARD, F. Quantificação da Geodiversidade do Geopark UNESCO Araripe. **REGNE**, v. 5, n. 2, p.81-96, 2019.

CASTILLO-EGUSKITZA, N., HOYOS, D., ONAINDIA, M. AND CZAJKOWSKI, M., Unraveling local preferences and willingness to pay for different management scenarios: A choice experiment to biosphere reserve management, **Land Use Policy**, v.88, p. e104200, 2019.

CDB. Convenção sobre a Diversidade Biológica. CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. Fifteenth meeting – Part II Montreal, Canada, 7-19 December 2022. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf>

CDB. Convenção sobre a Diversidade Biológica. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 5. Montreal, 2020. Disponível em: <https://www.cbd.int/gbo/gbo5/publication/gbo-5-es.pdf>.

CDB. Convenção sobre a Diversidade Biológica. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. The Forest Factor: The role of protection, restoration and sustainable management of forests for the implementation of the Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework, 2024. Disponível em: <https://www.cbd.int/forest/doc/forest-factor-en.pdf>

CEARÁ (Estado). Decreto nº 34.608, de 29 de março de 2022. Dispõe sobre a criação da Unidade de Conservação Estadual de uso sustentável da categoria de Área de Proteção Ambiental (APA) denominada Horto do Padre Cícero no município de Juazeiro do Norte e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Ceará**: Série 3, Ano XIV, nº069, Fortaleza/CE, 29 mar. 2022.

CEARÁ (Estado). Lei nº14.247, de 14 de julho de 2023. INSTITUI A POLÍTICA ESTADUAL SOBRE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS DO CEARÁ. **Diário Oficial do Estado do Ceará**: Série 3, Ano XV, nº 132, Fortaleza/CE, 14 jul. 2023.

CEARÁ (Estado). Planejamento Estratégico Araripe Geoparque Mundial da UNESCO Período: 2023 a 2026. 2023. Disponível em: <https://geoparkararipe.urca.br/>

CHAVES, A. M. S.; VIEIRA, A. G. T.; FRANÇA, E. M.S.; SANTOS, E. J.; TEIXEIRA, G. S. S.; SILVA, J. I. S; SOUZA, R. M. Análise dos serviços ecossistêmicos na paisagem semiárida da Bacia do Riacho São José, Pernambuco. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 12, n.1, p. 139-158, 2021.

CHEN, W.; WALLHEAD, P.; HYNES, S.; GROENEVELD, R.; O'CONNOR, E.; GAMBI, C.; DANOVARO, C.; TINCH, R.; PAPADOPOULOU, N.; SMITH, C. Ecosystem service benefits and costs of deep-sea ecosystem restoration. **Journal of Environmental Management**, v. 303, p. e114127, 2022.

CLEMENTS, J.; LOBLEY, M.; OSBORNE, J.; WILLS, J. How can academic research on UK agri-environment schemes pivot to meet the addition of climate mitigation aims? **Land Use Policy**, v. 106, p. e105441, 2021.

COELHO, N. R.; GOMES, A. S.; CASSANO, C. R. Como se paga pelo serviço ambiental hídrico? Uma revisão das experiências brasileiras. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 56, p.139-157, 2021.

COELHO, N. R.; GOMES, A. S.; JODAS, N. Elementos essenciais do pagamento por serviços ambientais. **Veredas do Direito**, v.21, p. e212734, 2024.

COLMAN, C. B.; GUERRA, A.; ROQUE, F. O.; ROSA, I. M. D.; OLIVEIRA, P. T. S. Identifying priority regions and territorial planning strategies for conserving native vegetation in the Cerrado (Brazil) under different scenarios of land use changes. **Science of the Total Environment**, v. 807, n.3, p. e150998, 2022.

CONRAD, O., BECHTEL, B., BOCK, M., DIETRICH, H., FISCHER, E., GERLITZ, L., WEHBERG, J., WICHMANN, V., E BÖHNER, J. (2015): Sistema para Análises Geocientíficas Automatizadas (SAGA) v. 2.1.4, Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007, doi:10.5194/gmd-8-1991-2015

COOK, D.; DAVÍÐSDÓTTIR, B. A preliminary estimate of the economic value of Iceland's terrestrial Ecosystem services and opportunities for future research. **Sustainable Futures**, v. 4, p. e100076, 2022.

