



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PORTO NACIONAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE,
ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO**

VICTORIA PEREIRA SILVA

**ANÁLISE DE ATIVIDADES HUMANAS IMPACTANTES E CONTRIBUIÇÃO PARA
A GEOCONSERVAÇÃO NO MONUMENTO NATURAL DAS ÁRVORES
FOSSILIZADAS DO ESTADO DO TOCANTINS**

**Porto Nacional, TO
2025**

Victória Pereira Silva

**ANÁLISE DE ATIVIDADES HUMANAS IMPACTANTES E CONTRIBUIÇÃO PARA
A GEOCONSERVAÇÃO NO MONUMENTO NATURAL DAS ÁRVORES
FOSSILIZADAS DO ESTADO DO TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade, Ecologia e Conservação da
Universidade Federal do Tocantins (UFT), como
requisito à obtenção do grau de Mestre (a).

Orientador (a): Etiene Fabbrin Pires-Oliveira

**Porto Nacional, TO
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S586a Silva, Victória Pereira.

Análise de atividades humanas impactantes e contribuição à geoconservação no Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins. / Victória Pereira Silva. – Porto Nacional, TO, 2025.

102 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Biodiversidade, Ecologia e Conservação, 2025.

Orientadora : Etiene Fabbrin Pires Oliveira

Coorientadora : Aline Lopes dos Santos

1. Impacto humano. 2. Patrimônio paleontológico. 3. Medidas compensatórias. 4. Trilhas geoturísticas. I. Título

CDD 577

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Victória Pereira Silva

**ANÁLISE DE ATIVIDADES HUMANAS IMPACTANTES E CONTRIBUIÇÃO PARA
A GEOCONSERVAÇÃO NO MONUMENTO NATURAL DAS ÁRVORES
FOSSILIZADAS DO ESTADO DO TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade, Ecologia e Conservação. Foi
avaliado para a obtenção do título de Mestre (a) e
aprovada (o) em sua forma final pelo Orientador e pela
Banca Examinadora.

Data de aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. (Nome do professor), sigla da Instituição onde atua

Prof. Dr. (Nome do professor), sigla da Instituição onde atua

Prof. Dr. (Nome do professor), sigla da Instituição onde atua

“É preciso estar atento e forte. Não temos tempo de temer a morte” – Gal Costa

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Universidade Federal do Tocantins, em especial, minha segunda casa que é o campus de Porto Nacional. São, até o presente momento, sete anos de caminhada, entre graduação, pós-graduação, moradia estudantil, políticas públicas, projetos, pesquisas e extensão que me fizeram chegar aonde cheguei. Conquistas, perrengues... foram anos intensos que eu não vou esquecer. Ao Laboratório de Paleobiologia, que eu tenho um amor profundo, que me transformou como profissional, que me levou longe (1.240m de altitude, para ser mais exata) para vários lugares, e me apresentou a pessoas e instituições incríveis com quem tive a honra de trabalhar neste período.

Agradeço a minha mãe Delza, meu pai Edivaldo e meu irmão Vitor, por torcerem por mim, orarem por mim, e me amarem incondicionalmente, vocês são tudo para mim. Agradeço a minha orientadora, mãe científica e grande amiga, Dra Etiene Fabbrin, mulher poderosa e inspiradora. Eu jamais conseguiria retribuir o amor e cuidado que você tem comigo, Tina. Agradeço também a minha coorientadora Ma. Aline Lopes, que é inteligência, elegância e sinônimo de afeto em pessoa.

Agradeço aos meus colegas de Laboratório por “cafés”, palestras e apoio, aos meus colegas da turma 2023.1, meus colegas de corredores e centros de convivência da UFTmãe, e em especial aos meus amigos que mais estiveram comigo nesta caminhada: Maycon Douglas, Maria Laura, Karita Cristine, Valdionys Mendes, Lucas Borges, Romero Barbosa, Rhayane Leite, Tifane Cléia, Ana Luiza Barbosa, Layane Zago e Yanny Zago. Obrigada por confiarem em mim, isso faz com que eu mesma confie mais em mim. Amo vocês.

Agradeço as agências de fomento CAPES e FAPT que tornaram possível a realização da minha pesquisa, e as instituições parceiras que fizeram parte desse projeto ao longo do tempo.

Não caberia aqui toda a emoção e sentimento de realização que estou sentindo. Foi um período intenso, e estou orgulhosa dele.

RESUMO

A preservação de Unidades de Conservação (UCs) é de suma importância para a proteção do ambiente natural, biodiversidade e bem-estar das comunidades. O Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins (Monaf) é uma UC constituída por áreas particulares, de acordo com o que permite a Lei 9985/2000 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. As principais dificuldades encontradas para a conservação e preservação ambiental no Monaf são referentes ao uso da terra, visto que muitos proprietários dependem exclusivamente de atividades rurais como fonte de renda. Por outro lado, as atividades agropecuárias têm se mostrado extremamente nocivas à conservação do patrimônio natural. O objetivo deste trabalho foi o de analisar os impactos antrópicos na área do Monaf e seu entorno, através do levantamento *in situ* e comparação com o atual Plano de Manejo, além de descrição de trilhas, e proposição de medidas compensatórias para os impactos no âmbito da UC. Foram realizadas três expedições totalizando 10 pontos visitados. Além do georreferenciamento das áreas, foram realizados registro fotográfico, e caracterização das trilhas conforme a Norma Brasileira 15505-2:2019, e o percurso traçado utilizando aplicativo de celular. As medidas de compensação foram elaboradas com base no plano de manejo, e demais leis ambientais, analisando a permissão de uso em cada zona que foi visitada. Os impactos mais comuns documentados foram: atividades de animais domésticos em contato direto com o material fossilífero, resíduos sólidos nos afloramentos, uso de maquinário para abertura de estradas e acesso as fazendas, além de construção de fontes artificiais de água e evidencia de incêndio. Os resultados mostram que há uma necessidade urgente de reavaliação do plano de manejo, tanto para análise dos casos que impactam a unidade, quanto para a própria caracterização do Monumento, já que é um documento desatualizado. Além disso, dos 10 pontos visitados, quatro afloramentos apresentavam trilhas marcadas, evidenciando um potencial para o geoturismo, que consequentemente é uma via para a geoconservação do patrimônio, uma opção de atividade para os moradores das fazendas onde essas trilhas se encontram na UC e uma oportunidade de aumentar a visibilidade do Monaf para reconhecimento e parcerias institucionais e órgãos públicos.

Palavras-chaves: Impacto humano; Patrimônio paleontológico; Medidas compensatórias; Trilhas geoturísticas; Plano de manejo.

ABSTRACT

The preservation of Conservation Units (CUs) is of paramount importance for safeguarding natural environments, biodiversity, and community well-being. The *Natural Monument of the Petrified Trees of the State of Tocantins* (Monaf) is a CU composed of privately owned lands, in accordance with the provisions of Law 9985/2000 of the National System of Nature Conservation Units (SNUC). The main challenges to environmental conservation and protection within Monaf are related to land use, as many landowners rely exclusively on agricultural and livestock activities as their primary source of income. However, these activities have proven to be extremely harmful to the conservation of natural heritage. The objective of this study was to analyze anthropogenic impacts within Monaf and its surrounding areas through in situ surveys and comparison with the current Management Plan. Additionally, trails were described, and compensatory measures were proposed to mitigate impacts within the CU. Three expeditions were conducted, totaling ten inspected sites. In addition to georeferencing the areas, photographic records were taken, and trail characterization was carried out in accordance with Brazilian Standard 15505-2:2019. The paths were mapped using a mobile application. Compensatory measures were developed based on the current Management Plan and relevant environmental legislation, with careful consideration of permitted uses in each zone visited. The most frequently documented impacts included: the presence of domestic animals in direct contact with fossil-bearing material, solid waste found on outcrops, use of heavy machinery for road construction and farm access, construction of artificial water sources, and evidence of fire. The findings reveal an urgent need for a reassessment of the Management Plan, both to address ongoing activities that affect the CU and to update the characterization of the Monument itself, as the existing document is outdated. Furthermore, out of the ten inspected locations, four fossil outcrops exhibited established trails, indicating a significant potential for geotourism. This, in turn, represents a viable pathway for the geoconservation of geological heritage, a sustainable economic activity for residents of the farms within the CU, and an opportunity to enhance Monaf's visibility, facilitating institutional recognition and partnerships with public agencies.

Key-words: Human impact; Paleontological heritage; Compensatory measures; Geotourism trails; Management plan.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa da localização do Monumento	23
Figura 2- Zoneamento do Monaf e entorno.	26
Figura 3- Recorte de carta estratigráfica da Bacia do Parnaíba com destaque para a seção que aflora no Monumento e seu entorno.	28
Figura 4- Mapa de localização dos afloramentos e seus respectivos zoneamentos.	40
Figura 5- Afloramento de Vargem Limpa.	46
Figura 6- Vista panorâmica do afloramento da Fazenda São José.	47
Figura 7- Afloramento da Fazenda Grotão.	48
Figura 8- Afloramento da Fazenda Andradina	49
Figura 9- Afloramento da Fazenda Buritirana	50
Figura 10- Afloramento da Estrada Vicinal (abr/2023)	51
Figura 11- Afloramento da Estrada Vicinal (set/2023).....	52
Figura 12- Afloramento da Fazenda Santa Maria	53
Figura 13- Área de descarte irregular nas proximidades do distrito de Bielândia.	54
Figura 14- Afloramentos da Fazenda Peba	55
Figura 15- Afloramento Fazenda Canabrava	56
Figura 16- Pegadas de animais selvagens no decorrer da trilha da Fazenda Andradina.....	61
Figura 17- Trilha e marcação dos pontos da Fazenda Andradina.....	62
Figura 18- Trilha maior e marcação dos pontos da Fazenda Buritirana	64
Figura 19- Trilha menor e marcação dos pontos da Fazenda Buritirana	65
Figura 20- Diversidade fossilífera das fazendas Andradina e Buritirana	66
Figura 21- Trilha e marcação dos pontos da Fazenda Vargem Limpa	67
Figura 22- Trilha e marcação dos pontos da Fazenda São José.....	69
Figura 23- Diversidade fossilífera das fazendas Vargem Limpa e São José	70

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1- Atividades permitidas em cada área protegida	18
Quadro 2- Localização dos afloramentos fossilíferos e seus respectivos zoneamentos	40
Quadro 3- Classificação de trilhas segundo a severidade do meio	43
Quadro 4- Classificação de trilhas segundo a orientação do percurso.....	43
Quadro 5- Classificação de trilhas segundo as condições do terreno	44
Quadro 6- Classificação segundo o índice de esforço para caminhada em percursos de turismo.	45
Quadro 7- Características da trilha da Fazenda Andradina, quanto ao grau de severidade dos critérios de classificação de trilhas, apontados pela ABNT (2019).....	61
Quadro 8- Características da trilha maior da Fazenda Buritirana, quanto ao grau de severidade dos critérios de classificação de trilhas, apontados pela ABNT (2019).	63
Quadro 9- Características da trilha menor da Fazenda Buritirana, quanto ao grau de severidade dos critérios de classificação de trilhas, apontados pela ABNT (2019)	65
Quadro 10- Características da trilha da Fazenda Vargem Limpa, quanto ao grau de severidade dos critérios de classificação de trilhas, apontados pela ABNT (2019)	67
Quadro 11- Características da trilha da Fazenda São José, quanto ao grau de severidade dos critérios de classificação de trilhas, apontados pela ABNT (2019)	68
Gráfico 1 - Principais impactos antrópicos encontrados no interior do Monaf, e entorno	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileiro de Normas Técnicas
AER	Avaliação Ecológica Rápida
ANM	Agência Nacional de Mineração
APA	Áreas de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CBG	Congresso Brasileiro de Geologia
DAP	Departamento de Áreas Protegidas
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FPA	Floresta Petrificada de Altos
FPRP	Floresta Petrificada do Rio Poti
FPSG	Floresta Petrificada das Serras Garapenses
FPTS	Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional
GESTO	Gestão das Unidades de Conservação do Tocantins
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICV	Índice do Custo de Vida
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária;
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
JICA	Agência Japonesa de Cooperação Internacional
Mineropar	Minerais do Paraná S.A.
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
MN	Monumentos Naturais
MONACC	Monumento Natural Municipal Canyons e Corredeiras do Rio Sono
Monaf	Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins
Naturatins	Instituto Natureza do Tocantins
NBR	Norma Brasileira
NRIC	Comitê de Investigação de Recursos Naturais
PARNA	Parques Nacionais
PARNAT	Parques Naturais

PE	Parques Estaduais
PEC	Parque Estadual do Cantão
PNCM	Parque Nacional da Chapada das Mesas
RCCG	Regiões Cársticas dos Campos Gerais
REE	Reservas Estação Ecológica
RESEX	Reserva Extrativista Federal
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
RURALTINS	Instituto de Desenvolvimento Rural do Tocantins;
SBP	Sociedade Brasileira de Paleontologia
SBPG	Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico
SBGFA	Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada
SEMARH	Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SEPLAN	Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente
SEUC	Sistema Estadual de Unidades de Conservação
SIGEP	Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos
SINAGEO	Simpósio Nacional de Geomorfologia
SGB/CPRM	Serviço Geológico do Brasil
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC	Unidade de Conservação
UFT	Universidade Federal do Tocantins
UFNT	Universidade Federal do Norte do Tocantins
Unesco	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
ZA	Zona de Amortecimento
ZEU	Zona de Expansão Urbana
ZHC	Zona Histórico-Cultural
ZPVS	Zona de Preservação da Vida Silvestre
ZUE	Zona de Uso Especial
ZUS	Zona de Uso Sustentável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	ESTADO DA ARTE	16
2.1	Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC)	17
2.2	A importância do Plano de Manejo para as Unidades de Conservação.....	19
2.3	Unidades de Conservação no Brasil.....	20
2.4	Unidade de Conservação no Tocantins.....	21
2.4.1	Os Monumentos Naturais do Tocantins	21
2.4.2	O Plano de Manejo do Monaf	25
2.4.3	Contexto Geológico do Monaf	28
2.4.4	Relevância do Monaf	30
2.5	Geoconservação no Brasil.....	33
2.5.1	Geoconservação da Bacia do Parnaíba.....	35
3	OBJETIVOS	38
3.1	Objetivo geral.....	38
3.2	Objetivos específicos	38
4	MATERIAIS E METODOLOGIA	38
4.1	Atividades de campo	38
4.2	Análises de resultados	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	Impactos ambientais	46
5.1.1	Afloramentos da Zona de Amortecimento	46
5.1.2	Afloramentos da Zona de Uso Sustentável	48
5.1.3	Afloramentos da Zona Histórico-Cultural	49
5.1.4	Impactos na Zona de Expansão Urbana	54
5.1.5	Afloramentos fora dos zoneamentos do Monaf	55

5.1.6	Análise geral sobre os impactos	57
5.2	Trilhas	60
5.2.1	Trilha da Fazenda Andradina	60
5.2.2	Trilhas da Fazenda Buritirana	62
5.2.3	Trilha da Fazenda Vargem Limpa	67
5.2.4	Trilha da Fazenda São José	68
5.3	Propostas de medidas compensatórias	71
5.3.1	Reavaliação do plano de manejo	71
5.3.2	Reordenamento territorial e de zonas do Monaf.....	77
5.3.3	Uso das trilhas no geoturismo	79
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	REFERÊNCIAS.....	85

1 INTRODUÇÃO

A preservação das Unidades de Conservação (UCs) é de suma importância para a proteção do ambiente natural e a manutenção da biodiversidade nacional, além de contribuir para o bem-estar das comunidades que residem em seus territórios, quando essa interação é permitida. A Lei Federal nº 9.985/2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), estabelece a organização das UCs em dois grupos distintos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

No estado do Tocantins, existem quarenta e três (43) UCs em vigência, quatro destas unidades estão dispostas na categoria de Proteção Integral, sendo que três são Monumentos Naturais segundo o site da Secretaria de Meio Ambiente do Tocantins (GESTO, 2021).

O Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins (Monaf) é uma UC constituída por áreas particulares de acordo com o que autoriza o §1º do art. 12 da Lei nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000), conforme descrito em seu Plano de Manejo. Dentro dessa unidade de conservação, estão presentes propriedades rurais onde as principais atividades econômicas são a criação de bovinos e a agricultura de pequeno porte.

A gestão do Monaf é de responsabilidade do Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins), que deve buscar estratégias e ações adequadas para coibir as práticas prejudiciais ao ambiente e à biodiversidade dessa importante unidade de conservação. O controle das atividades econômicas nas áreas particulares dentro da UC, especialmente a pecuária extensiva e a extração de fósseis, mostra-se essencial para garantir a proteção e a preservação desse patrimônio natural e cultural de valor científico inestimável.

As principais dificuldades encontradas no âmbito do Monaf, segundo Tavares *et al.* (2016), consiste no fato de que muitos proprietários de terras dependem exclusivamente de suas terras como fonte de renda. As famílias sobrevivem por meio da agricultura de pequeno porte, criação de gado e da realização de eventos como as vaquejadas. Além disso, já foi comum na região a extração e comercialização ilegal de fósseis (SEPLAN, 2005; TAVARES *et al.* 2021). Essas atividades têm se mostrado extremamente nocivas à conservação do patrimônio natural. A presença de apenas dois guardas-parques é insuficiente para monitorar e fiscalizar efetivamente toda a extensão do Monumento. Além disso, durante o período de estiagem, esses guardas precisam dar suporte logístico aos brigadistas, o que sobrecarrega o trabalho de monitoramento. Esta situação, que foi descrita por Tavares *et al.* (2016), se prolonga até os dias atuais.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é analisar os impactos antrópicos causados na área do Monaf e seu entorno, através do levantamento *in situ* e comparação com as atividades permitidas no atual Plano de Manejo. Ademais, pretende-se contribuir para o turismo orientado na UC com a delimitação e descrição das trilhas dos principais afloramentos, além de propor medidas compensatórias que visem à preservação dos fósseis. O desenvolvimento do projeto executado buscou não apenas a ampliação dos estudos paleontológicos para a Unidade, mas contribuir com a conservação da UC, também a partir de parceiras institucionais, órgãos públicos e da participação social.