CORREA, J.; CISNEROS, E.; BORNER, J.; PFAFF, A.; COSTA, M.; RAJÃO, R. Evaluating REDD+ at subnational level: Amazon fund impacts in Alta Floresta, Brazil. **Forest Policy and Economics**, v.116, p. e102178, 2020.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; VAN DEN CORREIA, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v.387, p. 253-260, 1997.

COSTEMALLE, V. B.; CANDIDO, H. M. N.; CARVALHO, F. A. An estimation of ecosystem services provided by urban and peri-urban forest: a case study in Juiz de Fora, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 53, n.4, p. e20210208, 2023.

CRATO, CE. Lei Municipal nº 3.296 de 25 de agosto de 2017. Cria o Programa Municipal Produtor de Água, com o objetivo de promover a melhoria da qualidade das águas e assegurar a disponibilidade dos recursos hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, CE, Ano 2017, Edição nº 3760E, 28 ago. 2017.

DAILY, G. C. Introduction: What are Ecosystem Services? In: Daily, G.C. (Ed.) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, D.C., 1-10. 1997.

DAUGEARD, M.; BURSZTYN, M.; LE TOURNEAU, F.M. Incentivar a regularização ambiental das propriedades rurais: aprendizados de iniciativas municipais no estado de Mato Grosso. **Dinâmicas socioambientais no Brasil: atores, processos e políticas**, v.10.18472, e.9786587999333, p. 333-365, 2022.

DE GROOT, R. S., WILSON, A. M., & BOUMANS, R. M. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n.3, p. 393-408, 2002

DEMARCHI, G.; SUBERVIE, J.; CATRY, T.; TRITSCH, I. Using publicly available remote sensing products to evaluate REDD+ projects in Brazil. **Global Environmental Change**, v. 80, p. e102653, 2023.

DUARTE, A. K. G.; CABRAL, N. R. A. J. Diagnóstico do nível de sustentabilidade em comunidade do Geopark Araripe da UNESCO. *Revista Produção Online*. Florianópolis, SC, v. 21, n. 3, p. 973-999, 2021

ESPIRITO SANTO (Estado). Lei Estadual nº8.995 de 22 de setembro de 2008. Institui o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Espírito Santo*, 23 de setembro de 2008. Disponível em: https://ioes.dio.es.gov.br/portal/visualizacoes/diario_oficial

EXTREMA, MG. Decreto nº 4.317, de 15 de setembro de 2022. Fixa o valor da UFEX para o ano de 2023 e dá outras providências. 15 set. 2022.

EXTREMA, MG. Lei nº 2.100, de 21 de dezembro de 2005. Cria o Projeto Conservador das Águas, autoriza o executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais e dá outras providências. [S. l.], 21 dez. 2005.

EXTREMA, MG. Projeto Conservador das Águas. Resumo Executivo. 2016.

FARINHA, M. J. U. S.; BEREZUK, A. G.; BERNARDO, L. V. M.; SOARES FILHO, A. Assessment of Ecosystem Services Provided by a Green Urban Infrastructure in Brazilian Atlantic Forest Biome Areas – Dourados, Mato Grosso do Sul. **Sociedade & Natureza**, v. 35, p. e682119, 2023.

FÉLIX, A. C. T.; FONTGALLAND, I. L. Áreas protegidas no Brasil e no mundo: quadro geral de sua implementação. **Research, Society and Development**, v.10, n. 12, p. e187101219970, 2021.

FERNANDES, L. S. C.; VIEIRA, K. S.; SANFORD, R. S.; CASTRO, A. E. P. C.; MENESCAL, L. M. Estratégia de desenvolvimento sustentável no Cariri: a experiência do Geopark Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 10., 2019, Fortaleza, CE. **Anais [...]**. Fortaleza: UniFor, 2019. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/congresso10.htm>. Acesso em: 15 jul 2023

FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M.; GARCIA, J. R.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; PINTO, A. S.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, A. J.; LIMA, A. H. S. Assesment of land use land cover changes and valuation of carbon stocks in the Sergipe semiarid region, Brazil: 1992-2030. **Land Use Policy**, v. 99, p. e104795, 2020.