2 ESTADO DA ARTE

Nesta dissertação, será apresentada uma análise abrangente de vários aspectos críticos da conservação ambiental no Brasil, com foco específico nas Unidades de Conservação (UCs) e na geoconservação.

Para tanto, o estado da arte é apresentado em 5 tópicos, a saber:

- *O Sistema Nacional de Unidades de Conservação:* O SNUC, o qual constitui o arcabouço legal e institucional para a criação, implementação e gestão das UCs no Brasil. Este sistema é fundamental para a preservação da biodiversidade e dos recursos naturais, promovendo a sustentabilidade e a proteção dos ecossistemas.
- *A importância dos Planos de Manejo para as Unidades de Conservação:* O Plano de Manejo é uma ferramenta essencial para a gestão das unidades de conservação. Ele auxilia o gestor a entender suas opções, estabelecer prioridades e direcionar suas ações de maneira específica, abrangendo as políticas, diretrizes e técnicas necessárias para alcançar de forma mais eficaz os objetivos de cada categoria de unidade de conservação.
- *Unidades de Conservação do Brasil:* São administradas, monitoradas, protegidas e fiscalizadas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), estabelecido em 28 de agosto de 2007, pela Lei nº 11.516/07, que está subordinado ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). No país há atualmente aproximadamente 340 Unidades de Conservação Federais (ICMBIO, 2024).
- *Unidades de Conservação do Tocantins:* Geridas e fiscalizadas pelo Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente, por meio do Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza (SEUC), criado em 05 de

abril de 2005, estabelecida pela Lei N° 1.560, e que designa critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades que o constituem. No estado do Tocantins existem quarenta e três (43) UCs em vigência e cinco (5) em processo de criação.

- *Geoconservação no Brasil:* A geoconservação visa preservar a diversidade natural de geossítios e importantes aspectos e processos geológicos, geomorfológicos e de solos, assegurando a manutenção da narrativa da evolução no planeta e do resguardo do patrimônio geológico que possui valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural e turístico (SHARPLES, 2002; BRILHA, 2006; JORGE & GUERRA, 2016).

2.1. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)

A Lei 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 (SNUC) e dá outras providências. O Sistema consiste em uma rede de unidades de conservação em níveis federal, estadual e municipal, e dentre os vários propósitos destacam-se os de preservar a diversidade biológica e os recursos genéticos do território nacional, proteção de espécies ameaçadas de extinção em níveis regional e nacional, a salvaguarda de paisagens naturais de excepcional beleza cênica e pouco impactadas. Além disso, visa a preservação e recuperação de recursos hídricos e do solo, o fomento à pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental, bem como o estímulo à educação e interpretação ambiental. O Sistema busca, também promover atividades recreativas em contato com a natureza e o turismo ecológico (BRASIL, 2000).

O SNUC divide-se em dois grupos com suas respectivas categorias de manejo:

1. Unidades de Uso Sustentável (Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural);
2. Unidades de Proteção Integral (Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, **Monumento Natural**, Refúgio de Vida Silvestre).

Segundo este mesmo documento, o Monumento Natural é considerado uma Unidade de Proteção Integral com a finalidade de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, e por isso as regras e normas são restritivas.

Art. 12. O Monumento Natural tem como objetivo básico preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. § 1º O Monumento Natural pode ser constituído por áreas particulares, desde que seja possível compatibilizar os objetivos da unidade com a utilização da terra e dos recursos naturais do local pelos proprietários. § 2º Havendo incompatibilidade entre os objetivos da área e as atividades privadas ou não havendo aquiescência do proprietário às condições propostas pelo órgão responsável pela administração da unidade para a coexistência do Monumento Natural com o uso da propriedade, a área deve ser desapropriada, de acordo com o que dispõe a lei. § 3º A visitação pública está sujeita às condições e restrições estabelecidas no Plano de Manejo da unidade, às normas estabelecidas pelo órgão responsável por sua administração e àquelas previstas em regulamento. (BRASIL, 2000).

No trabalho de Gurgel *et al.* (2009), é demonstrado que o SNUC estabeleceu uma classificação de áreas protegidas com foco ecológico, variando de acordo com as necessidades de conservação da biodiversidade. No entanto, essa abordagem limita a compreensão da relação entre áreas protegidas e desenvolvimento. O Departamento de Áreas Protegidas (DAP) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) propõe uma nova classificação baseada em critérios econômicos e socioambientais, considerando atividades permitidas em cada tipo de área protegida (Quadro 1). Isso oferece uma perspectiva mais abrangente sobre o papel das unidades de conservação no desenvolvimento do Brasil (MMA, 2009).

Quadro 1 – Atividades permitidas em cada área protegida.

Classe	Principais tipos de uso, contemplados na Lei no 9.985/2000	Categoria de manejo
Classe 1 – Pesquisa científica e educação ambiental	Desenvolvimento de pesquisa científica e de educação ambiental.	Reserva biológica; estação ecológica
Classe 2 – Pesquisa científica, educação ambiental e visitação	Turismo em contato com a natureza	Parques nacionais e estaduais; reserva particular do patrimônio natural
Classe 3 – Produção florestal, pesquisa científica e visitação	Produção florestal	Florestas nacionais e estaduais
Classe 4 – Extrativismo, pesquisa científica e visitação	Extrativismo por populações tradicionais	Resex
Classe 5 – Agricultura de baixo impacto, pesquisa científica, visitação, produção florestal e extrativismo	Áreas públicas e privadas onde a produção agrícola e pecuária é compatibilizada com os objetivos da UC	Reserva de desenvolvimento sustentável; refúgio de vida silvestre; monumento natural
Classe 6 – Agropecuária, atividade industrial, núcleo populacional urbano e rural	Terras públicas e particulares com possibilidade de usos variados visando a um ordenamento territorial sustentável	Área de proteção ambiental; área de relevante interesse ecológico

Fonte: DAP/MMA. Adaptado de GURGEL *et al.* (2009).

O Monumento Natural enquadra-se na classe 5, onde são permitidas atividades de agricultura de baixo impacto, produção florestal e extrativismo, visando práticas que considerem os aspectos como o uso conservacionista das terras, a redução do impacto do desmatamento, a restauração da cobertura florestal, a intensificação responsável da pecuária, a

reabilitação de pastagens degradadas, o tratamento adequado de resíduos animais e a viabilidade econômica e social dessas atividades (GURGEL *et al.*, 2009; TELLES *et al.*, 2021).

As visitações, especialmente aquelas relacionadas ao setor turístico, desempenham um papel significativo no reforço da economia em âmbito local e regional, já que ao mesmo tempo, contribuem para a sensibilização ambiental da população e geram recursos financeiros que contribuem para a manutenção dessas áreas naturais (GURGEL *et al.*, 2009).

No estado do Tocantins, no âmbito da pesquisa científica, qualquer pesquisa conduzida dentro das Unidades de Conservação deve aderir às diretrizes delineadas na Portaria nº 104/2015 (TOCANTINS, 2015).

2.2 A importância dos planos de manejo nas UCs

A concepção inicial dos planos de manejo foi proposta em 1977 pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), que serviu de base para a formulação do "Roteiro Metodológico para Desenvolvimento de Planos de Manejo" do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em 1996 (IBAMA/GTZ, 1996). Com a publicação da Lei no 9.985/00, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), o IBAMA precisou revisar esse roteiro para adequá-lo às inovações presentes na legislação, resultando na publicação do "Roteiro Metodológico de Planejamento: Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica" em 2002 (GALANTE, BESERRA & MENEZES 2002).

O Plano de Manejo é uma ferramenta fundamental na gestão das unidades de conservação, pois auxilia o gerente a compreender suas opções, definir prioridades e orientar suas ações de forma específica (MILANO, 1997). O plano inclui a política, as orientações e as técnicas empregadas para alcançar de maneira mais eficaz os objetivos de cada categoria de unidade de conservação (MILANO, 1994). Para que o plano seja efetivo, a instituição responsável deve considerar a importância dos técnicos envolvidos na gestão da Unidade e garantir a infraestrutura mínima para que possam implementá-lo adequadamente (JORGE PÁDUA, 2000).

Além disso, o Plano de Manejo deve incluir medidas para integrar a unidade de conservação à vida econômica e social das comunidades vizinhas. Essa previsão é extremamente relevante, pois é impossível implementar uma unidade de conservação sem considerar o contexto das comunidades que vivem em seu entorno, ou isolando-as como se não fizessem parte desse ambiente. É essencial estabelecer políticas públicas que beneficiem e

integrem essas comunidades, criando condições para que participem dos processos socioeconômicos da região e promovendo o desenvolvimento de alternativas de renda e subsistência que minimizem os impactos negativos causados pela criação da unidade. Quando essas medidas socioeconômicas são aplicadas, desempenham um papel estratégico, impactando direta e positivamente na conservação da biodiversidade (VASCONCELOS & CASES, 2009; BARROS & LEUZINGER, 2018).

A gestão de uma unidade de conservação, quando bem planejada e executada, contribui diretamente para o alcance de seus objetivos e para sua efetividade desejada. A obrigatoriedade da elaboração do Plano de Manejo se deve à sua importância na implementação da unidade de conservação (BARROS & LEUZINGER, 2018). Esse plano é, essencialmente, um verdadeiro plano de gestão, que orienta a unidade de conservação para o cumprimento eficaz dos objetivos que justificaram sua criação. A Lei do SNUC (2000) estabelece que o Plano de Manejo é o principal instrumento de gestão dessas unidades (artigo 2º, inciso XVII, Lei do SNUC, 2000).

2.3 Unidades de conservação no Brasil

A política ambiental brasileira começou a se desenvolver na década de 1930, quando foram dados os primeiros passos na criação de normativas pioneiras relacionadas à gestão dos recursos naturais, como o Código de Águas e o Código Florestal, ambos instituídos em 1934. Desde então, o país tem progredido gradualmente, tanto no estabelecimento de importantes marcos legais sobre o tema, quanto na institucionalização das políticas públicas voltadas para o meio ambiente (MOURA, 2016).

A partir de 1937 surgiram as primeiras áreas protegidas no Brasil, com a criação do Parque Nacional de Itatiaia, localizado no estado do Rio de Janeiro. No entanto, foi com o advento da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei n. 6.938/81, que se iniciou um movimento em direção à criação de um conjunto de unidades de conservação. Apesar disso, esse processo ocorreu de forma incipiente, sem uma direção clara, e as unidades foram frequentemente administradas com recursos limitados, carecendo de uma política ambiental bem definida (LOPES & VIALÔGO, 2013).

Há atualmente aproximadamente 340 Unidades de Conservação Federais em todo o país, as quais são administradas, monitoradas, protegidas e fiscalizadas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Este órgão foi estabelecido em 28 de agosto de 2007, pela Lei nº 11.516/07, e está subordinado ao Ministério do Meio Ambiente e

Mudança do Clima (MMA). As responsabilidades do ICMBio englobam promover e apoiar a pesquisa e o monitoramento, desenvolver políticas públicas em colaboração com as comunidades tradicionais, organizar a visitação, promover a educação ambiental e regulamentar os usos permitidos dos recursos naturais, além de prevenir e combater incêndios florestais e crimes ambientais (BRASIL, 2007; MMA, 2024).

2.4 Unidades de Conservação no Tocantins

Em 05 de abril de 2005, foi estabelecida no Estado do Tocantins a Lei N° 1.560 que institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza (SEUC) e estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades que o constituem (TOCANTINS, 2005). Esse sistema tem como órgão central a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e, como órgão executor, o Naturatins.

O Parque Estadual do Cantão (PEC), estabelecido pela Lei Estadual nº 996 em 14 de julho de 1998, foi a primeira unidade de conservação de proteção integral criada no estado do Tocantins, e é reconhecido como uma das áreas mais significativas da Amazônia brasileira devido à sua notável diversidade biológica, sendo que o parque se destaca por sua importância na preservação do ecossistema regional.

No estado do Tocantins existem atualmente quarenta e três (43) UCs em vigência e cinco (5) em processo de criação, conforme as informações disponíveis no site de Gestão das Unidades de Conservação do Tocantins (GESTO), que englobam diversas categorias, sendo elas: Áreas de Proteção Ambiental (23 APAs); Reservas Estação Ecológica (1 REE); Reservas Particulares do Patrimônio Natural (8 RPPN); Monumentos Naturais (3 MN); Parques Estaduais (3 PEs); Parques Nacionais (2 PARNAs); Parques Naturais (2 PARNATs) e Reserva Extrativista Federal (1 RESEX). De acordo com Tocantins (2011), essas unidades têm um papel fundamental na preservação da fauna, flora e dos ecossistemas presentes na região, ao mesmo tempo que possibilitam o desenvolvimento de atividades sustentáveis compatíveis com a conservação dos recursos naturais.

2.4.1 Os Monumentos Naturais do Tocantins

O Tocantins possui três Monumentos Naturais, sendo um municipal e três estaduais devidamente instituídos por lei, a saber: Monumento Natural Municipal Canyons e Corredeiras do Rio Sono, Monumento Natural Municipal Serra da Natividade e o Monumento

Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins. Além destes, há um monumento em fase de implementação, o Monumento Natural Estadual Serra da Cangalha.

O Monumento Natural Municipal Canyons e Corredeiras do Rio Sono (MONACC) foi a primeira unidade de conservação de proteção integral municipal, instituída no estado do Tocantins, criada por meio do Decreto Municipal nº 034, de 02 de julho de 2012, com apoio do Naturatins, da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARTH) e da Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA), em parceria com a Prefeitura de São Félix do Tocantins. Este foi o primeiro município do estado a implementar o Sistema Municipal de Unidades de Conservação. Essa unidade de proteção integral abrange uma área de 1.457,60 km² e foi estabelecida com o propósito de regular o potencial turístico e paisagístico do Rio Sono, além de preservar e recuperar os remanescentes naturais às suas margens (SANTOS & POSSAPP, 2013; VELOSO, 2020).

O Monumento Natural Municipal Serra da Natividade, que abrange uma área total de 3399,0725 hectares e um perímetro de 44.344,8996m, foi criado sob o Decreto de Lei N° 074 de 3 de dezembro de 2018 (NATIVIDADE, 2018). Seus limites foram estabelecidos com base nas áreas remanescentes de vegetação nativa, na presença de sítios históricos e corpos hídricos (TOCANTINS, 2021). O Monumento está localizado na entrada da área urbana, sendo um dos cartões postais da cidade, e faz parte da rica porção do conjunto pertencente às Serras Gerais (DOURADO, 2022).

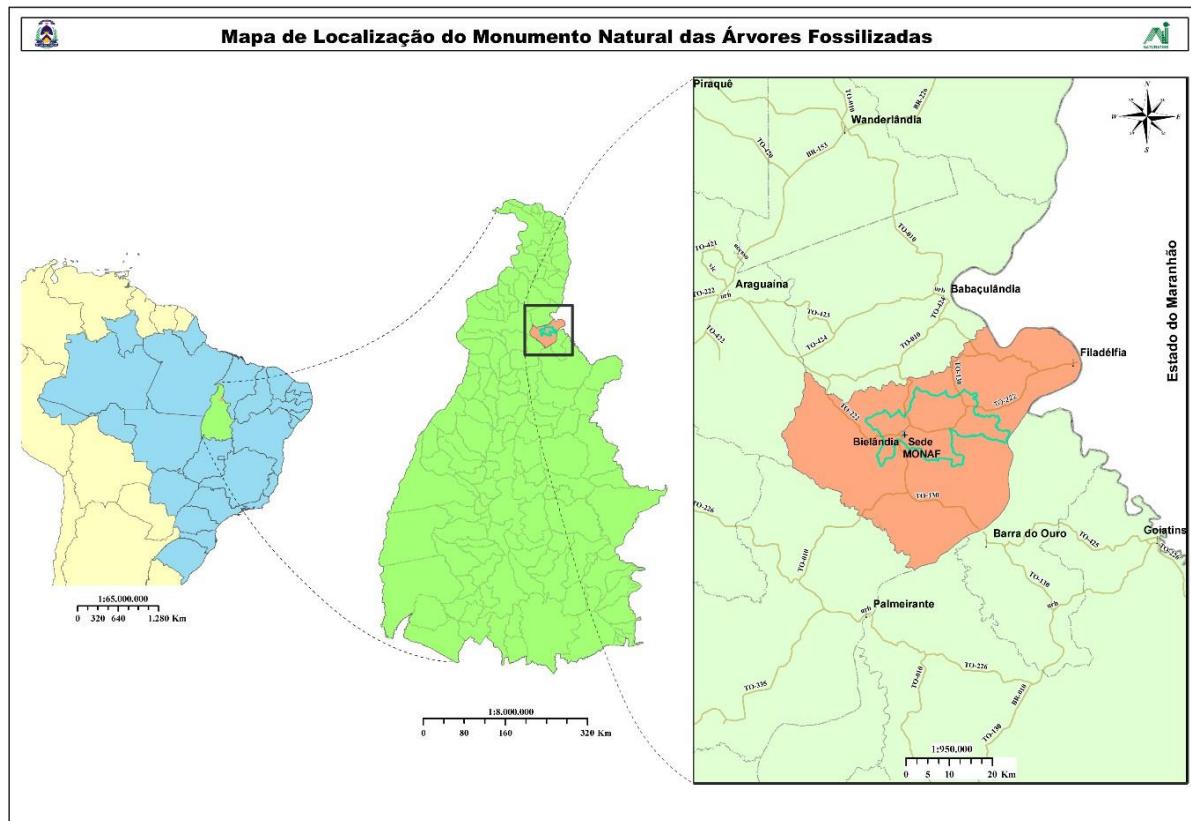
Quanto ao Monumento Natural em processo de criação, trata-se do Monumento Natural Estadual Serra da Cangalha, uma Unidade de Conservação proposta com uma área delimitada de 16.617,8639 hectares, situada inteiramente no município de Campos Lindos. Essa região há havia sido identificada como de potencial para a criação de uma unidade de conservação desde o ano de 2002. A área se destaca por abrigar uma cratera de impacto de meteorito com cerca de 220 milhões de anos, sendo um dos mais belos astroblemas da América do Sul (TOCANTINS, 2011).

O Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins (Monaf) tem sua sede situada no distrito de Bielândia, no município de Filadélfia, ao norte do estado do Tocantins (Fig. 1). A área pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins, e abrange uma área total de cerca de 32.152 hectares (CAPRETZ, 2010; KAUFFMANN, 2013). Sua criação foi estabelecida inicialmente pela Medida Provisória nº 370/2000 e posteriormente transformada em Lei Estadual nº 1.179/2000 (TOCANTINS, 2000). A UC foi classificada como área de proteção integral e tem como objetivo principal "proteger e conservar as diversidades biológicas e paleontológicas existentes no local".

Composta por uma vegetação rasteira, com alguns arbustos e arvoretas, o Monaf possui um ambiente mais desérticos, que são caraterísticos de áreas de Cerrado Sentido Restrito em regeneração (MENDONÇA *et al.*, 2008), já que se trata de locais de pastagem, com algumas poucas exceções que possuem fitofisionomias do tipo mata de galeria. As árvores, no Cerrado Sentido Restrito, apresentam inclinação, troncos tortuosos e ramos irregulares, frequentemente desenvolvendo xilopódios (COSTA JUNIOR & BERNINI, 2008), geralmente essas são características fortemente associadas com os atributos dos solos que ocupam, que são notadamente ácidos, profundos e com altas concentrações de alumínio (REATTO *et al.*, 2008).

A fitofisionomia Sentido Restrito é a mais conhecida e representativa do Cerrado, onde predomina os latossolos fortemente ou moderadamente ácidos, que apresentam uma carência generalizada de nutrientes essenciais, especialmente fósforo e nitrogênio, mas também pode ocorrer em cambissolos, areias quartzosas, litossolos, plintossolos pétreos e solos hidromórficos (RIBEIRO & WALTER, 1998). Na área do Monaf, foram encontrados seis diferentes tipos de solos: Argissolos Vermelhos-Amarelos, Chernossolos Argilúvicos, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos, Flúvicos e Latossolos Vermelhos-Amarelos, com predominância dos Neossolos Litólicos e Quartzarênicos (SEPLAN, 2005).

Figura 1 – Mapa da localização do Monaf, evidenciando os limites do município de Filadélfia (em vermelho), e sua divisa com os municípios de Araguaína, Barra do Ouro e Babaçulândia. Dentro do município, destacam-se os limites da Unidade (em azul), o distrito de Bielândia e a sede do Monumento.



Fonte: Imagem cedida pelo Naturatins (2024).

Em 1996, o então Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), atual Agência Nacional de Mineração (ANM), concedeu uma licença de pesquisa à Mineradora Pedra de Fogo Ltda. Contudo, a empresa explorava e comercializava ilegalmente fósseis, que constituem patrimônio da União. Ao tomar conhecimento do ocorrido, a Sociedade Brasileira de Paleontologia (SBP) denunciou a situação ao Ministério Público do Estado do Tocantins. Para combater a exploração ilegal e proteger os fósseis, o governo estadual criou o Monaf. O nome do monumento faz referência aos sítios paleontológicos e arqueológicos presentes na região, onde são encontrados fósseis petrificados de plantas, como pteridófitas, esfenófitas, coníferas e cicadáceas. Esses fósseis são popularmente chamados de "pedras de pau" pela comunidade local (SEPLAN, 2005).

O tráfico de fósseis ocorrido no distrito de Bielândia resultou na Ação Civil Pública nº 2010.43.00.001157-1, e de acordo com os inquéritos policiais, mais de 4,7 toneladas de fósseis foram ilegalmente comercializadas no local desde o ano 2000, com exemplares provenientes do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins (Monaf) ainda sendo encontrados em países como França, Estados Unidos e Alemanha (ALENCAR, 2020; TAVARES, ALENCAR & FILHO, 2020).

2.4.2 O Plano de Manejo do Monaf

O Plano de Manejo do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins (SEPLAN, 2005), sob responsabilidade do Naturatins, foi elaborado pelo consórcio OIKOS Pesquisa Aplicada e MRS Estudos Ambientais com base no "Roteiro Metodológico para o Planejamento de Unidades de Conservação de Uso Indireto" do IBAMA de 1996. Neste documento, são abordadas a unidade de conservação e sua zona de amortecimento, incluindo a caracterização dos fatores abióticos e bióticos da área, os aspectos culturais e históricos, bem como as atividades da UC e seus impactos evidentes. No caso do Monaf, o município da UC é Filadélfia, e a Zona de Amortecimento compreende parte dos municípios de Filadélfia e de Babaçulândia.

Um plano de manejo, segundo Galante, Beserra & Menezes (2002), tem como objetivo promover a participação da sociedade por meio de sugestões para o zoneamento interno e para a delimitação da Zona de Amortecimento (ZA), buscando aumentar a sensibilização ambiental da sociedade, dentro e fora da UC, e estimulando o comprometimento e pertencimento ao processo da própria Unidade.

Consta no Plano de manejo (SEPLAN, 2005) que, após a definição da abrangência dos estudos e a elaboração do diagnóstico da UC, foram feitas proposições com o objetivo de corrigir situações de conflito e otimizá-las, abrindo um canal de diálogo com o gerente da Unidade. Além disso, esse processo serviu de base para a constituição do Conselho Consultivo, conforme previsto no Art. 29 da Lei nº 9.985/00 (ver Plano de Manejo do Monaf Encarte 3 – UC e Zona de Amortecimento).

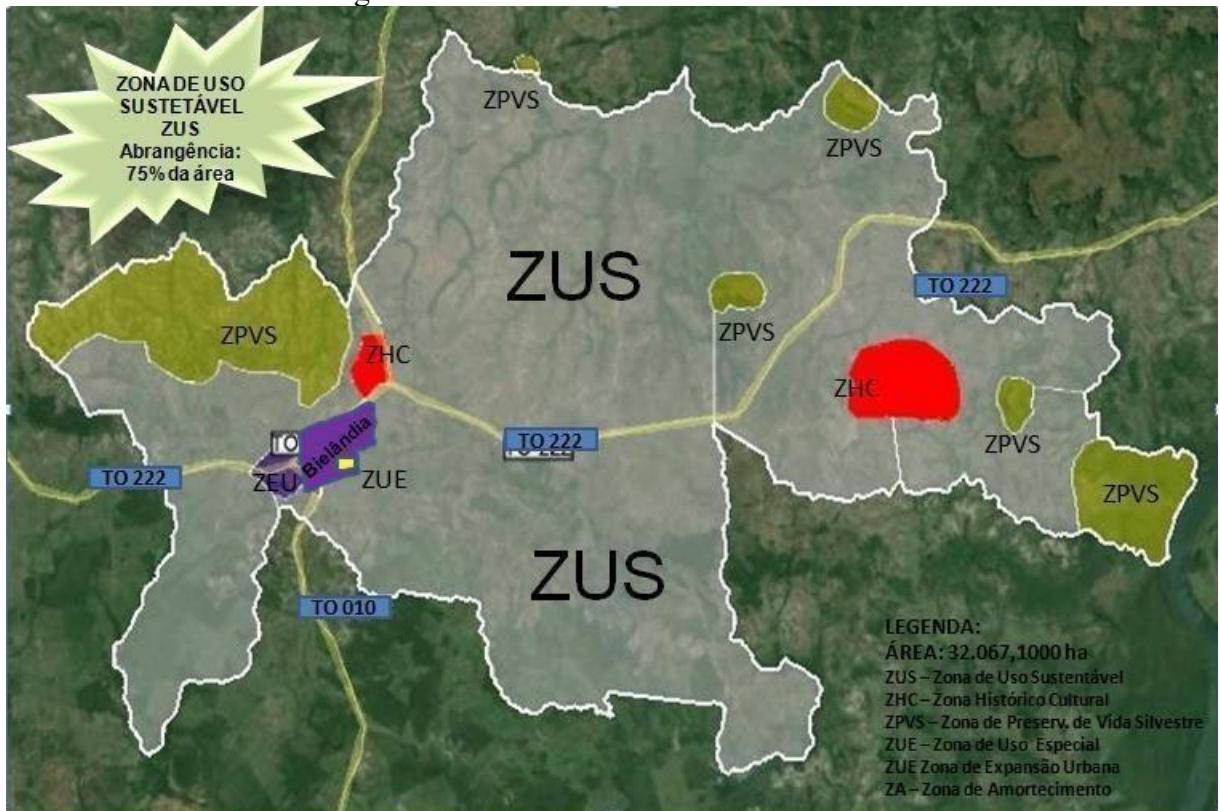
Desta forma, o Monaf é dividido em diferentes tipos de zoneamento (Fig. 2), conforme descrito no Plano de Manejo, sendo eles:

- Zona de Amortecimento (ZA): Área ao redor de uma Unidade de Conservação onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, visando minimizar os impactos negativos sobre a Unidade.
- Zona de Expansão Urbana (ZEU): São áreas completamente descaracterizadas do ponto de vista da paisagem natural, abrigando ambientes urbanos e periferias. São locais historicamente utilizados pela comunidade para moradia, trabalho e recreação, devendo oferecer facilidades e serviços para os habitantes, visitantes e usuários em geral.
- Zona Histórico-Cultural (ZHC): É a área onde se encontram amostras do patrimônio histórico/cultural ou arqueo-paleontológico, que serão preservadas, estudadas,

restauradas e interpretadas para o público, servindo à pesquisa, educação e uso científico.

- Zona de Preservação da Vida Silvestre (ZPVS): Nesta zona, observam-se condições ambientais alteradas pelo uso e ocupação do solo, apresentando diferentes níveis de fragilidade, conservação e degradação. Esta zona foi estabelecida em locais com necessidades específicas de conservação ambiental, implementando medidas rigorosas de proteção e projetos de recuperação ambiental quando necessário. As principais características dessas áreas incluem mínima interferência nas formações vegetacionais, características faunísticas e aspectos físicos, com pouca ou nenhuma pressão de uso e alteração antrópica.
- Zona de Uso Especial (ZUE): É uma área que inclui espaços necessários para a administração, manutenção e serviços da Unidade de Conservação, como habitações, oficinas e outros. Essas áreas são selecionadas e controladas de forma a não comprometer o caráter natural da Unidade (Sede do Monaf).
- Zona de Uso Sustentável (ZUS): Esta zona tem como principal função consolidar novos padrões tecnológicos para a produção agrícola e pecuária, promovendo o uso racional dos recursos naturais do Monaf, além de apoiar o desenvolvimento de alternativas econômicas sustentáveis. Ela foi estabelecida com base nas características do uso atual do solo e em sua vulnerabilidade.

Figura 2 – Zoneamento do Monaf e entorno.



Fonte: Plano de manejo do Monaf (Seplan, 2005).

No Plano de manejo foi realizado um diagnóstico ambiental que incluiu levantamentos e observações de campo. Foram descritas em detalhe as condições do ecossistema da Unidade e seu entorno, incluindo seus atributos naturais. Buscando atender à legislação específica (SNUC, Art. 27), esse documento fundamenta-se nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, estabelecendo o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade (SNUC, Art. 2, XVII). Além disso, avaliar outros aspectos, como a pressão antrópica e atividades que podem entrar em conflito com a categoria da Monumento Natural, entre outros (Plano de Manejo do Monaf – SEPLAN, 2005).

Na ficha técnica do Plano de Manejo (SEPLAN, 2005), consta que as atividades de agropecuária, extração mineral e o uso de queimadas para preparo do solo são conflitantes com os interesses da unidade. Tais atividades impactam não apenas as zonas de afloramento dos fósseis, mas também as áreas de preservação da fauna e flora. Vale ressaltar que o próprio documento menciona o fato de a unidade não estar inserida em nenhum corredor ecológico ou reserva de biosfera do Cerrado, tornando-a, assim, mais suscetível à pressão antrópica.

Segundo o plano (SEPLAN, 2005), a agricultura é amplamente praticada tanto no interior do monumento quanto na zona de amortecimento, provocando desmatamento em áreas próximas ou até mesmo dentro das APPs, onde o solo é considerado fértil. De acordo

com o depoimento dos moradores, também citados no plano de manejo da UC (SEPLAN, 2005), essa atividade é expressiva porque grande parte dos solos do Monaf não adequados para o plantio. A pecuária é de pequeno porte e voltada à produção de leite, porém é extremamente prejudicial para a UC por conta do uso das queimadas para criação de pasto, além do pisoteio do gado que provoca erosão, deposição e, consequentemente, o esgotamento do solo, além de fragmentar materiais fósseis. Já a extração mineral, está ligada à retirada ilegal de fósseis e à extração de gesso e brita, uma vez que a UC é rica em rochas calcárias.

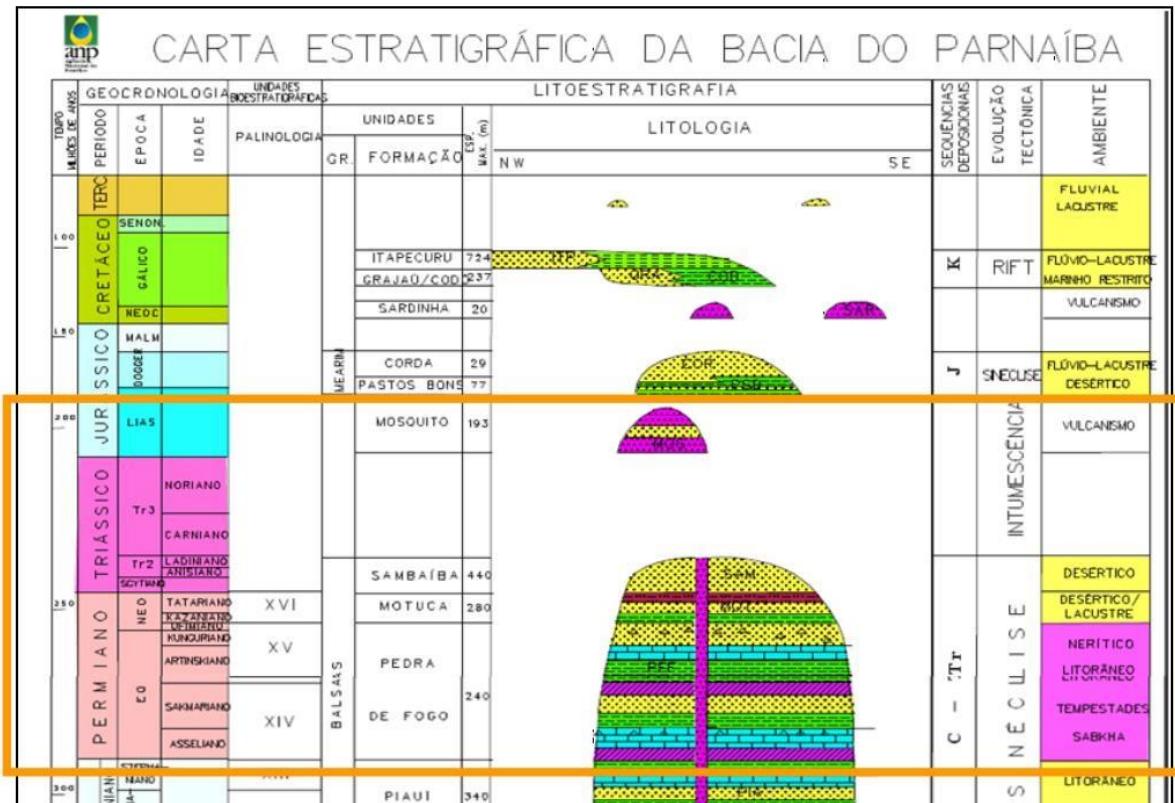
As normas do Monaf e da zona de amortecimento descritas no plano de manejo, preveem fiscalização permanente e sistemática, além de proibir o extrativismo de recursos naturais (mesmo que autorizado pelo SNUC, quando de baixo impacto). Também é proibida a criação e instalação de aterros sanitários, usinas de reciclagem e de tratamentos ou qualquer outra disposição de resíduos sólidos. Atividades de terraplanagem, dragagem e escavação sem autorização dos órgãos competentes, bem como a criação de chiqueiros em APPs e seus recursos hídricos, também são proibidos. O plano exige que todos os empreendimentos e propriedades estejam em conformidade com suas respectivas documentações e assegurem a conservação da vegetação nativa. Nenhuma infraestrutura instalada, quando permitida, pode comprometer os atributos fossilíferos nas Zonas Histórico-Culturais.

2.4.3 Contexto geológico do Monaf

O Monaf está localizado na região sudoeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba, que integrou a Pangeia ocidental meridional durante o Permiano. Esta bacia abrange uma área de 600 mil km² e está localizada na porção nordeste do Brasil, abrangendo os estados do Piauí, Maranhão, Tocantins, Pará, Ceará e Bahia, sendo uma bacia intracratônica e situada entre faixas de dobramentos que delimitam os cráticos do Amazonas, São Luís e São Francisco, com um pacote sedimentar que atinge até 3,5 mil metros de espessura em seu depocentro (BRITO, 1979; 1981; CUNHA, 1986; GÓES, TRAVASSOS & NUNES, 1993; VAZ *et al.*, 2007; KAUFFMANN, 2014).

Na área do monumento, podem ser observados afloramentos de estratos sedimentares horizontais, compreendendo rochas silicicísticas, carbonáticas e evaporíticas, que incluem as formações geológicas Piauí (Neocarbonífero), Pedra de Fogo e Motuca (Permiano), e Sambaíba (Triássico) (Fig. 3) (DIAS-BRITO *et al.*, 2007).

Figura 3 – Recorte de carta estratigráfica da Bacia do Parnaíba com destaque para a seção que aflora no Monumento e seu entorno.



Fonte: Modificado de Góes *et al.* 1993.