FERREIRA, L. M. R. **Análise e valoração da disponibilidade de bens e serviços ecossistêmicos em uma microbacia hidrográfica predominantemente urbanizada, Paraíba, Brasil**. 2018. 111f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2018.

FERREIRA, M. S.; SIQUEIRA, J. G.; OLIVEIRA, V. P. S.; COSTA, D. A. Análise de políticas públicas municipais de pagamento por serviços ambientais hídricos através do Índice de Avaliação de Políticas Públicas: o estado do Rio de Janeiro (Brasil) como modelo de estudo. **Água y Territorio**, v. 23, p. 257-277, 2024

FERREIRA, S.K.; CARNEIRO, N. M. A.; SARAIVA, C.; MUNIZ, R. L. **Análise da disponibilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos Município de Juazeiro do Norte, Ceará**. In: Semiárido Brasileiro – Volume 4/Organização Editora Poisson – Belo Horizonte - MG: Poisson, 2020.

FLEIG, R.; NASCIMENTO, I. B.; VALDATI, J. Geoparques: desenvolvimento e agenda 2030. **Revista do Departamento de Geografia - Universidade de São Paulo**, v. 42, p. e193925, 2022.

FREITAS, F. I. **Geopark Araripe, Geoconservação e Desenvolvimento Sustentável: uma estratégia inclusiva**. 2019. 142 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2019.

FUNDAÇÃO GRUPO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO A NATUREZA (FGB); THE NATURE CONSERVANCY DO BRASIL (TNC); MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA); DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ). **Guia para a formulação de políticas públicas estaduais e municipais de pagamento por serviços ambientais**. 2017. [recurso eletrônico]. Disponível em: https://www.fundacaogrupoboticario.org.br/pt/Biblioteca/Guia_para_Pol%C3%ADticas_P%C3%BAblicas_de_PSA.pdf

FUNDO AMAZÔNIA: relatório de atividades, 2022. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2009-. Anual. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/23145>.

GARCIA, J. M.; LONGO, R. M. Pagamento por Serviços Ambientais: levantamento bibliométrico nos últimos dez anos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [s. l.], v. 7, n. 48, p.18-27, 2019.

GIUDICE, R.; BORNER, J. Benefits and costs of incentive-based forest conservation in the Peruvian Amazon. **Forest Policy and Economics**, v. 131, p. e102559, 2021.

GOLUB, A.; HERRERA, D.; LESLIE, G.; PIETRACCI, B.; LUBOWSKI, R. A real options framework for reducing emissions from deforestation: Reconciling short-term incentives with long-term benefits from conservation and agricultural intensification. **Ecosystem Services**, v. 49, p. e101275, 2021.

GOMES, A. S. **Mapeamento e valoração de bens e serviços ecossistêmicos no semiárido brasileiro**. 2019. 86 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

GOMES, F. V. S.; SANTOS, A. M. F.; GUERRA, R. G.P.; QUEIROZ, L. R.; MENEZES, M. O. T.; MORO, M. F. Ecological representativeness and total área protected by natural reserves in Ceará State, Brazil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e64481, 2022.

GRILLI, G., TYLLIANAKIS, E., LUISETTI, T., FERRINI, S. AND TURNER, R.K. Prospective tourist preferences for sustainable tourism development in Small Island Developing States, **Tourism Management**, v.82, p.e104178, 2021.

HAINES-YOUNG, R. (2023): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) v.5.2 and Guidance on the Application of the Revised Structure.