Em mapas anteriores, como os de Lima & Leite (1978) e Coimbra (1983), o Monaf era essencialmente apresentado como uma área de afloramentos da Formação Pedra de Fogo. No entanto, em um mapeamento geológico mais recente realizado por Pinto & Sad (1986), a área do Monumento foi interpretada como pertencente à Formação Motuca. Esses últimos autores identificaram arenitos finos de coloração avermelhada ou creme, e que contêm caules fósseis, considerando-os como parte da base da Formação Motuca, onde, com essa nova concepção, a Formação Motuca passou a incorporar os caules fósseis que eram associados à Formação Pedra de Fogo (PINTO & SAD, 1986). Iannuzzi *et al.* (2018) reafirmam essa última consideração em seu estudo de reavaliação dos macrofósseis do Permiano da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Segundo Abrantes Junior & Nogueira (2013), a Formação Motuca é composta principalmente por pelitos vermelhos laminados, intercalados com lentes de gipsita, calcita e marga. Na região leste da Bacia do Parnaíba, as fácies tornam-se mais arenosas, destacando-se a presença significativa de arenitos com estratificação cruzada sigmoidal (ABRANTES JUNIOR & NOGUEIRA, 2013). A deposição da Formação Motuca teria ocorrido parte por processos de decantação em um amplo ambiente lacustre raso e de baixa energia, ocasionalmente influenciado por influxos de areia provenientes de rios efêmeros (TALBOT & ALLEN, 1996), e outra parte por processos de evaporação, intercalados com influxos de água

superficial e variações no nível freático durante os períodos de retração dos lagos (SALVANY, 1997; ABRANTES JUNIOR & NOGUEIRA, 2013).

2.4.4 Relevância do Monaf

Os sítios paleontológicos presentes na denominada "Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional" (FPTS), onde está inserido no Monaf, são considerados de grande relevância e já foram devidamente catalogados sob o número 104 do volume II do Inventário de Geossítios do Brasil, publicação de responsabilidade da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), em 2013, portanto, essa área é reconhecida como um tesouro de imenso valor científico e cultural, que transcende os interesses nacionais, conforme mencionado por Dias-Brito *et al.* (2007).

No Monaf, o material biológico e paleontológico, juntamente com os atores sociais envolvidos com a área, serve de base para a produção de trabalhos acadêmicos como monografias (trabalhos de conclusão de cursos de graduação), dissertações (mestrado) e teses (doutorado). Além disso, o Monaf é frequentemente visitado por escolas e universidades de diversas localidades, tanto próximas do monumento quanto de outras cidades e regiões do Brasil. Segundo o Naturatins, no ano de 2024, o Monaf recebeu 651 visitantes de diversas instituições de ensino fundamental, médio e superior.

É importante mencionar que na UC também foram registrados dois sítios arqueológicos localizados em seus principais afloramentos fossilíferos. Segundo o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), conforme registrado no Parecer Técnico nº 47/2017-SEAP (Documento SEI nº 1220141):

[...] entre milhares de fragmentos rochosos dispersos na área, verificou-se a presença de algumas lascas com indícios de trabalho humano (lascas produzidas artificialmente). Estas lascas e outros artefatos de pedra visualizados no local podem ter sido confeccionados por sociedades pretéritas que eventualmente habitaram ou visitaram a região. Tais grupos humanos podem, portanto, ter se utilizado dos fósseis para produzir seus instrumentos de trabalho e sobrevivência, tais como facas, raspadores, furadores, batedores, dentre outros [...] (IPHAN, 2019).

Portanto, os sítios fossilíferos das fazendas Buritirana e Andradina se caracterizam como oficinas líticas, o que indica que esses locais foram utilizados por grupos pré-históricos para obtenção de matéria-prima e produção de ferramentas líticas (IPHAN, 2019).

No que tange à importância científica do Monaf, sua riqueza paleontológica é notável, impressionando tanto a quantidade quanto pelo tamanho dos caules encontrados no

Monumento os quais foram permineralizados por sílica e estão bem preservados em três dimensões. Muitos desses caules alcançam mais de dez metros de comprimento, com diâmetros basais que podem atingir até 1,20 metro. Quando encontrados em sua posição original de deposição, estão associados à base da Formação Motuca, ocorrendo em conjunto com quartzo-arenitos, folhelhos e siltitos. Em alguns casos, como representado por Rößler (2006), grandes caules com ramos são encontrados em posição para-autóctones (RÖßLER, 2006; DIAS-BRITO *et al.*, 2007).

A diversidade de morfoespécies é grande e vem sendo estudada desde a descrição da "pteridófita" fóssil *Psaronius brasiliensis* que foi coletada em 1817 e descrito por Brongniart (1872), sendo a primeira planta fóssil da Bacia do Parnaíba a ser documentada (DOLIANITI, 1948).

Nas pesquisas da década de 1980, Coimbra & Mussa (1984) e Mussa & Coimbra (1987) relataram caules provenientes do "Arenito Cacunda" da Formação Motuca, e identificaram várias calamítáceas, introduzindo táxons como *Arthropitys cacundensis* Mussa (Calamitales), *Amyelon bieloi* Mussa (Cordaitales) e a espécie *Carolinapitys maranhensis* Mussa. Ainda Mussa & Coimbra (1987) descreveram três espécies adicionais de caules petrificados na região de Araguaína–Carolina: o caule de pteridóspérmica *Araguainorachis simplissima*, a possível cíada *Cycadoxylon brasiliense* e o caule de gimnosperma *Cyclomedulloxylon parnaibense*. Esses pesquisadores também registraram a presença de medulas do tipo *Artisia* (DIAS-BRITO *et al.*, 2007).

De acordo com os estudos de Herbst (1999), Rößler & Galtier (2002a, 2002b, 2003) e Rößler (2006), a paleoflora representada no Monaf é relativamente diversificada, com destaque para a dominância das samambaias arborescentes pertencentes à ordem Marattiales como *Titea singularis* Solms-Laubach, 1913 emend. Herbst, 1986, *T. derbyi* Herbst, 1992, *Psaronius brasiliensis* Brongniart, 1872 e *P. sinuosus* Herbst, 1999, sendo o gênero *Titea* o mais abundante. Além dessas, a paleoflora também inclui as samambaias árvoreas da ordem Filicales, como *Grammatopteris freitasii* Rößler & Galtier, 2002a, *Botryopteris nollii* Rößler & Galtier, 2003 e a pequena samambaia arborescente Filicales (?) *Dernbachia brasiliensis* Rößler & Galtier, 2002b. Entre as espécies identificadas estão ainda esfenófitas arborescentes do gênero *Arthropitys*, eixos permineralizados de esfenófitas herbáceas, além de vários troncos de gimnospermas classificados como coníferas (ver Kurzawe *et al.*, 2013a, b).

Tavares (2011) também registrou a presença de *Psaronius arrojadoi* Brongniart, 1872. Kurzawe *et al.* (2013a, 2013b) descreveram as gimnospermas *Parnaiboxylon* sp. Kurzawe *et al.*, 2013, *Parnaiboxylon rohnae* Kurzawe, Merlotti *et al.*, 2013, e *Iannuzzi*, 2013,

Scleroabietoxylon chordas Kurzawe *et al.* 2013a, *Ductoabietoxylon solis* Kurzawe *et al.* 2013a, *Taeniopitys tocantinensis* Kurzawe *et al.* 2013b, *Taeniopitys* sp. Kurzawe *et al.* 2013b, *Kaokoxylon punctatum* Kurzawe *et al.* 2013b, *Damudoxylon buritiranaensis* Kurzawe *et al.* 2013b, *Damudoxylon humile* Kurzawe *et al.* 2013b e *Damudoxylon roesslerii* Kurzawe *et al.* 2013b. Após, Tavares *et al.* (2012) registrou a Marattiales *Buritiranopteris costata* na composição da paleoflora do Monaf.

Outros trabalhos como os de Neregato *et al.* (2015), Neregato *et al.* (2017) e Iannuzzi *et al.* (2018), descreveram as Calamitaceae *Arthropitys isoramis*, *A. iannuzzii*, *A. tocantinenses* e *A. barthelii* para essa área, além do gênero *Sphenophyllum* sp., representante da ordem Sphenophyllales (IANNUZZI *et al.*, 2018).

Além dos macrofósseis vegetais, Kauffmann *et al.* (2016) identificaram fragmentos de carvão fóssil no Monaf, em afloramentos da fazenda Andradina, os quais estão relacionados a incêndios paleobotânicos ocorridos nessa localidade.

O Monaf difere-se de outras florestas petrificadas da Bacia do Parnaíba (e.g., Floresta Petrificada do Rio Poti (FPRP), Floresta Petrificada dos Morros Garapenses (FPMG), e a Floresta Petrificada de Altos (FPA), (detalhadas no subtópico 2.5.1) por apresentar fósseis *ex situ* ou parcialmente inseridos nas rochas sedimentares, mas não em posição de vida.

Outro diferencial é que os depósitos que abrigam fósseis vegetais não apresentam rochas carbonáticas, situando-se em níveis estratigráficos superiores. Por isso, são atribuídos à Formação Motuca, e não à Formação Pedra de Fogo, como ocorre nas demais florestas petrificadas na outra margem da bacia. Além disso, seus registros são predominantemente compostos por samambaias, enquanto nas demais localidades há predominância de gimnospermas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2020).

Floras permianas ao redor do mundo apresentam uma notável similaridade com a FPTS, como no caso da flora fóssil aflorante nas Montanhas Transantárticas Centrais (MCMANUS, 2002), nas bacias Bowen e Sidney, na Austrália (PIGG & MCLOUGHLIN, 1997), em sedimentos do Grupo Ecca, no Permiano Médio da África (BAMFORD, 2004), na Bacia Saharjuri, Índia (BANERJEE, 2005), a paleoflora do Texas, Estados Unidos (DIMICHELE, PFEFFERKORN & GASTALDO, 2001), e, em especial, a floresta petrificada de Chemnitz, na Alemanha (ROßLER & NOLL 2002; ROßLER & GALTIER 2002, 2003; ROßLER, 2006), que apresenta uma notável similaridade com a FPTS. Destas, segundo Crapetz (2010) a Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional ocupa posição de destaque entre os registros paleobotânicos, pelas notáveis condições de preservação dos fitofósseis encontrados na região, permitindo até mesmo a observação da organização celular dos

espécimes, que despertam grande interesse na investigação da comunidade vegetal que habitou a área durante o Permiano Inferior, bem como nos processos de sepultamento e preservação que possibilitaram a conservação dessas assembleias vegetais permineralizadas.

Diversos atores sociais vinculados a universidades realizam visitas periódicas ao local para desenvolver atividades práticas de cursos de graduação e pós-graduação em áreas como Biologia, Geologia e Geografia. Por exemplo, os cursos de Ciências Biológicas da UFT (Universidade Federal do Tocantins) e da UFNT (Universidade Federal do Norte do Tocantins) levam seus estudantes de graduação para atividades práticas no Monaf em visitas semestrais (MOREIRA & MAIA, 2020; RIBEIRO, SILVA & TAVARES, 2020; TAVARES, ALENCAR & FILHO, 2020; LIMA, 2021).

O Monumento também recebe a visita de pesquisadores de diferentes partes do Brasil e do mundo. Como exemplo, há registros de pesquisadores alemães e egípcios que visitaram o local com o intuito de realizar estudos (HERBST, 1986, 1992, 1999; ROßLER & GALTIER, 2002a, 2002b; ROßLER & NOLL, 2002).

Essa intensa interação entre os atores sociais, universidades e pesquisadores demonstra a relevância científica e educacional do Monaf, tornando-o um importante espaço de conhecimento e pesquisa sobre a rica biodiversidade e patrimônio paleontológico presentes nessa unidade de conservação. Esses elementos apresentam uma notável riqueza e são de extrema importância para o estudo da história evolutiva e da diversidade da flora no passado geológico da região do Monaf.

2.5 Geoconservação no Brasil

O patrimônio geológico refere-se ao conjunto de geossítios em uma área específica. Estes são locais delimitados geograficamente por conterem elementos da geodiversidade, possuindo valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural e turístico. A geoconservação visa preservar a diversidade natural de importantes aspectos e processos geológicos, geomorfológicos e de solos, assegurando a manutenção da narrativa da evolução no planeta (SHARPLES, 2002; BRILHA, 2006; JORGE & GUERRA, 2016).

Embora o conceito seja recente, a conscientização sobre geoconservação já é antiga na Europa. Na França, por exemplo, remonta à década de 1930, com a promulgação da Lei de Proteção dos Monumentos Naturais, que visava proteger sítios geomorfológicos e cavernas. Na Grã-Bretanha, durante os anos 1940, foi estabelecido o Comitê de Investigação de Recursos Naturais (NRIC), sendo responsável pelo levantamento de 390 locais de interesse

geológico. Na Alemanha, na década de 1990, o primeiro Geoparque alemão foi criado, o Gerolstein, agora conhecido como Geoparque Vulcaneifel, entre outros exemplos.

No Brasil, as iniciativas começaram a surgir na década de 1990 com a fundação da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP) em 1997. Seu objetivo principal era promover a descrição, catalogação e criação de um banco de dados nacional dos geossítios, disponibilizando essas informações em um *site* na internet e em artigos científicos (WINGE, 1999; JORGE & GUERRA, 2016).

Dentre os projetos brasileiros dedicados à preservação de geossítios, destacam-se várias iniciativas significativas. A empresa Minerais do Paraná S.A. (Mineropar), por exemplo, realiza, desde 2003, um trabalho de catalogação de geossítios no estado sob o título "Sítios Geológicos e Paleontológicos do Paraná". Seu objetivo é integrar a geologia ao turismo, transformando afloramentos, paisagens e minas em produtos turísticos, com o intuito de transmitir conhecimentos geológicos. Além disso, tem-se o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) lançou em 2006, o "Projeto Geoparques", que visa identificar, descrever, catalogar e divulgar áreas com potencial para o geoturismo e a geoconservação, apoiando o desenvolvimento sustentável (PIEKARZ & LICCARDO, 2006; LOPES & ARAÚJO, 2010; JORGE & GUERRA, 2016).

Como parte do programa da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), o Brasil conquistou o reconhecimento de três Geoparques Mundiais: o Geoparque Araripe em 2006, localizado no Ceará; o Geoparque Seridó em 2022, no Rio Grande do Norte; e o Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul também em 2022, situado entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (BRASIL, 2022).

Estudos sobre geoconservação no Brasil têm sido muito frequentes nos últimos anos. Araújo, Silva e Aquino (2019) analisaram os anais da década entre 2009 e 2019 do Congresso Brasileiro de Geologia (CBG), do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada (SBGFA), do Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO), e do Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico (SBPG), nos quais totalizaram 1.211 trabalhos, entre artigos completos e resumos. Esses trabalhos abordavam os seguintes temas principais: inventariação e avaliação de elementos relevantes da geodiversidade, ameaças à geodiversidade, geoturismo, geoparques, iniciativas educacionais voltadas para a sensibilização sobre geoconservação, além de contribuições teórico-conceituais sobre geodiversidade e patrimônio geológico (geopatrimônio) (ARAÚJO, SILVA & AQUINO, 2019).

Em uma pesquisa no Google Acadêmico sobre trabalhos voltados à conservação de geossítios, utilizando as palavras-chave “geoconservação” e “Brasil”, encontram-se teses de doutorado com o objetivo de inventariar e propor planos de geoconservação em parques como os da Chapada Diamantina, na Bahia (PEREIRA, 2010), e nas regiões do litoral sul e mesorregião do agreste pernambucano (GUIMARÃES, 2016; SANTOS, 2016) com foco no uso do patrimônio geológico como fonte de ensino, pesquisas e geoturismo. Dissertações de mestrado que abordam mapeamento, a descrição e propostas de divulgação de trilhas geoturísticas de locais como o Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti, Cabo de Santo Agostinho-PE, Brasil, principalmente por ser um local de difícil acesso e sem sinalização (GUIMARÃES, 2013). Além disso, há artigos publicados em periódicos com estratégias de geoconservação para regiões como do litoral norte do estado de São Paulo (GARCIA *et al.*, 2019) e regiões cársticas dos Campos Gerais (RCCG), situadas nos estados do Paraná e São Paulo (PONTES *et al.*, 2021), entre outros trabalhos de diferentes locais do país que abordam temáticas similares.

2.5.1 Geoconservação na Bacia do Parnaíba

Os geoparques e/ ou sítios geológicos pertencentes à Bacia Sedimentar do Parnaíba, são de grande riqueza no que diz respeito à beleza cênica e à abundância paleobiológica. Os trabalhos voltados a geoconservação da Bacia do Parnaíba, apresentados a seguir, foram publicados entre os anos de 2010 e 2023, e contribuem significativamente para o entendimento e a preservação dos elementos geológicos e da biodiversidade da região.

O Parque Nacional de Sete Cidades, no Piauí, destaca-se por suas características geomorfológicas, arqueológicas e paleoambientais, além de sua beleza cênica (SCHOBENHAUS, 2010). Em 2009, a SGB/CPRM iniciou um relatório de inventário do patrimônio geológico na região e identificou oito geossítios: Pedra da Tartaruga, Arco do Triunfo, Sítio Pequeno, Pedra do Americano, Biblioteca, Cidade Perdida, Pedra dos Canhões e Cachoeira do Riachão. Entre as medidas de geoconservação, incluem-se a avaliação do interesse geológico e a proposição de atividades geoturísticas (LOPES, ARAÚJO & NASCIMENTO, 2012; PIAUÍ, 2023).

O sítio paleontológico de São Domingos, localizado no município de Itaguatins, no estado do Tocantins, abriga um registro singular de icnofósseis de dinossauros saurópodes. Essas pegadas estão preservadas em uma propriedade privada às margens do rio Tocantins, ocupando uma área de aproximadamente 1km². Infelizmente, o sítio está sujeito a um alto

risco de degradação devido às enchentes provocadas pela drenagem do Rio Tocantins, especialmente nos últimos cinco anos, desde a entrada em operação da Usina Hidrelétrica de Estreito, situada a aproximadamente 150 km a montante do geossítio. Uma estratégia de conservação que pode ser adotada para este sítio é promover atividades de geoturismo e visitas educativas. Tal iniciativa se justifica pelo fato de que o sítio de São Domingos desempenha um papel significativo na compreensão de questões relacionadas à evolução geológica, biológica e biogeográfica (LOPES, 2019).

A Área de Proteção Ambiental da Bica do Ipu, localizada no estado do Ceará, é caracterizada por uma diversidade de paisagens, formações rochosas, minerais, fósseis e solos, os quais desempenham um papel fundamental na sustentação da vida na Terra. Devido ao valor econômico da região, surgem diversas ameaças à geodiversidade, tais como desmatamento, queimadas e desvio de cursos d'água. Para enfrentar esses desafios, discute-se a inclusão de atividades de educação ambiental, visando engajar os moradores locais na preservação do ambiente que os cerca. É igualmente importante considerar a falta de fiscalização e de penalidades adequadas para os infratores das leis ambientais dentro dos limites da APA, o que contribui para a ampliação dos problemas de degradação ambiental (LOPES & CLAUDINO-SALES, 2019).