HIPÓLITO, J.; SOUSA, B. S. B.; BORGES, R. C.; BRITO, R. M.; JAFFÉ, R. DIAS, S.; FONSECA, V. L. I.; GIANNINI, T. C. Valuing nature's contribution to people: The pollination services provided by two protected áreas in Brazil, **Global Ecology and Conservation**, v. 20, p. e00782, 2019.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatório de qualidade do meio ambiente. [recurso eletrônico]: RQMA. Brasil 2020 / Hanry Alves Coelho, Andrea Alimandro Corrêa (coordenação). – Brasília, DF: IBAMA, 2022. 557 p. cap. 4, p. 232-301.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022: tipos de domicílios coletivos, improvisados, de uso ocasional e vagos: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102113.pdf> Acesso: 20 ago 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Perfil dos municípios brasileiros: 2020 / IBGE, Coordenação de População e indicadores Sociais. – Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101871>

ISYAKU, U. What motivates communities to participate in forest conservation? A study of REDD+ pilot sites in Cross River, Nigeria. **Forest Policy and Economics**, v.133, p. e102598, 2021.

JUAZEIRO DO NORTE, CE. Decreto nº795, de 22 de dezembro de 2022. Fixa o valor da Unidade Fiscal de Referência do Município Juazeiro do Norte – UFIRM para o exercício financeiro de 2023 e dá outras providências. 22 dez. 2022.

JUAZEIRO DO NORTE, CE. Lei nº2.570, de 08 de setembro de 2000. Dispõe sobre o Parcelamento, Uso e Ocupação do solo da cidade de Juazeiro do Norte e dá outras providências.

KOKKORIS, J. P.; BEKRI, E. S.; SKURAS, D.; VLAMI, V; ZOGARIS, S.; MAROULIS, G.; DIMOPOULOS, D.; DIMOPOULOS, P. Integrating MAES implementation into protected area management under climate change: A fine-scale application in Greece, **Science of The Total Environment**, v. 695, p. e133530, 2019.

LAU, J. D.; HICKS, C. C.; GURNEY, G. G.; CINER, J. E.; What matters to whom and why? Understanding the importance of coastal ecosystem services in developing coastal communities, **Ecosystem Services**, v. 35, p. 219-230, 2019.

LESSA, T., JEPSON, P., BRAGAGNOLO, C., CAMPOS-SILVA, J.V., BARROS, E., GOMES, F., PINHEIRO, B.R., FÉ, T.P.M., MALHADO, A.C. AND LADLE, R.J., Revealing the hidden value of protected áreas, **Land Use Policy**, v. 111, p.e105733, 2021.

LIMA, J. N. M.; FAUSTINO, F. W.; ALENCAR, S. D.; TEIXEIRA, Y. N.; MENEZES, J. M. C.; TEIXEIRA, R. N. P.; GIARRIZZO, T.; PAULA FILHO, F. J. Poluição por microplásticos em microbacias urbanas da bacia do rio Salgado na região do Cariri-CE. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v.16, n.8, p.1-24, 2024.

LIU, Z.; HUANG, Q.; ZHOU, Y.; SUN, X. Spatial identification of restored priority areas based on ecosystem service bundles and urbanization effects in a megalopolis area. **Journal of Environmental Management**, v.308, p. e114627, 2022.

LUNA, V. F.; DUARTE, C. C.; SILVA, J. M. O.; ANJOS, L. S.; NÓBREGA, R. S. Chuvas em Juazeiro do Norte, Ceará: Análise dos extremos e suas repercussões. **Revista de Geografia**, v.40, n.1, p. 147-165, 2023.

MACEDÔ, J. A.; PINHEIRO, D. R. C. O Geoparque Araripe e o seu impacto no desenvolvimento local da comunidade Riacho Meio: Barbalha, Ceará, Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 18, n. 2, p.145-162, 2014.

MACEDÔ, L. R. **Araripe Geoparque Mundial da UNESCO e sua atuação para sustentabilidade**. 2018. 130 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável) – Universidade Federal do Cariri, Crato, CE, 2018.

MÄNTYMAA, E.; JUUTINEN, A.; TYRVÄINEN, L.; KARHU J.; KURTTILA, M. Participation and compensation claims in voluntary forest landscape conservation: The case of the Ruka-Kuusamo tourism area, Finland, **Journal of Forest Economics**, v. 33, n. 1, p. 14-24, 2018.

MARROCOS, R. C. **Determinação do índice de bem-estar ecossistêmico da Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité/Ceará**. 2018. 138 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental) – Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2018.

MARTINS, W. R.; CASTRO, J. D. B.; SILVA, A. A. Custo de restauração de uma nascente urbana do município de Uruaçu, Goiás, da bacia hidrográfica do Rio Passa-Três. **Research, Society and Development**, v.11, n.15, p. e228111537085, 2022.

MELGES, F.; FIGUEIREDO NETO, L. F.; BENINI, E. G. Pagamento por Serviços Ambientais de Recursos Hídricos na Região Centro-Oeste do Brasil: uma abordagem crítica da perspectiva coaseana. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 22, n. 3, p. 907-924, 2021.

MELO, E. Z.; LIMA, G. M.; SILVA, C. R.; ARAÚJO, A. A. Uso da valoração ambiental como ferramenta para execução de perícias criminais ambientais em Araguari, Minas Gerais. **Revista Foco**, v.16, n.10, p.e1433, 2023.

MOREIRA, Y. W. N. Qualidade da água em Bacia Hidrográfica do Nordeste brasileiro: uma visão ampliada com índice de qualidade da água, índice de poluição e métodos multicritério. 2024. 79f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Fortaleza, 2024.

MOURA-FÉ, M. M.; NASCIMENTO, R. L.; CARDOSO, M. A. A. Diagnóstico da relação entre a comunidade e o Geopark Araripe: geossítios colina do Horto e Pontal da Santa Cruz, Região Metropolitana do Cariri (RMC), Ceará. **Ciência e Sustentabilidade – CeS**. v. 4, n. 2, p. 69-93, 2018.

NASCIMENTO, H. H. O. **Índice de Bem-Estar Ecossistêmico do Parque Ecológico de Acaraú/CE**. 2022. 100 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental) – Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2022.

NASCIMENTO, M. A. L.; SILVA, M. L. N.; MOURA-FÉ, M. M. Os serviços ecossistêmicos em geossítios do Geopark Araripe (CE), Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 43, n. 4, p. 119-132, 2020.

NELSON, H.P., DEVENISH-NELSON, E.S., RUSK, B.L., GEARY, M. AND LAWRENCE, A.J., A review of tropical dry forest ecosystem service research in the Caribbean – gaps and policy-implications, **Ecosystem Services**, v.43, p.e101095, 2020.

NIEMEYER, J.; VALE, M. M. Obstacles and opportunities for implementing a policy-mix for ecosystem-based adaptation to climate change in Brazil's Caatinga. **Land Use Policy**, v. 122, p.e106385, 2022.

NIELSEN, A.S.E., JACOBSEN, J.B. AND STRANGE, N., Landowner participation in forest conservation programs: A revealed approach using register, spatial and contract data, **Journal of Forest Economics**, v.30, p. 1-12, 2018.

NORTON, D. AND HYNES, S., Estimating the Benefits of the Marine Strategy Framework Directive in Atlantic Member States: A Spatial Value Transfer Approach, **Ecological Economics**, v.151, p. 82-94, 2018.

OLIVEIRA, A. L.; COELHO JUNIOR, M. G.; RESENDE, A. S.; SANSEVERO, J. B. B.; BORGES, L. A. C.; BASSO, V. M.; FARIA, S. M. Revisiting the concept of “fiscal modules”: implications for restoration and conservation programs in Brazil. **Land Use Policy**, v.99, p.e104978, 2020.

OLIVEIRA, B. A.; ALBUQUERQUE, F. N. B. Roteiros geoeducativos em geossítios de diferentes categorias no Geopark Araripe, Ceará. **Physis Terrae**, v.5, n.2-3, p. 187-199, 2023.

OLIVEIRA, B. A.; OLIVEIRA, J. C. A.; SOBRAL, S. D. C.; FEITOSA, T. K. M.; OLIVEIRA, E. L.; BENTO, E. B.; SOUZA, D. L.; ALCÂNTARA, B. M.; ALEXANDRE, C. E. A.; FERNANDES, P. A. S.; LIMA, T. F.; GONÇALO, A. B. F.; OLIVEIRA, M. G. Educação ambiental no Geopark Araripe: contribuição para o ensino de geografia. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e55711124720, 2022.

OLIVEIRA, G. B.; NOVÔA, N. F.; SALVIO, G. M. M. Contribuição das áreas protegidas brasileiras para o cumprimento da Meta 11 do Plano Estratégico para a Biodiversidade 2011-2020. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v.13, n.2, p. 260-297, 2023.