A região supracitada está inserida no Planalto de Ibiapaba, uma grande formação geológica do Nordeste Setentrional, com aproximadamente 390 km de extensão e altitudes variando entre 500 m (ao sul) e 900 m (ao norte). Este planalto apresenta um relevo assimétrico do tipo homoclinal, com a face voltada para o Ceará e uma inclinação mais suave em direção ao Piauí, servindo como divisa entre esses dois estados. Apesar da escassez de estudos sobre a área, o Planalto de Ibiapaba revela que a Bacia do Parnaíba, sobre a qual repousa, entra em contato com um embasamento cristalino. Os padrões de relevo, que refletem as fases de formação e modelagem da Ibiapaba, correlacionam-se com momentos cruciais da história natural do planeta. Como resultado, esses locais emergem como áreas que demandam estratégias efetivas de conservação, especialmente por meio do geoturismo e do turismo científico (FÉ, 2015; CLAUDINO-SALES *et al.*, 2020).

Na região central da Bacia Sedimentar do Parnaíba, destacam-se três sítios paleobotânicos de relevância nos estados do Piauí e Maranhão, formalmente apresentados à comunidade científica por meio de publicações em periódicos nacionais e internacionais, são eles: a Floresta Petrificada do Rio Poti (FPRP), no Piauí (CALDAS *et al.*, 1989); a Floresta Petrificada dos Morros Garapenses (FPMG), no Maranhão (CONCEIÇÃO *et al.*, 2016a); e a Floresta Petrificada de Altos (FPA), também no Piauí (CONCEIÇÃO *et al.*, 2016b). Além

desses, há outras ocorrências significativas de fósseis vegetais na parte central da bacia, algumas recentemente documentadas (CONCEIÇÃO *et al.*, 2020a) e outras ainda não divulgadas. Esses sítios representam importantes patrimônios paleobotânicos, tanto do ponto de vista científico quanto educacional e geoturístico, pois abrigam grandes conjuntos de gimnospermas, notáveis especialmente por estarem preservados em posição de vida. Apesar de sua relevância, enfrentam sérias ameaças à conservação devido à falta de fiscalização por parte das autoridades competentes e ao desconhecimento da população sobre o real valor e importância desses locais (CONCEIÇÃO *et al.*, 2020b).

O Parque Nacional da Chapada das Mesas, localizado no município de Carolina, no estado do Maranhão, abrange uma área de 159.953,78 hectares e tem como estratégias de conservação o uso de trilhas geoecológicas para geoturismo e turismo científico, além da delimitação de zonas de uso restrito (FERREIRA, DIAS & REGO, 2019; MARINHO, 2023).

O Parque Estadual do Cânion Cearense do rio Poti está situado no distrito de Oiticica, no município de Crateús, na divisa dos estados do Piauí e Ceará. Com 3.680,55 ha de extensão, o parque foi criado em 2021 e apresenta um patrimônio rico em geodiversidade, embora ainda seja pouco conhecido e estudado. As principais estratégias de geoconservação nesse parque, baseiam-se na identificação patrimonial e no investimento em educação ambiental (BARROS, LOPES & OLIVEIRA, 2022; PIAUÍ, 2023).

O Vale do Guaribas, um dos doze Territórios de Desenvolvimento do estado do Piauí, foi objeto de um inventário e quantificação de nove geossítios e sítios de geodiversidade. Alguns desses sítios estão localizados na Bacia do Parnaíba, como o Sítio da Geodiversidade Açude de Bocaina, Sítio da Geodiversidade Alpes do Buriti, Sítio da Geodiversidade Morro da Cruz, Sítio da Geodiversidade Sucavão e Sítio da Geodiversidade Afloramento da Formação Pimenteiras. Todos esses sítios possuem relevância científica, educacional e turística, com um risco moderado de degradação e ausência de urgência para proteção a curto prazo na maioria dos casos avaliados. As estratégias de geoconservação incluem a interpretação e divulgação do patrimônio, visando promover o desenvolvimento sustentável dos municípios presentes na área (SILVA, ARAÚJO & FIGUEIRÓ, 2023).

O Parque Nacional de Ubajara, situado no estado do Ceará, é uma das unidades de conservação de proteção integral mais antigas do Brasil, estabelecida em 30 de abril de 1959. Abrangendo os municípios de Frecheirinha, Tianguá e Ubajara, o parque ocupa uma área de aproximadamente 6.288 hectares (MMA, 2002). As estratégias de geoconservação adotadas neste local incluem o diagnóstico de seus potenciais de uso e a interpretação ambiental. O

parque apresenta um considerável potencial de geoconservação, especialmente no que diz respeito à educação e ao turismo. Portanto, é um espaço propício para o desenvolvimento de atividades educativas relacionadas às ciências da Terra, aproveitando seu apelo cênico e suas características naturais (MEIRA, SILVA & NASCIMENTO, 2023).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar as atividades humanas impactantes em afloramentos fossilíferos, tanto na área do Monaf quanto na sua zona de amortecimento, com vistas à preservação das principais áreas de ocorrência de fósseis.

3.2 Objetivos específicos

- Verificação do atendimento aos condicionantes estabelecidos no plano de manejo do Monaf;
- Mapeamento e classificação do grau de dificuldade de acesso às trilhas já conhecidas nos afloramentos fossilíferos descritos da unidade de conservação;
- Proposição de medidas compensatórias no âmbito do Monaf, em conformidade com o Plano de manejo da UC.

4 MATERIAIS E METODOLOGIA

O material de análise deste estudo consiste no levantamento de dados realizados em campo. Os dados referem-se à verificação de impactos antrópicos em afloramentos fossilíferos, bem como à marcação e análise de trilhas.

A metodologia utilizada no projeto envolveu duas atividades principais, de acordo com os objetivos propostos: (i) atividades de campo e (ii) análise dos resultados.

4.1 Atividades de campo

A sede do Monaf está localizada em Bielândia, um distrito do município de Filadélfia, na região norte do estado do Tocantins, a cerca de 438 km da capital. A área abrangida é de 32.067,1000 hectares de cerrado, e a Zona de Amortecimento inclui parte do município de Babaçulândia. O acesso é feito pelas rodovias TO-130 e TO-222.

Foram realizadas três atividades de campo com duração de sete dias cada, sendo uma expedição realizada no primeiro ano do projeto (setembro de 2023) e duas no segundo ano (fevereiro e junho de 2024). A equipe de campo foi composta por pelo menos cinco pessoas: coordenadora, bióloga especialista em impactos ambientais, geólogo (ou geógrafo) e estudantes em número variável. Os demais membros foram selecionados com base nas necessidades de cada campo (por exemplo, escavação, coleta etc.). Os veículos utilizados para o translado de Porto-Nacional à Filadélfia foram carros da frota da UFT. Em pelo menos uma atividade de campo, um pesquisador do Museu Nacional acompanhou a equipe. As atividades de campo consistiram em:

- *Seleção e vistoria de afloramentos:* Como procedimento inicial, foi realizada revisão bibliográfica detalhada para a identificação dos principais afloramentos da região. Também foram levantados os principais relatos dos moradores de Bielândia e guias que prestam serviços ao Monaf, sobre afloramentos fossilíferos não documentados na literatura científica.
 - Georreferenciamento foi realizado com o uso do *GPS Garmin 60GSx*, e do aplicativo gratuito de fotos *Timestamp*, que indica as coordenadas geográficas e em UTM, e do aplicativo *Wikiloc*, também gratuito, que marcava os pontos iniciais e finais, além das trilhas percorridas nos afloramentos.
 - O registro fotográfico foi realizado com o uso de *Smartphone Xiaomi Redmi Note 12* e aplicativo *Timestamp*, indicando as coordenadas em UTM das localizações, além de legendas com os nomes de cada afloramento, bem como a data e hora, e uso de câmera fotográfica *Canon T7*.
- *Caracterização das trilhas:* foi realizada conforme as Norma Brasileira 15505-2:2019 (ABNT, 2019) que classifica percursos de turismo em aventura e caminhada. Para traçar o percurso, foi utilizado o aplicativo de telefone celular gratuito de rotas e trilhas *Wikiloc*, versão 3.83.3, que gravava e marcava em tempo real os pontos, a

distância e o tempo percorrido na trilha. Em cada ponto de parada, eram descritas no caderno de campo as características da vegetação, o estado da trilha, e os impactos antrópicos observados acerca do material fossilífero.

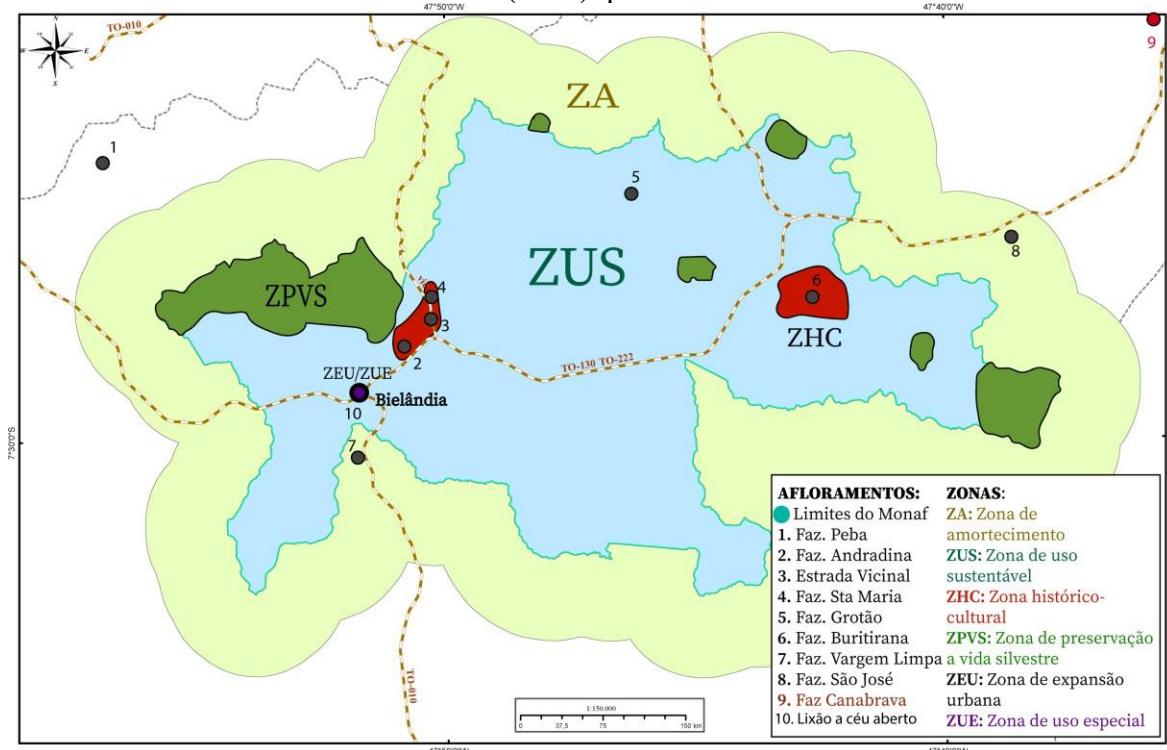
Foram visitados 10 locais (Fig. 4) com presença de material fossilífero e/ou atividades humanas impactantes, além de um local com atividades impactantes graves dentro do distrito de Bielândia. Os afloramentos citados neste estudo estão dispostos na Zona de Uso Sustentável, Zona Histórico-Cultural e Zona de Expansão Urbana, localizados dentro da UC, além da Zona de Amortecimento (Quadro 2). É importante ressaltar que os locais visitados estão presentes em propriedades privadas.

Quadro 2 – Localização dos afloramentos fossilíferos e seus respectivos zoneamentos.

AFLORAMENTO	ZONA	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
Fazenda Andradina	Zona Histórico - Cultural (ZHC)	Entrada à esquerda da TO-222, sentido Bielândia - Filadélfia. 4km do município de Bielândia.	07° 28' 01" S; 047° 50' 32.0" W; Elevação 288m; erro de +/- 3m.
Fazenda Buritirana	Zona Histórico - Cultural (ZHC)	Sentido Bielândia - Filadélfia, TO 222, entrada à direita.	07° 27' 51.6" S 047° 42' 31.3" W. Elevação 259m. Erro +/- 3m.
Afloramento da estrada vicinal na entrada do povoado Descanso	Zona Histórico - Cultural (ZHC)	Próximo à entrada da Fazenda Andradina, aproximadamente 800m de distância. Sentido Bielândia-Filadélfia. 10km até o Povoado Descanso e mais 30 km até o município de Babaçulândia.	07° 27' 33.1" S 047° 50' 18.4" W. Elevação - 280m. Erro +/- 3m.
Fazenda Santa Maria	Zona Histórico - Cultural (ZHC)	Ao lado direito do afloramento anterior (Estrada Vicinal), 850m da placa do Povoado Descanso.	07° 27' 29.3" S 047° 50' 18.4" W. Elevação 273m. Erro +/- 3m.
Fazenda Grotão	Zona de Uso Sustentável (ZUS)	Estrada Bielândia-Filadélfia, TO 222, entrada à esquerda. Afloramento antes da entrada da Fazenda.	07° 25' 46.4" S 047° 46' 12.8" W. Elevação 171m. Erro +/- 3m.
Fazenda Vargem Limpa	Zona de Amortecimento (ZA)	TO 010 Bielândia-Barra do Ouro, lado direito. Entrada nas proximidades da estrada.	07° 30' 43.4" S 047° 51' 38.8" W. Elevação 256 m. Erro +/- 3m.
Fazenda São José	Zona de Amortecimento (ZA)	Entrada à direita da TO-222, sentido Bielândia - Filadélfia. Próximo à estrada.	07° 25' 37.1" S 47° 38' 3.16" W. Elevação: 214 m. Erro +/- 3m.
Fazenda Canabrava	(fora do zoneamento)	Lado esquerdo da estrada Bielândia sentido Filadélfia. Entrada nas proximidades da estrada, mais 20 km de estrada de chão.	07° 19' 11.4" S 47° 40' 28.5 W. Elevação 175 m. Erro +/- 3m.
Fazenda Peba	(fora do zoneamento)	Estrada vicinal sentido Bielândia-Araguaína. Cerca de 15 km da TO 222.	07° 24' 08.5" S 047° 56' 07.3" W. Elevação 315m. Erro +/- 3m.
Área de descarte irregular na saída de Bielândia com destino a Barra do Ouro	Zona de Expansão Urbana (ZEU)	TO – 010 nas proximidades de Bielândia, lado direito, proximidades da estrada.	07° 29' 44.3" S 047° 51' 27.4" W. Elevação 293m. Erro +/- 3m.

Fonte: Autora (2024).

Figura 4 – Mapa de localização dos afloramentos e seus respectivos zoneamentos. Na ZUS os afloramentos Santa Maria e Grotão (4 e 5); na ZHC, os afloramentos Andradina, Buritirana e Estrada Vicinal (2,3 e 6); na ZA estão os afloramentos Vargem Limpa e São José (7 e 8); e os afloramentos Peba e Canabrava (1 e 9) que estão fora dos zoneamentos da UC.



Fonte: Imagem cedida pelo Naturatins/Modificado de Naturatins (2024).

4.2 Análise dos resultados

A discussão dos resultados foi conduzida em duas etapas: primeiro, a análise dos impactos ambientais identificados em campo, com base na documentação regulatória da unidade e na legislação ambiental vigente; e, em seguida, a caracterização das trilhas em determinados afloramentos, seguindo a norma NBR 15.505-2 (ABNT, 2019).

a) Procedimentos gerais de análises dos impactos ambientais

Os procedimentos de pesquisa para a análise dos impactos ambientais na área e no entorno do Monaf caracterizam-se pela realização de revisão bibliográfica e documental, com ênfase no Plano de Manejo, além da verificação das atividades antrópicas *in loco*. O objetivo foi acompanhar e verificar o cumprimento das condições estabelecidas no plano de manejo.

Para efetuar o levantamento de impactos ambientais na região do Monaf, foi elaborado um protocolo baseado no Plano de Manejo da UC (SEPLAN, 2005), utilizando a metodologia de Avaliação Ecológica Rápida (AER), descrita por Sayre *et al.* (2002). Tal metodologia visa detalhar as condições do ecossistema da Unidade e do seu entorno, seus atributos naturais, e

aspectos como a pressão antrópica e as atividades conflitantes com a categoria da Unidade, entre outros.

Com isso, foram avaliados os tipos de empreendimentos (neste caso, as atividades antrópicas) e se estas estão de acordo com o previsto no Plano de manejo.

Para esse levantamento de impactos, foram usadas em campo, mapas com seis locais do Monaf e da Zona de Amortecimento com presença de afloramentos fossilíferos, já descritos formalmente (DIAS-BRITO *et al.*, 2007), somados a quatro locais dentro da Unidade que não constam na literatura. Cada afloramento foi caracterizado individualmente, averiguando as possíveis adequações às normas legais do Monumento. O protocolo de averiguação das atividades foi elaborado utilizando as normas de uso das áreas em que os pontos estão alocados, conforme o Plano de Manejo e o AER, adaptados para o caso do Monumento (como descrito anteriormente).

As formas de detalhamento averiguação dependem das normas de uso de cada tipo de zoneamento na qual cada afloramento visitado se enquadra. A partir dessas informações e conforme a necessidade de cada ponto visitado, serão propostas as medidas compensatórias cabíveis a cada situação, conforme os documentos legais pertinentes à área.

b) Classificação das Trilhas

As trilhas foram marcadas durante duas expedições de campo, a primeira em setembro de 2023, e a última em fevereiro de 2024. Os afloramentos foram escolhidos com base na bibliografia e em depoimentos do guia e moradores da região. Dos afloramentos visitados, foram considerados para delineamento das trilhas apenas aqueles que já possuíam uma marcação prévia de trajeto e percurso conhecido. Esse critério foi utilizado devido à existência de um caminho definido, o que indica um uso prévio da localidade. Além disso, os demais afloramentos, não apresentam trilhas demarcadas, e ainda se localizam em áreas mais abertas, onde o deslocamento é realizado de forma aleatória e a visualização dos materiais aflorantes é mais ampla.