OLIVEIRA, G. M. T. S.; OLIVEIRA, E. S.; SANTANA, A. C.; SANTOS, D. N. O passivo ambiental da perda de nutrientes causado por erosão de solos nos usos múltiplos de uma propriedade rural na Amazônia Oriental. **Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 16, n.7, p. 7812-7837, 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano. In: Anais Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano. Estocolmo, 6p., 1972.

PAKHTIGIAN, E. L.; JEULAND, M. Valuing the Environmental Costs of Local Development: Evidence From Households in Western Nepal, **Ecological Economics**, v. 158, p. 158-167, 2019.

PAULA FILHO, F.J.; BRITO, S. S.; BACURAU, V. P.; GOMES, B. T. S.; GONÇALVES, A. M. L.; ALMEIDA, F. D. P.; LOPES, W. A.; SOUZA, R. B. Análise das variáveis hidroquímicas do Rio Salgado/CE: Contribuições para o enquadramento de rios no Semiárido Cearense. In: **Semiárido Brasileiro – Volume 4/Organização Editora Poisson – Belo Horizonte - MG: Poisson**, 2020, p.34-39. DOI: 10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.06.

PIMENTA JUNIOR, F.; TINÔCO, M. S. Indicadores para avaliação do potencial de prestação de serviços ambientais por programas de recuperação de áreas degradadas em áreas verdes urbanas. **Maringá**, v. 13, n. 1, p. 146-163, 2021

PISANI, D.; PAZIENZA, P.; PERRINO, E.V.; CAPORALE, D.; DE LUCIA, C. The Economic Valuation of Ecosystem Services of Biodiversity Components in Protected Areas: A Review for a Framework of Analysis for the Gargano National Park. **Sustainability**, v. 13, p. e11726, 2021.

PORTELLA, S. P. S.; SANTOS, D. P. S.; COELHO, L. A. O pagamento por serviços ambientais: A Lei nº14.119/2021 como ferramenta de estímulo à conservação ambiental em áreas privadas no sul da Bahia. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.10, n.6, p.2403-2421, 2024.

PRADO, R. B.; INÁCIO, M. C.; LIMA, A. P. M.; SCHULER, A. E.; GUIMARÃES, J. L. B.; FIDALGO, E. C. C.; TURETTA, A. P. D.; MONTEIRO, J. M. G.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P.; CLEMENTE, E. P.; PEDREIRA, B. C. C. G. Evolução das iniciativas de pagamentos por serviços ambientais hídricos no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, [s. l.], v. 36, n.2, p.e26444, 2019.

PRESSI, L. F.; CASTRO, P.T. A. Geodiversity and abiotic ecosystem services in Parks from the far north of Minas Gerais: educational and geotourism potential. **Revista Cerrados**, v. 21, n, 2, p. 226-257, 2023.

Projeto MapBiomias – Coleção 9 [2023] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em [20 set 2024] através do link:
https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/initiatives/brasil/collection_9/lcu/coverage/brasil_coverage_2023.tif

QGIS Development Team, 2024. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

RABELO, M. S. **A cegueira do óbvio: A importância dos serviços ecossistêmicos na mensuração do bem-estar**. 2014. 134 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2014.

RAN, Z.; GAO, S.; ZHANG, B. GUO, C.; OUYANG, X.; GAO, J. Non-linear effects of multi-dimensional urbanization on ecosystem services in mega-urban agglomerations and its threshold identification. **Ecological Indicators**, v.154, p.e110846, 2023
 REALE, R.; RIBAS, L. C.; LINDENKAMP, T. C. M. Ecosystem services as a ballast to guide sustained economic growth by biodiversity conservation actions. **Journal of Cleaner Production**, v. 358, p.e131846, 2022.

REGALADO, G. H.; AGUIRRE, S. D.; ITURRIAGAGOITÍA, M. D. Programa de sensibilización sobre los bienes y servicios ecosistémicos. **COODES**, v. 9, n. 2, p. 593-615, 2021.

REIS, J. V. Histórico de projetos sobre Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) no estado de Pernambuco (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, [s. l.], v. 1, n. 1, p.07-010, 2018.

ROCHA, L. C; FERREIRA, A. C; FIGUEIREDO, M. A. A Rede Global de Geoparques e os desafios da integração dos Geoparques Brasileiros. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 2, p. 271-292, 2017.

ROCHA, W. F. **Efetividade de manejo do Geopark Araripe/CE como indutor de Desenvolvimento Sustentável Local**. 2023. 132f. Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Ceará, Campus Fortaleza, 2023.

RODRIGUES, D. D.; MARIANO, S. R.; SILVA, M. A. B.; RANGEL, O. J. P.; CARVALHO, C. S.; TRUGILHO, G. A.; SILVA, M. A. P.; GONÇALVES, M. M.; EGIDIO, L. S.; XAVIER, S. A. B.; CASSA, N.; CRESPO, A. M.; LOUBACK, G. C.; PERON, I. B.; SOUZA, M. N. Estratégias de recuperação de áreas degradadas. IN: **Tópicos em**

recuperação de áreas degradadas [livro eletrônico]: volume VI/Organizador Mauricio Novaes Souza. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. Cap. 3, p. 94-125.

RODRIGUES, T. L.; BRITO, K. E. L.; ALENCAR, L. M.; MOISES, L. R.; LIMA, A. K. P. Vulnerabilidades espaciais e ambientais das ocupações de risco: Bairro Horto, Juazeiro do Norte-CE. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. 2018. Maceió - AL.

ROSADO-GONZÁLEZ, E. M.; SÁ, A. A.; PALACIO-PRIETO, J. L. UNESCO Global Geoparks in Latin America and the Caribbean and Their Contribution to Agenda 2030 Sustainable Development Goals. **Geoheritage**, v.12, n.36, 2020.

SALDANHA, D. S. **Avaliação dos serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas úmidas costeiras da zona estuarina no rio Piranhas-Açu (RN/NE -Brasil)**. 2020. 140 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

SALLES, G. P.; SALINAS, D. T. P.; PAULINO, S. R. Execução de Projetos de REDD+ no Brasil por meio de diferentes modalidades de financiamento. **RESR**, v. 55, n. 3, p. 445-464, 2017.

SÃO PAULO. Secretaria do Estado de Meio Ambiente. Edital de Chamada nº01/2021/CAP/RPPN. Pagamento por serviços ambientais para a conservação da biodiversidade paulista nas Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN. 02 fev. 2021. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/editais/2021/02/edital-de-chamada-no-01-2021-cap-rppn/>

SÃO PAULO. Secretaria do Estado de Meio Ambiente. Resolução SMA nº 89, de 18 de setembro de 2013. Institui as diretrizes para a execução do Projeto de Pagamento por Serviços Ambientais para as Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPN, no âmbito do Programa de Remanescentes Florestais. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**: Seção 1, p. 76-77, São Paulo, 19 set. 2013.

SANTOS, A. L.; BANDEIRA, D. R.; CARELLI, M. N.; CAMPOS, J. B.; SILVA, J. G. S.; MIZIESCKI, M. Geoparque Mundial da UNESCO Caminhos dos Cânions do Sul: Estratégias para o desenvolvimento sustentável. **Rev. Gest. Soc. Ambient.**, v.17.n.10, p.1-18, 2023.

SANTOS, N. M. **Serviços ecossistêmicos em manguezal: identificação e mapeamento dos serviços de provisão no manguezal do rio Tijupá, Ilha do Maranhão - MA, Brasil**. 2018. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2018.

SEVER, I. AND VERBIČ, M., Assessing recreational values of a peri-urban nature park by synthesizing perceptions and preferences of trail users, **Journal of environmental Psychology**, v.63, p.101-108, 2019.

SILVA, C. P. A.; PIOKER-HARA, F. C. Panorama das publicações desenvolvidas em Geoparques e Aspirantes a Geoparques Brasileiros: principais tendências de pesquisa. **Terræ Didática**, v.18, p.1-14, 2022.

SILVA, D. D. S. **Análise das unidades de conservação e serviços ecossistêmicos por meio do índice de bem-estar ecossistêmico: um estudo de caso.** 2015. 142 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental) – Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2015.