A classificação dos percursos foi realizada com base na NBR 15.505-2 (ABNT, 2019), que é composta por quatro critérios:

a) severidade do meio: refere-se aos perigos e outras dificuldades decorrentes do meio natural, como temperatura, pluviosidade, riscos de quedas, facilidade de resgate, entre outros, que podem ser encontrados ao longo do percurso.

b) orientação no percurso: refere-se ao grau de dificuldade para orientação, como presença de sinalização, trilhas bem-marcadas, presença de pontos de referência, entre outros, para completar o percurso.

c) condições do terreno: refere-se aos aspectos encontrados no percurso em relação ao piso e às condições para percorrê-lo, como tipos de pisos, trechos com obstáculos, trechos com pedras soltas, entre outros.

d) intensidade de esforço físico: refere-se à quantidade de esforço físico requerido para cumprir o percurso, levando em conta extensão e desníveis (subidas e descidas), considerando um visitante comum.

Cada critério conta com uma série de ocorrências e fatores que, de forma cumulativa, representam um valor (ver Norma Brasileira ABNT NBR 15505-2/ 2019, Classificação de Trilhas). A cada parâmetro é atribuído um valor de 1 a 5, sendo 1 pouco severo, 2 moderadamente severo, 3 severo, 4 muito severo e 5 bastante severo.

No caso da severidade do meio (Quadro 3), refere-se aos perigos e outras dificuldades decorrentes do meio natural, como temperatura, pluviosidade, riscos de quedas, que podem ser encontrados ao longo do percurso.

Quadro 3 – Classificação de trilhas segundo a severidade do meio

VALOR	CLASSIFICAÇÃO	NÚMERO DE FATORES
1	pouco severo	até 3
2	moderadamente severo	4 a 5
3	Severo	6 a 8
4	muito severo	9 a 12
5	bastante severo	pelo menos 13

Fonte: NBR 15505-2 (2019)

Na orientação de percurso (Quadro 4), também há uma série de características que definem a severidade atribuída de 1 a 5, sendo que 1 corresponde a “caminhos e cruzamentos bem definidos” até 5 “exige navegação para utilizar trajetos alternativos e não conhecidos previamente”.

Quadro 4 – Classificação de trilhas segundo a orientação do percurso.

Grau	Classificação	Condições de orientação do percurso de caminhada
1	Caminhos e cruzamentos bem definidos	Caminhos principais bem delimitados e sinalizados, com cruzamentos claros, com indicação explícita ou implícita. Manter-se

		sobre o caminho não requer esforço de identificação do traçado. Eventualmente, pode ser necessário acompanhar uma linha marcada por um acidente geográfico inconfundível (por exemplo, uma praia ou uma margem de um lago).
2	Caminho ou sinalização que indica a continuidade	Existe um traçado claro do caminho sobre o terreno ou sinalização para a continuidade do percurso. Requer atenção para a continuidade e o cruzamento de outros traçados, mas sem necessidade de uma interpretação precisa dos acidentes geográficos. Esta condição se aplica à maioria dos caminhos sinalizados que utilizam, em um mesmo percurso, tipos distintos de caminhos com numerosos cruzamentos, como, por exemplo, trilhos de veículos automotores, trilhas para pedestres, caminhos para montaria, campos assinalados por marcos (bem localizados e bem mantidos).
3	Requer a identificação de acidentes geográficos e de pontos cardeais	Ainda que o itinerário se desenvolva por traçado sobre trilhas, percursos marcados por acidentes geográficos (rios, fundos de vales, costas, cristas, costões de pedras, entre outros) ou marcas de passagem de outras pessoas, a escolha do itinerário adequado depende do reconhecimento dos acidentes geográficos e dos pontos cardeais.
4	Requer habilidades de navegação fora do traçado	Não existe traçado sobre o terreno, nem segurança de contar com pontos de referência no horizonte. O itinerário depende da compreensão do terreno e do traçado de rumos.
5	Requer navegação para utilizar trajetos alternativos e não conhecidos previamente	O itinerário depende da compreensão do terreno e do traçado de rotas, além de requerer capacidade de navegação para completar o percurso. Os rumos do itinerário podem ser interrompidos inesperadamente por obstáculos que necessitem ser contornados.

Fonte: NBR 15505-2 (2019)

Assim como em condições do terreno (Quadro 5), onde 1 demonstra um “percurso em superfícies planas”, até 5 onde o “percurso que requer técnicas verticais” (ver Norma Brasileira ABNT NBR 15505-2/ 2019, Classificação de Trilhas).

Quadro 5 – Classificação de trilhas segundo as condições do terreno.

Grau	Classificação	Condições técnicas do percurso
1	Percorso em superfícies planas	Estradas e pistas para veículos, independentemente da sua inclinação. Caminhos com degraus com piso plano e regular. Praias (de areia ou de cascalho) com piso nivelado e firme.
2	Percorso por caminhos sem obstáculos	Caminhos por diversos terrenos firmes, mas que mantenham a regularidade do piso e trilhas bem marcadas que não apresentem grandes inclinações nem obstáculos que requeiram grande esforço físico para serem ultrapassados. Percursos por terrenos uniformes, como campos e pastagens não muito inclinados.
3	Percorso por trilhas escalonadas ou terrenos irregulares	Percorso por trilhas com obstáculos ou degraus irregulares, com tamanho, altura e inclinação diferentes. Percorso fora de trilhas e por terrenos irregulares. Travessias de áreas pedregosas ou com afloramentos rochosos (lajes de pedras). Trechos de pedras soltas, pedreiras instáveis, raízes muito expostas, areões ou grandes erosões.

4	Percorso com obstáculos	Caminhos com obstáculos que podem requerer saltos ou a utilização das mãos até I Sup. (graduação UIAA para escalada ou progressão vertical).
5	Percorso que requer técnicas verticais	Trechos que requerem técnicas de escalada do grau II até III Sup. (graduação UIAA para escalada ou progressão vertical). Requer a utilização de equipamentos e técnicas específicas. A existência destes trechos condiciona à menção na seção “Condições específicas”, conforme o Anexo B.

Fonte: NBR 15505-2 (2019)

Na intensidade do esforço físico (Quadro 6), cada trecho é geralmente avaliado em relação à estimativa do esforço necessário, levando em conta a distância a ser percorrida e a influência dos desníveis (subidas e descidas) (ABNT, 2019). Dessa forma, o grau de esforço físico exigido para caminhadas em percursos de turismo é avaliado considerando a distância e os desníveis (subidas e descidas) ao longo do trajeto. O índice de esforço, expresso em horas, é calculado para um participante comum e leva em conta as condições do terreno e a inclinação do percurso. O tempo real para completar o trajeto pode variar de acordo com fatores como condicionamento físico, clima e ritmo de marcha. O índice permite comparações entre diferentes percursos e padroniza a informação sobre a intensidade do esforço físico necessário. Para trechos horizontais, o tempo de deslocamento é calculado dividindo-se a distância pela velocidade média, que varia conforme o tipo de piso: fácil (4 km/h), moderado (3 km/h) ou difícil (2 km/h). A influência dos desníveis é considerada como um tempo adicional, calculado com base em uma velocidade vertical padrão.

Quadro 6 – Classificação segundo o índice de esforço para caminhada em percursos de turismo.

Grau	Classificação	Caminhada
1	Pouco esforço	Até 1h
2	Esforço moderado	Mais de 1h e até 3h
3	Esforço significativo	Mais de 3h e até 6h
4	Esforço intenso	Mais de 6h e até 10h
5	Esforço extraordinário	Mais 10h

NOTA: A medida de tempo é expressa pelo índice de esforço para caminhada em percursos de turismo e não traduz necessariamente o tempo cronológico de duração de uma atividade.

Fonte: NBR 15505-2 (2019)

Em cada ponto de interrupção ao longo da trilha, as características do meio foram descritas em caderno de campo pela equipe, e posteriormente relacionadas com os requisitos da NBR. Essas informações foram registradas em planilha do Excel, a fim de que obtivesse os resultados relativos ao grau de cada critério detalhado anteriormente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão serão apresentados de forma integrada, organizados em três tópicos: (i) impactos ambientais; (ii) trilhas; e (iii) medidas compensatórias

5.1 Impactos ambientais

As mudanças ambientais provocadas pela interação humana com a natureza têm provocado sérias perdas, principalmente devido à velocidade e à intensidade com que ocorrem, gerando a necessidade de uma reavaliação da conservação dos recursos naturais e, em conjunto, o desenvolvimento de estratégias que efetivamente garantam a conservação ambiental.

No Monaf, os impactos antrópicos vêm causando uma série de danos ao patrimônio fossilífero. Esses materiais estão sendo degradados, principalmente, por atividades voltadas à agricultura e à pecuária.

Os resultados deste tópico serão apresentados por zona de acordo com o zoneamento da UC.

5.1.1 Afloramentos da Zona de Amortecimento (ZA)

Essa Zona está situada nos arredores da UC e sua localização, e possui um memorial descritivo do plano de manejo onde a área totaliza 10km ao redor da Unidade, conforme o referido. O principal objetivo da ZA é minimizar os impactos sobre a área do Monaf (SEPLAN, 2005).

Os afloramentos associados a essa zona são dois, a saber: Fazenda Vargem Limpa e Fazenda São José.

1. Fazenda Vargem Limpa: Nos afloramentos desta fazenda observam-se como principais impacto os pisoteio de animais domésticos, além da presença de resíduos sólidos esparsos. Também foram encontrados resquícios de montes de fósseis, que eram coletados para venda em uma prática anterior ao estabelecimento da UC (Fig. 6b). Entre os espécimes fósseis, predominam fragmentos de gimnospermas (Fig. 5a).

Figura 5 – Afloramento Vargem Limpa. (A) Fragmento de gimnosperma fóssil; (B) monte de fósseis feito manualmente com o objetivo de extração e venda ilegal.



Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (set/2023).

2. *Fazenda São José*: Possui poucos sinais de impactos humanos no percurso percorrido, limitando-se à passagem e pisoteio de animais domésticos, os quais levam a erosão e deposição de solo em alguns pontos, além de poucos registros de resíduos sólidos esparsos. O material fossilífero encontra-se extremamente fragmentado, demasiadamente silicificado, o que pode dificultar a identificação morfológica em comparação com outros afloramentos (Fig. 6).

Figura 6 – Vista panorâmica do afloramento da Fazenda São José.



Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (fev/2024).

Na Zona de Amortecimento, o plano de manejo da UC (SEPLAN, 2005) cita que deverão ser observados o grau de comprometimento da conectividade dos remanescentes, dos corredores ecológicos e da vegetação nativa, em relação às ações de potenciais empreendimentos na região (neste caso, trata-se de ações antrópicas nas terras habitadas). As ações de disposições de resíduos sólidos e escavação sem licença — como a extração de

materiais fossilíferos para a venda ilegal à Mineradora Pedra de Fogo, na década de 1990 — também foram constatadas nos afloramentos visitados nessa área.

5.1.2 Afloramentos na Zona de Uso Sustentável (ZUS)

Segundo o Plano de Manejo (SEPLAN, 2005), a Zona de Uso Sustentável está dividida em duas áreas: área 1, que apresenta uma área de 22.487,45 ha e perímetro de 174.036,78m; e área 2, que apresenta uma área de 1.663,68 ha e perímetro de 24.493,66 m. Tem como objetivos orientar o uso e ocupação do solo em conformidade com a aptidão regional; compatibilizar atividades econômicas tradicionais com a conservação da biota regional; minimizar o impacto de ações antrópicas; e permitir a geração de tecnologia própria para as condições locais.

O afloramento que consta na área do ZUS é a Fazenda Grotão, identificado com o uso dos mapas oficiais do órgão ambiental, e pelas análises deste estudo. Apesar de reconhecido na literatura (DIAS-BRITO *et al.*, 2007), este afloramento não consta no plano de manejo.

1. *Fazenda Grotão*: O principal impacto antrópico refere-se à atividade bovina como pisoteamento e o descarte inadequado de resíduos sólidos em contato direto com os fósseis, (Fig. 7a), o que torna o afloramento extremamente erodido. A área é ampla e apresenta fósseis pequenos, fragmentados e com baixo grau de preservação. Trata-se, em sua maioria, de material rolado, predominantemente gimnospermas. O afloramento conta com a presença de folhas de *Marattiales* preservadas em três dimensões (Fig. 7b).

Figura 7 – Afloramento da Fazenda Grotão. (A) Pegadas de animais domésticos (seta vermelha) em contato direto com fragmento de lenho fóssil (seta azul). (B) Folha de *Marattiales*.

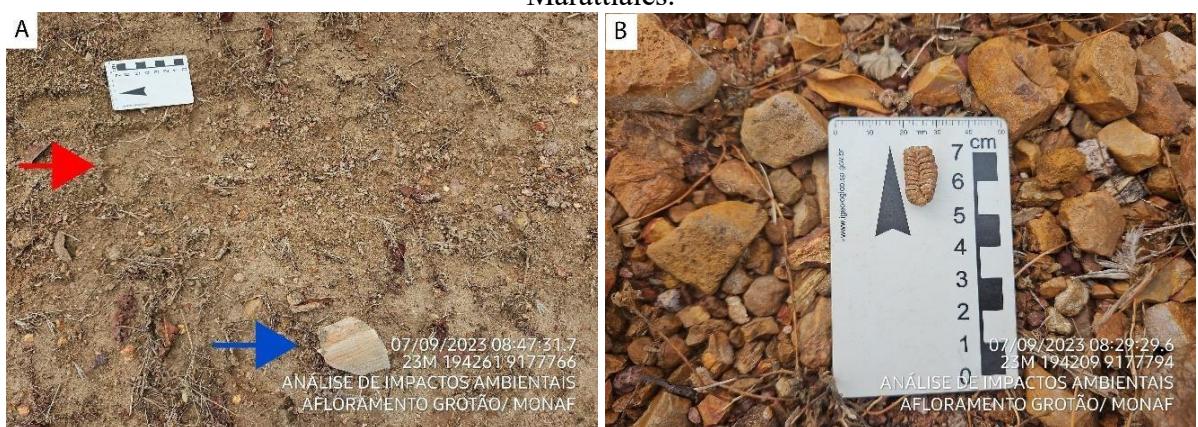


Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (set/2023).

As atividades permitidas para a Zona de Uso Sustentável referem-se à pesquisa, monitoramento ambiental, atividades econômicas de baixo impacto como a agropecuária, visitação e fiscalização (SEPLAN, 2005). Nada consta sobre a proteção à integridade dos materiais fossilíferos presentes nesta Zona.

5.1.3 Afloramentos da Zona Histórico-Cultural (ZHC)

Segundo o Plano de Manejo (SEPLAN, 2005), na ZHC localizam-se a Fazenda Andradina e Fazenda Santa Maria com área de 2.609,99 ha e perímetro de 36.005,21 m; e a Fazenda Buritirana com área de 2.652,35 ha e perímetro de 23.157,29 m. Também consta a Fazenda Peba, mas esta informação entra em desacordo com o mapa de localização atual e zoneamento. Outro afloramento não descrito formalmente que pertence a ZHC inclui o afloramento da Estrada Vicinal que dá acesso ao Povoado Descanso.

Ainda segundo o documento gestor (SEPLAN, 2005), essa zona tem como objetivos proteger os sítios e realizar pesquisas tanto arqueológicas quanto paleontológicas; proporcionar o acesso e a vivência dos valores da área pelos visitantes, canalizar para áreas específicas as atividades de visitação, de modo a assegurar os demais sítios incorporados em outras zonas. Seu principal indicador é o número de ocorrências de roubo de artefatos paleontológicos.

1. Fazenda Andradina: na entrada da fazenda, há um pasto utilizado para eventos de vaquejada (Fig. 8a), ao lado de um reservatório artificial comumente chamado pelos moradores locais como “poço” ou “cacimba” (Fig.8d), e próximo a eles, durante todo o trajeto do afloramento há descarte irregular de resíduos sólidos (Fig. 8b), pisoteio de animais domesticados (Fig. 8c) e focos de incêndio florestal, todos em contato direto com os materiais fossilíferos (Fig. 8f). Parte do ambiente é extremamente erodida (Fig. 8e) ocasionando perda de vegetação e queda de árvores sobre os vegetais fósseis. Há uma grande riqueza e variedade em materiais paleobotânicos, sendo a maior parte de seus registros os caules bem preservados, principalmente do gênero *Titea* Solms-Laubach, 1913, que impressionam em tamanho e detalhes.

Figura 8 – Afloramento Fazenda Andradina. (A) pasto de vaquejada na entrada do afloramento; (B) presença de resíduos sólidos e (C) passagem de animais domésticos em contato direto com os fósseis, também na entrada do afloramento; (D) reservatório próximo à passagem que leva aos materiais maiores do afloramento; (E) terreno assoreado (F) focos de incêndio florestal, com seta vermelha indicando o contato direto com um lenho fossilizado.



Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (set/2023).

2. Fazenda Buritirana: é o sítio mais conhecido pelos materiais paleontológicos e arqueológicos. Entre os impactos observados no local, a presença de vegetação queimada é a mais evidente. Na vistoria realizada, grande parte do afloramento estava com esta evidência (Fig. 9b), além de atividade de animais domésticos, como pisoteio (Fig. 9a). Os pontos mais altos do afloramento estão extremamente erodidos (Fig. 9c), e o material fossilífero encontra-se bastante fragmentado, em parte como consequência do pisoteio por animais bovinos. Trata-se do afloramento mais conhecido e visitado, sendo também o mais rico em caules de pteridófitas e gimnospermas fossilizadas, com exemplares de grande porte e folhas preservadas em conexão orgânica nas rochas.

Figura 9 – Afloramento Fazenda Buritirana. (A) passagem de animais domésticos com seta vermelha indicando o contato com os materiais fósseis; (B) focos de incêndio florestal com seta vermelha indicando o contato direto com lenho fossilizado; (C) terreno extremamente erodido; (D) seta indicando lenho fóssil bem preservado em local assoreado e com focos de incêndio, com risco de fragmentação.

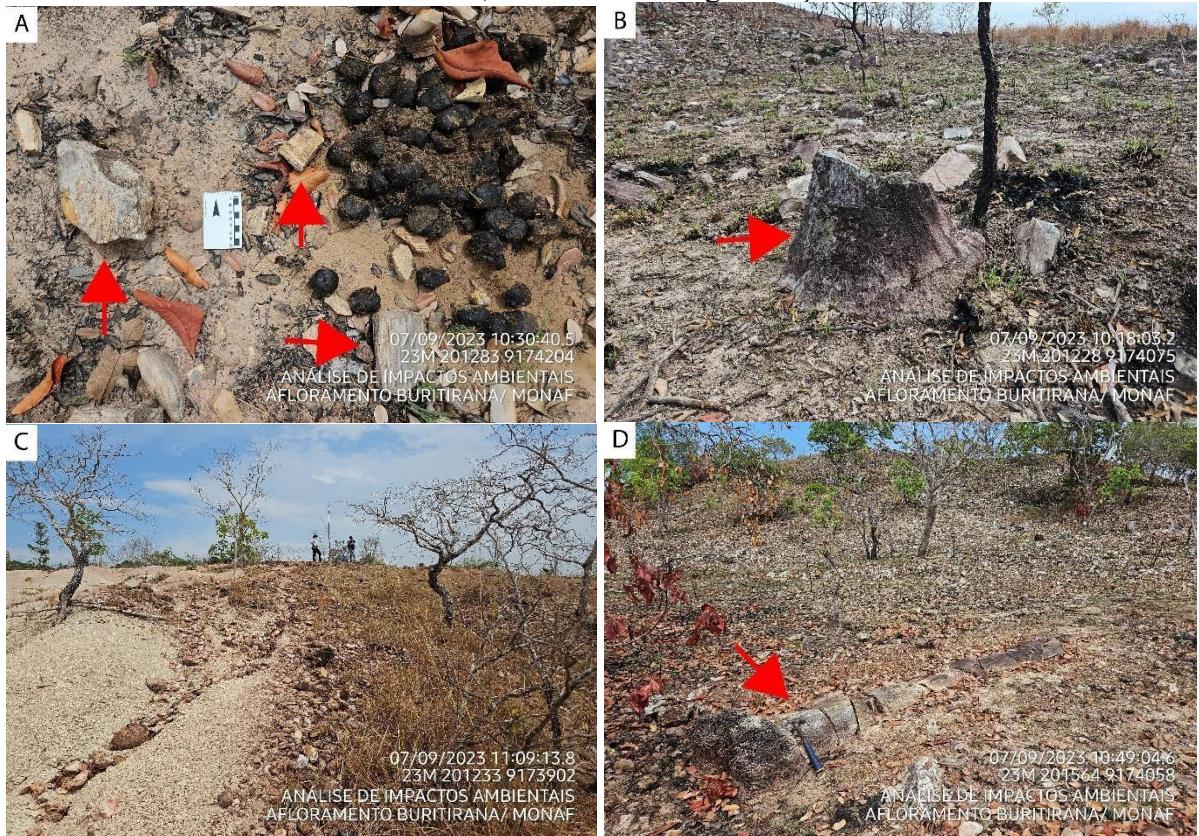


Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (set/2023).

3. *Afloramento Estrada vicinal*: trata-se de um local ainda não descrito na literatura científica, que apresenta uma das situações mais graves em relação aos impactos antrópicos. A estrada, aberta para dar acesso ao povoado, foi construída com uso de maquinário pesado, o que permitiu a exposição de vários lenhos de tamanhos variados.

Em visita ao afloramento no mês de abril de 2023 (em campo de disciplina da pós-graduação), para reconhecimento do local, a equipe encontrou materiais dispostos no meio da estrada (Fig. 10), que sofriam constantemente com a pressão de veículos, correndo, consequentemente, o risco iminente de fragmentação.

Figura 10 – Afloramento da Estrada Vicinal, acesso ao Povoado Descanso. (A) Seta indicando lenho de aproximadamente 5m atravessado no caminho; (B) seta indicando movimentação de veículos em contato com os fósseis, com risco de fragmentação. Registros iniciais do mês de abril de 2023.



Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (abr/2023).

Na visita para a primeira coleta de dados deste estudo, em setembro de 2023, apenas cinco meses depois, esse material já havia sido coberto novamente (Fig. 11). Com a manutenção da abertura da via, essas atividades impactam o uso constante e irregular do solo, fragmentam os materiais e causam perda de informações importantes. Além disso, ainda são encontrados descarte irregular de resíduos sólidos e pisoteamento de animais domésticos em profusão.

Figura 11 – (A) (B) Vista panorâmica do Afloramento da Estrada Vicinal, acesso ao Povoado Descanso, com a via recoberta no mês de setembro.



Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (fev/2023).

O que se sabe é que não houve acompanhamento profissional na área quando foi realizada a abertura e/ou manutenção dessa estrada, tampouco a salvaguarda dos materiais fossilíferos que são encontrados no local.

4. *Fazenda Santa Maria*: no local, ainda estão dispostos os montes de fragmentos fósseis que eram coletados por moradores da região para o tráfico de materiais fossilíferos no final da década de 1990, pela Mineradora Pedra de Fogo (Fig. 12ab).

Figura 12 – Afloramento da Fazenda Santa Maria. (A) exemplar de lenho de pteridófita; (B) monte de materiais fósseis feitos manualmente.

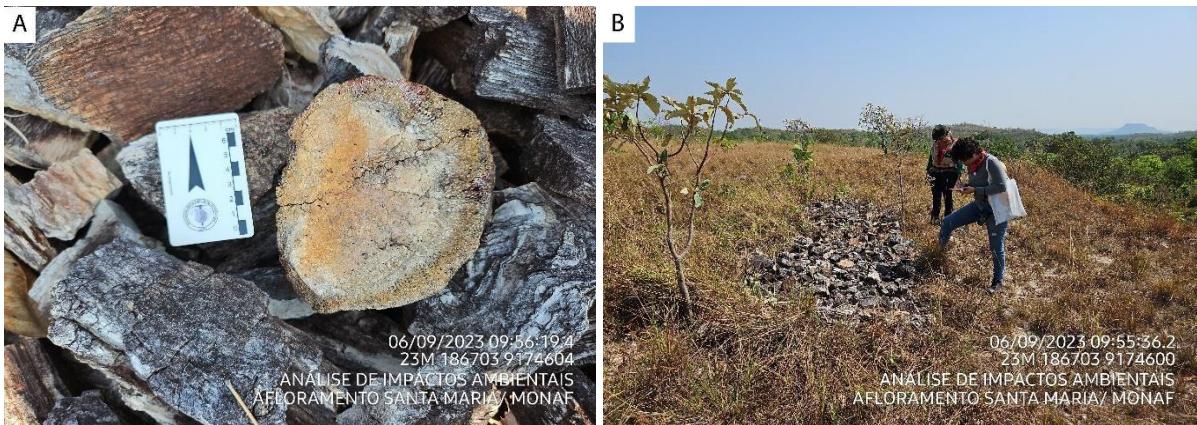


Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (set/2023)

As normas de uso da Zona Histórico-Cultural previstas no plano de manejo da UC (SEPLAN, 2005) descrevem que qualquer construção na área precisa de prévia licença para instalação e, quando realizada, não pode comprometer a integridade da Zona. Além disso, não é permitido a criação de animais domésticos no interior das áreas desapropriadas do Monaf. Contudo, não há área pública na área do Monaf, sendo que todas as áreas são particulares (TAVARES *et al.*, 2016).

Quanto ao descarte irregular de resíduos sólidos, todo e qualquer rejeito, degradável ou não, gerado em decorrência de atividades do Monaf precisa ser retirado do local, e nenhuma atividade humana pode comprometer os atributos da área (SEPLAN, 2005).

O documento (SEPLAN, 2005) também prevê que não são permitidas atividades de terraplanagem e escavação nas áreas do Monaf e Zona de Amortecimento sem prévia autorização, sendo necessário a realização de um estudo prévio da área, com a análise do gerente da UC, o que, no caso do afloramento da Estrada Vicinal, cabe denuncia a Agência Nacional de Mineração (ANM), para aplicar as devidas sanções e, se possível, promova ações de mitigação e recuperação do dano causado.

Além disso, toda a queimada controlada precisa de licenciamento do órgão ambiental para ser efetuada, não ultrapassando os limites para a Zona (SEPLAN, 2005).

As atividades de pecuária na Unidade como um todo, mesmo que de baixo impacto, estão fortemente relacionadas com a fragmentação e à perda de informações dos materiais fósseis, principalmente no que diz respeito ao desgaste dos sedimentos que os fósseis estão dispostos, já que estão em contato direto (BRUNO, CUNHA & ANDRADE, 2011). A degradação dos solos é um processo comumente observado em áreas danificadas e está relacionado a atividades agropecuárias (SILVA *et al.*, 2018). Com a perda da vegetação ciliar

e a erosão causada pelo pisoteio do gado, a estabilidade dos solos diminui, o que aumenta significativamente a entrada de sedimentos e a formação de bancos de areia (PESSI, REMPEL & HAETINGER, 2016).

Concomitantemente, no meio rural como um todo, além do desmatamento e das queimadas realizadas para a criação de pastagens, o uso de maquinário pesado provoca impactos significativos no ambiente natural. Esses impactos incluem a perda de nutrientes do solo, que acelera os processos erosivos, e a diminuição da biodiversidade (ISMAEL *et al.*, 2013; ABADIAS *et al.*, 2020).

5.1.4 Impactos na Zona de Expansão Urbana (ZEU)

Nas margens da TO 010, saída do distrito de Bielândia e acesso ao município de Barra do Ouro, foi encontrado uma Área de descarte irregular, ou “lixão” a céu aberto, denominação que segundo Braga *et al.* (2002) é definido como um local de descarte de resíduos sem planejamento adequado, sem medidas de proteção à saúde pública e ao meio ambiente, sem tratamento e sem qualquer critério de engenharia, este está localizado a poucos metros da rodovia (Fig. 13). A região fica na Zona de Expansão Urbana (ZEU), na divisa com a Zona de Uso Sustentável (ZUS), dentro da Unidade e bem próximo à sede do Monumento (Zona de Uso Especial – ZUE, evidenciado na Figura 5).

Figura 13 – Área de descarte irregular nas proximidades do distrito de Bielândia. (A) Visão da proximidade com a rodovia. (B) Visão panorâmica do “lixão” em contato com a vegetação da ZUS. (C) Carcaça de animais mortos.

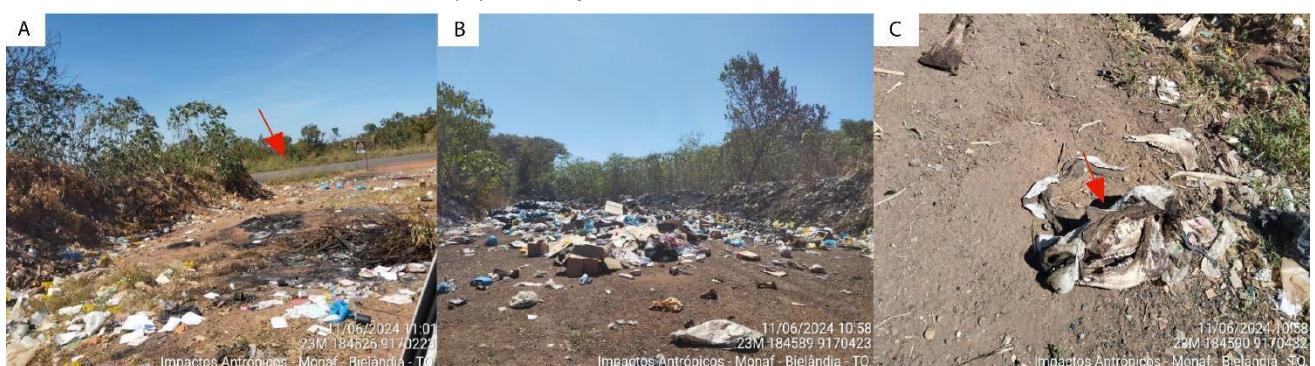


Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (jun/2024).

Conforme o plano de manejo, as Zonas de Expansão Urbana (ZEU) são áreas completamente modificadas em relação à paisagem natural, caracterizadas por abrigarem ambientes urbanos e periféricos. Essas zonas têm sido historicamente utilizadas pela comunidade para habitação, trabalho e lazer, devendo prover serviços e facilidades para os moradores, visitantes e usuários em geral (SEPLAN, 2005).

A ZEU do Monaf abrange uma área de 1.111,61 hectares, com um perímetro de 21.017,79 metros. Seu objetivo principal é promover a manutenção e o ordenamento do crescimento do distrito de Bielândia em um eixo perpendicular à localização do Monumento, controlando a expansão urbana sobre áreas mais frágeis e conciliando o desenvolvimento das atividades humanas com a preservação dos remanescentes de vegetação ao redor das áreas urbanizadas (SEPLAN, 2005). O documento também destaca que essa zona visa conter a expansão do Distrito sobre as outras zonas do Monaf, e estipula que os esgotos devem ser tratados adequadamente para evitar a contaminação de rios, riachos e nascentes. O tratamento deve priorizar tecnologias alternativas de baixo impacto. Entretanto, não há menção direta a outras especificações sobre os impactos ambientais nessa área.

5.1.5 Afloramentos fora dos zoneamentos do Monaf

É sabido que as “manchas” do que conhecemos como Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (FPTS) afloram em diversos locais que ultrapassam os limites do Monumento, como exemplificado por dois afloramentos conhecidos na literatura: a Fazenda Peba (SEPLAN, 2005; DIAS-BRITO *et al.*, 2007) e a Fazenda Canabrava (KAUFFMANN, 2014).

1. Fazenda Peba: Nestes afloramentos, são encontrados poucos indícios de atividades humanas impactantes. Observou-se a passagem de animais domésticos (Fig. 14a) e a abertura de uma estrada (Fig. 14b) que dá acesso aos assentamentos próximos. Neste afloramento, os fósseis estão quase sempre sujeitos à ação de intemperismo e são extremamente silicificados. As estruturas morfológicas desses fósseis são de difícil observação em comparação com os encontrados nas fazendas Buritirana e Andradina, já bem conhecidas na literatura científica. A maior parte do material fóssil é atribuída a fragmentos de gimnospermas.

Figura 14 – Afloramentos da Fazenda Peba. (A) Atividade bovina em contato direto com os fósseis; (B) Seta azul demonstrando abertura de estrada, e seta vermelha indicando um fragmento fóssil suscetível à destruição pela passagem de veículos.

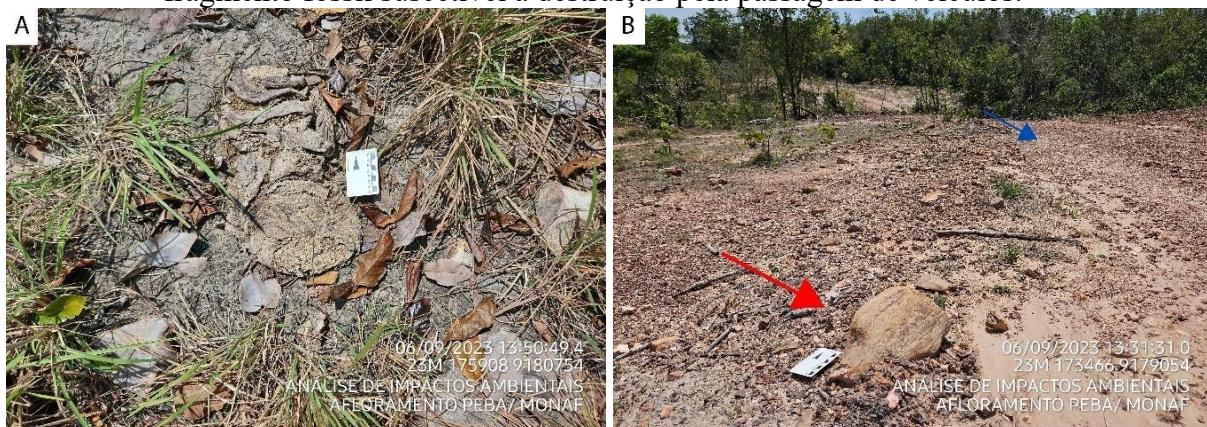


Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (set/2023)

2. Fazenda Canabrava: Os impactos ambientais dessa localidade são os causados por maquinário, resultando na ocorrência de erosão e na formação de uma voçoroca no afloramento (Figura 15a). Há também a presença de uma construção de reservatório artificial de água, que já foi aterrado e construído novamente (Figura 15b). Registraram-se ainda, pisoteio de animais domésticos e resíduos sólidos em contato direto com os fósseis (Figura 15c). Como uma questão adicional, observou-se que na fazenda o material fóssil é utilizado como objeto doméstico, prática que não é legalizada (Figura 15d). O uso inadequado ou a má conservação de material fossilífero (mesmo que autorizado), resultando em sua deterioração, destruição ou inutilização, pode ser considerado crime conforme o art. 62 da Lei 9.605/98 (BRASIL, 1998). Os fósseis que afloram na fazenda são extremamente fragmentados e pouco preservados, e há muitas concreções não fossilíferas presentes.

Figura 15 – Afloramento Fazenda Canabrava. (A) seta indicando erosão no afloramento provocado por uso de maquinário; (B) Reservatório; (C) Resíduos sólidos em contato com os fósseis; (D) seta indicando uso de fóssil como objeto doméstico.