SILVA, L. B.; PACHECO, C. S. G. R.; PIFANO, D. S.; MOREIRA, M. B. Impactos socioambientais x ausência de esgotamento sanitário: Estudo de caso sobre a qualidade da água em poços tubulares na cidade de Juazeiro do Norte - CE. In: **Mudanças Climáticas e seus Impactos Socioambientais concepções, fundamentos, teorias e práticas mitigadoras**, v. 1, cap.14, p. 222-235, 2023.

SILVA, L. F.; MALTEZ, M. A. P.; SILVA, E. P. F.; ASSIS, K. C. C.; BEGUELINE, M. C. L. M.; REZENDE, B. N. Mapping the classes of Rural Environmental Registration (CAR) in family and non-family rural properties in Places and Groups of Alto Jequitinhonha – MG. **Holos Environment**, v.21, n.1, p. 160-172, 2021.

SILVA, M. G.; BELTRÃO, N. E. S.; MORALES, G. P. Avaliação e mapeamento dos serviços ecossistêmicos ofertados pela Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, Pará, Brasil. **Geosul**, [s. l.], v. 36, n. 78, p. 516-536, 2021.

SOARES, A. F. S. Valoração Ambiental. In: **Valoração econômica de danos ambientais: coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais/ Editores: Alexandra Fátima Saraiva Soares, Paula Santana Diniz.** - Belo Horizonte: CEAf, p. 53-67, 2020.

SOUSA, N. R. F.; LINO, M. A. L.; MOURA-FÉ, M. M. Geoturismo no GeoPark Araripe, Ceará: geografia, limitações e potencialidades. **Turismo, Sociedade & Território**, v.5, n. 1, p.e31987, 2023.

SOUZA, A. R. S.; DIAS, V. P.; FREITAS, F. I.; PINHEIRO, A. P.; BATISTA, M. E. P. Hazards no Território do Araripe Geoparque Mundial da UNESCO (CE): Monitoramento dos focos de queimadas entre os anos de 2011 a 2022. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 6, p. 3364-3379, 2023.

SRIARKARIN, S. AND LEE, C.H., Integrating multiple attributes for sustainable development in a national park, **Tourism Management Perspectives**, v.28, p.113-125, 2018.

TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Edited by Pushpam Kumar. Routledge, Abingdon and New York. 2012.

TAVERES, F. R.; RIBEIRO, F. S.; CASTRO, J. D. B.; SILVA, A. A. Valoração do rio Meia Ponte no trecho urbano do Parque Atheneu em Goiânia: uma aplicação do método de custo de reposição. **Revista Mirante**, v.16, n.1, p.147-164, 2023.

TAVORA, G. S. G.; SILVA, A. S.; TURETTA, A. P. D. Análise da política por pagamento por serviços ambientais como um instrumento para sustentabilidade socioambiental. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 66, p. 29-47, 2018.

TEIXEIRA, L. P.; LUGHADHA, E. N.; SILVA, M V. C.; MORO, M. F. How Much of the Caatinga is legally protected? An a analysis of temporal and geographical coverage of protected áreas in the Brazilian semiarid region. **Acta Botanica Brasilica**, v.35, n.3, p.473-485, 2021.

TORIBIO, I. A. C.; YÉPEZ, L. M. P.; ALMEIDA, J. G. B.; VÁZQUEZ-TASET, Y. M. Estudio comparativo entre los Geoparques de Latinoamérica y los Sitios de Interés Geológico: una mirada desde el geoturismo. **Revista Internacional de Turismo, Empresa y Territorio**, v. 9, p. 31-56, 2021.

UNESCO, Estatuto do Programa Internacional de Ciências da Terra e Geoparques. 2015. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000260675_spa
UNESCO, Geoparques Globais da UNESCO. Disponível em:
<https://www.unesco.org/en/iggp/geoparks/about?hub=67817>

VILELA, T.; MALKY-HARB, A.; MENDIZABAL-VERGARA, C. The impact of protected areas on poverty: evidence from Chile. **Revista Chilena de história natural.**, Santiago, v. 95, 5, p. 1-9, 2022.