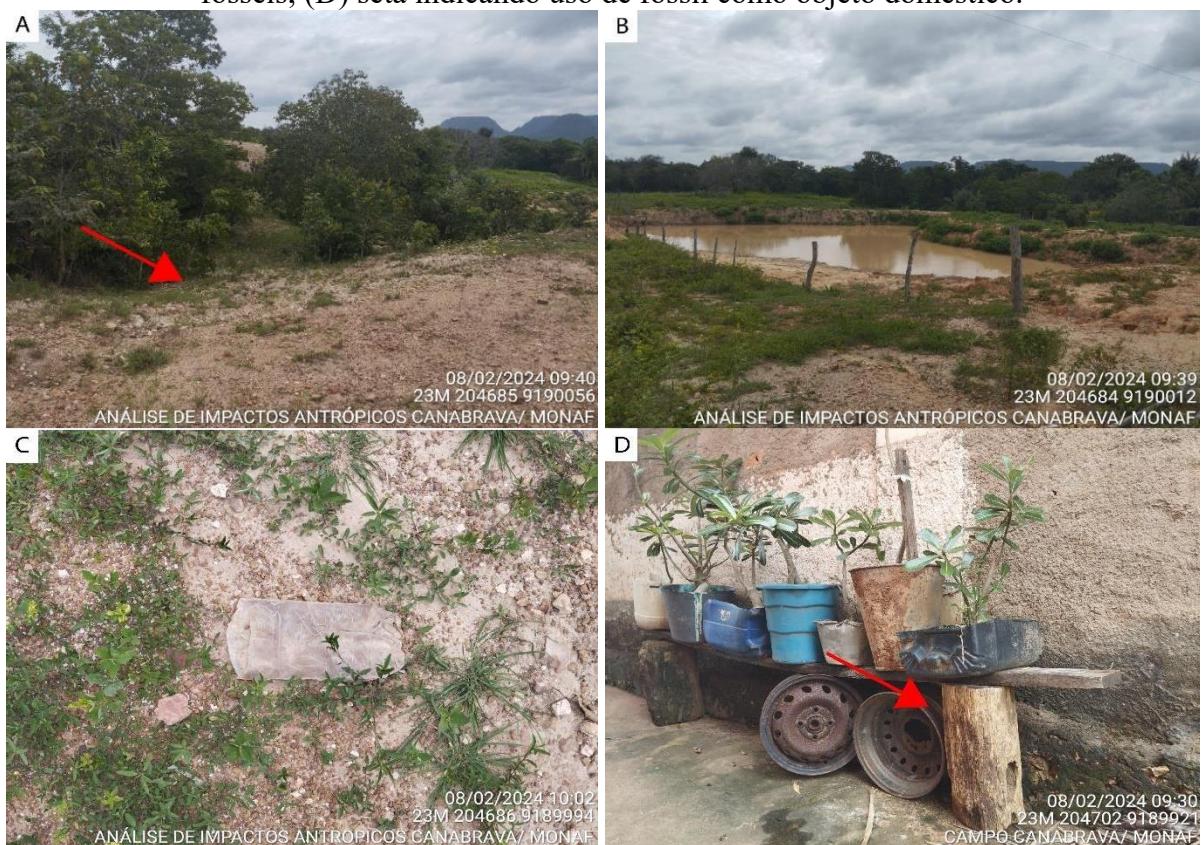


Foto: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (fev/2024).

O plano de manejo (SEPLAN, 2005) contém um memorial descritivo dos limites da Zona de amortecimento que totalizam 10km do entorno da Unidade, e esses afloramentos citados acima ultrapassam os limites. Outra problemática é que o próprio documento não apenas inclui a Fazenda Peba como parte da UC, mas também a insere na Zona Histórico Cultural, o que entra em desacordo com as próprias informações inseridas neste documento.

Estes sítios fossilíferos enfrentam sérios problemas relacionados aos impactos antrópicos e degradação do material fossilífero que estão depositados neles. O principal problema é que estão situados em uma área em que não é resguardado pelo plano de manejo da unidade, sendo necessário avaliar e propor ações com base em outros documentos legais que garantam sua conservação *in situ*.

5.1.6 Análise geral sobre os impactos antrópicos

Os resultados descritos neste trabalho foram levantados em setembro de 2023 (período mais quente e seco do estado), e junho de 2024 (quando se inicia o período de seca no estado).

A principal ação antrópica danosa foi referente à evidência de incêndio florestal, algumas utilizada culturalmente “para limpar os pastos”.

A região apresenta características climatológicas e geomorfológicas que favorecem tanto a atividade agropecuária quanto a ocorrência de queimadas, sendo que a queima da vegetação é a metodologia mais comum para a modificação da cobertura vegetal, devido à sua rapidez e baixo custo (OLIVEIRA, 2018b). Esse cenário se agrava com a conversão de áreas de pastagens para a pecuária e a limpeza de terrenos agricultáveis para novos cultivos (SOBRINHO & RAMOS JUNIOR, 2020).

Segundo Santos (2018c), o uso do fogo por meio das queimadas continua sendo uma ferramenta amplamente utilizada para renovação e transformação das pastagens. No entanto, quando realizado de forma consecutiva, esse processo leva à abertura da vegetação e ao efeito de borda, resultando na redução dos níveis de proteção do solo e na degradação da qualidade da água (SANTOS *et al.*, 2018a).

Em nível nacional, Tocantins apresenta a maior taxa de focos de calor da região Norte, o que coloca o estado entre os primeiros no ranking negativo de incêndios ativos, onde esse cenário se mantém ao longo dos anos, conforme demonstram os registros históricos disponíveis (LIMA *et al.*, 2018; CBM/TO, 2019).

No caso do Monaf, apesar dos registros de incêndios florestais, não é possível identificar se em todos os casos trata-se de uma ação antrópica, reforçando a importância das fiscalizações pelo órgão ambiental na área.

É importante esclarecer que, as queimadas na região do Monaf, não impactam diretamente os fósseis da Unidade, já que se trata de materiais permineralizados por sílica. O problema se dá pelo produto das queimadas, que é a abertura de pastos, onde a pecuária pode causar destruição e fragmentação. O que não exclui o fato de que o plano de manejo prevê queimada controlada em todo o zoneamento.

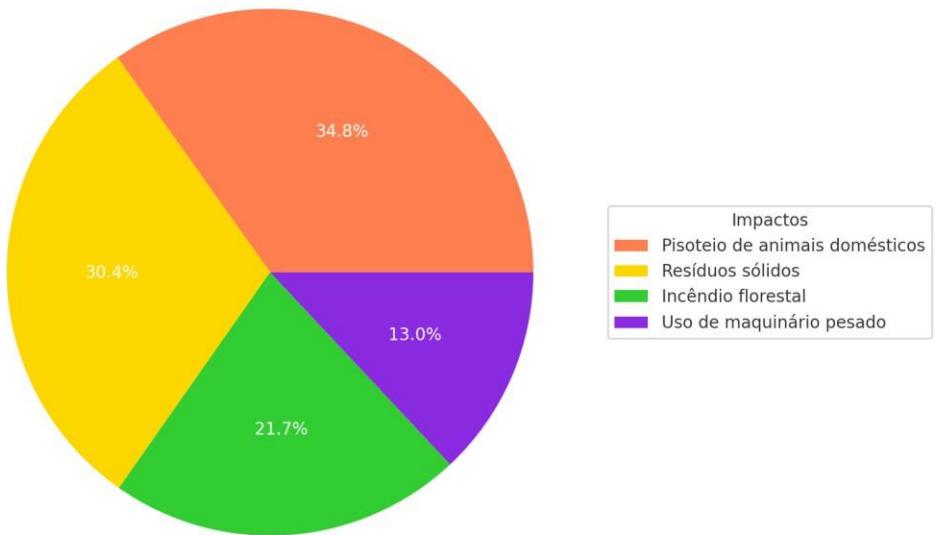
Outro impacto significativo encontrado em pelo menos em três afloramentos diz respeito ao uso de maquinários nos afloramentos fossilíferos. Visto que a área do monumento é composta por propriedades privadas, em dois destes afloramentos o uso de máquinas para construção e manutenção de reservatórios de água é constante. Além do uso de maquinário para abertura de estradas (ex: afloramento da Estrada Vicinal) para acesso às fazendas e/ou municípios vizinhos. Essas atividades afetam, fragmentam e/ou destroem os fósseis, ocasionando perda de material e informações, além de agravarem a erosão nos afloramentos.

O despejo de resíduos sólidos também são um dos impactos mais comuns, principalmente em afloramentos onde o acesso é facilitado. Em todas as vistorias feitas ao

longo da coleta de dados, foram frequentemente encontrados resíduos variados, que iam de garrafas plásticas e latinhas de alumínio a restos de móveis, pneus e, o mais agravante, um depósito irregular de resíduos nas proximidades do distrito, com carcaça de animais domésticos, na entrada do distrito. É válido lembrar que não existe um programa ou projeto para coletar esses resíduos, que são deixados nas propriedades que possuem afloramentos. O gráfico abaixo mostra, em porcentagem, os impactos encontrados em campo nos pontos visitados (que foram detalhados anteriormente em cada ponto).

Gráfico 1 – Principais impactos antrópicos encontrados no interior do Monaf, e entorno.

Distribuição dos Impactos Ambientais



Fonte: Autora (2025)

Do impacto mais comum tem-se que em quase todos os pontos visitados, pisoteamento de animais domésticos, quase sempre em contato direto com o material fossilífero, indicando uma probabilidade de fragmentação do material depositado.

A Lei 9.985 do SNUC prevê a criação de animais em áreas de Monumento Natural, desde que seja de baixo impacto e sejam compatíveis com a finalidade da Unidade. O plano de manejo do Monaf usa constantemente o termo “subsistência” para tratar das atividades de agropecuária da UC, e cita que praticamente todas as propriedades rurais criam gado, e que maioria também os comercializam, porém “em pequena escala, caracterizando pecuária de subsistência” (SEPLAN, 2005 p. 152 Encarte 3), o que causa uma contradição. Segundo Oliveira (2007), a produção camponesa no campo tem como limite a sobrevivência, e não o lucro médio, logo, a parte da produção que é destinada ao consumo direto do produtor, serve

como meio de subsistência, enquanto o excedente é transformado em mercadoria e comercializado.

O SNUC não especifica o que configura uma pecuária de baixo impacto, porém, visto que a finalidade do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins é “proteger e conservar as diversidades biológicas e paleontológicas existentes no local” (SEPLAN, 2005 p. 6 Encarte 1), os resultados apresentados aqui mostram que a criação de animais na Unidade tem forte influência na fragmentação dos materiais, ou seja, não está de acordo com o previsto no documento gestor.

5.2 Trilhas

Foram detalhadas cinco trilhas, em quatro (4) dos dez (10) locais visitados entre setembro de 2023 e junho de 2024, que contaram com presença de trilhas marcadas, sendo os afloramentos Fazenda Andradina, Fazenda Buritirana, Fazenda Vargem Limpa e Fazenda São José.

Os percursos foram divididos em pontos, que foram separados por interrupções no caminho das trilhas, como colchetes, descidas ou subidas muito íngremes, pequenos córregos etc. Os intervalos entre um ponto e outro foram fundamentais para caracterizar o percurso de forma isolada. Nenhum dos locais havia marcação de trilhas ou sinalização, além das aberturas dos caminhos.

Por se tratar de pequenos trechos, e trilhas curtas (menos de 30 min cada), com subidas e descidas pouco significativas, o critério de “Intensidade de Esforço Físico” foi inteiramente avaliado como pouco severo em todas os locais visitados.

5.2.1 Trilha da Fazenda Andradina

A trilha da Fazenda Andradina foi iniciada na entrada próximo ao parque de vaquejadas, onde foi determinado o Ponto 1, e terminou numa terceira descida, em frente a uma mata de galeria, onde foi estabelecido o Ponto 4 (Fig. 17). A trilha foi dividida em quatro pontos, começando pela partida, e retornando pelo mesmo caminho. A trilha possui 0,31km, e a duração total da caminhada foi de 13 minutos, com velocidade média de 1,4km/h (registrado por *Wikiloc*).

Entre o ponto 1 e 2 o terreno é plano, facilmente acessível e sem elementos escorregadios, apresentando vegetação aberta (antropizada). Foi registrada a presença de

animais selvagens, como a seriema (*Cariama cristata* Linnaeus, 1766). Um colchete no meio da trilha que precisa ser aberto a cada passagem, sendo utilizado como ponto de interrupção. Entre o ponto 2 e 3 foram encontradas pegadas de animais selvagens, possivelmente de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous* Linnaeus, 1766) e tatu-peba (*Euphractus sexcinctus*, Linnaeus, 1766) (Fig. 16ab). O terreno é irregular e extremamente erodido, com muitos elementos roláveis como pedregulhos e fósseis, que se desprendem tanto naturalmente quanto devido ao pisoteamento na trilha. As descidas são íngremes, e em alguns locais é necessário o uso das mãos para se deslocar, o que também serve como ponto de interrupção.

Figura 16 – Pegadas de animais selvagens no decorrer da trilha da Fazenda Andradina. (A) rastro de possível tatu; (B) rastro de possível cachorro do mato.



Fotos: Acervo do Laboratório de Paleobiologia da UFT (set/2023).

Entre o ponto 3 e 4, as descidas apresentam fragmentos de rochas soltos, facilmente roláveis. A vegetação é mais densa, e o terreno extremamente íngreme, com a presença de folhas no chão das descidas que podem ser escorregadias. Há um complexo rochoso não muito alto, resultado da erosão ao redor da trilha. Todos os pontos estão expostos de forma extrema ao calor e luz do sol (acima de 32 °C, conforme indicado pela NBR), e o tempo total de trilha é inferior uma hora.

Das características dessa trilha (Quadro 7), a Severidade do Meio foi classificada como grau 1 em 34% do percurso, grau 2 em 33%, e grau 3 em outros 33%. As Orientações do Meio foram consideradas grau 1 em 33% do percurso e grau 2 em 67%. As Condições do Terreno foram consideradas grau 1 em 33% da trilha, e em alguns pontos como grau 3 (67% dela). O Esforço Físico foi considerado grau 1 em toda a caminhada.

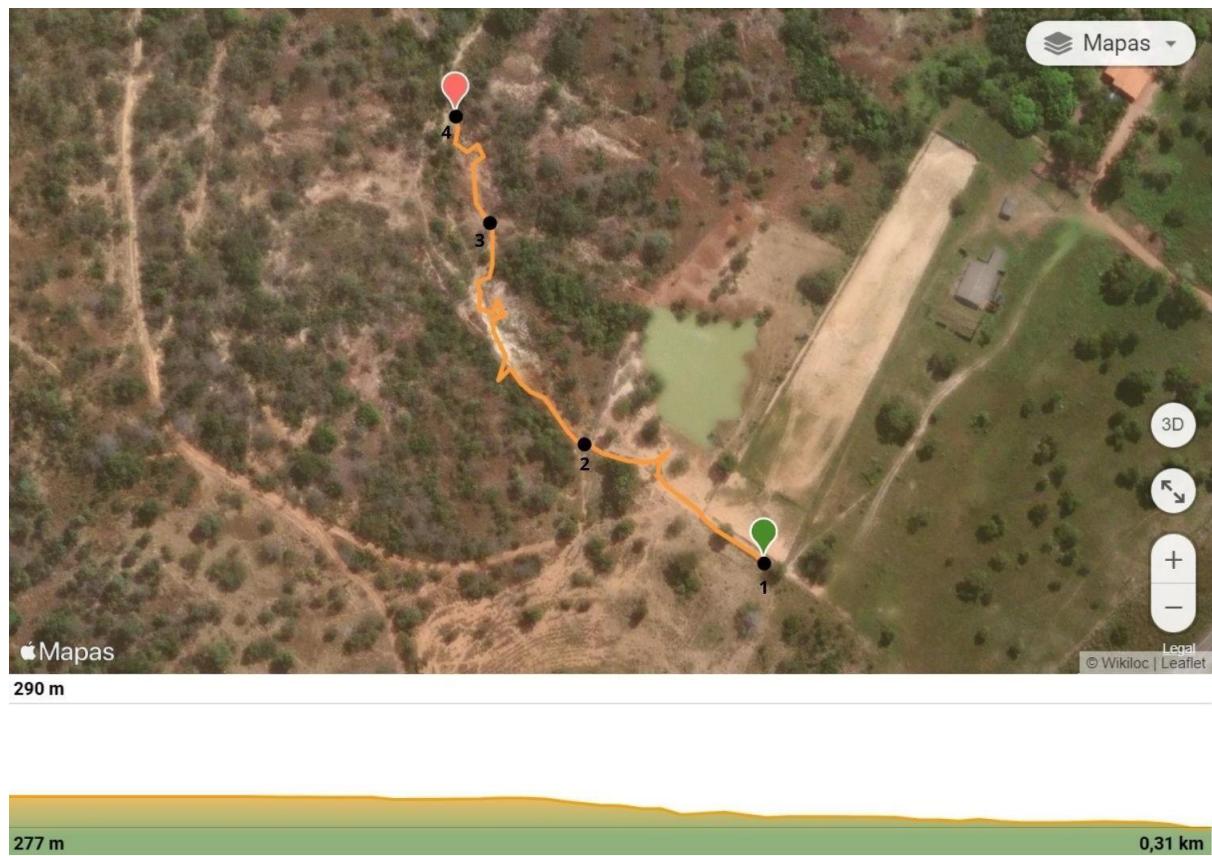
Quadro 7 – Características da trilha da Fazenda Andradina, quanto ao grau de severidade dos critérios de classificação de trilhas, apontados pela ABNT (2019).

CRITÉRIOS	PONTO 1-2	PONTO 2-3	PONTO 3-4
SEVERIDADE DO	pouco severo	severo	moderamente severo

MEIO			
ORIENTAÇÃO DO PERCURSO	pouco severo	moderamente severo	moderamente severo
CONDIÇÕES DO TERRENO	pouco severo	severo	severo
INTESIDADE DE ESFORÇO FÍSICO	pouco severo	pouco severo	pouco severo

Fonte: Autora (2024).

Figura 17 – Trilha e marcação dos pontos da Fazenda Andradina. Em verde tem-se o ponto de partida, ao lado do parque de vaquejada, e em vermelho, o ponto final da trilha. Topografia do percurso abaixo do mapa.



Fonte: Feito com *Wikiloc* (2023).

5.2.2 Trilhas da Fazenda Buritirana

A Fazenda Buritirana possui duas trilhas, a maior com 11 pontos, e a menor, com seis pontos, ambas contando com os pontos de partida e chegada. As duas trilhas têm volta única e partem do mesmo local. A trilha maior possui 1,8km, e a duração total da caminhada, neste estudo, foi de 30 minutos, com velocidade média de 2,8km/h, e a trilha menor possui 0,8km, e a duração total da caminhada foi de 15 minutos, com velocidade média de 3,3km/h (registrado por *Wikiloc*).

Entre o 1 e 2, da trilha maior, que vai desde o ponto de partida (Fig. 18) até a primeira interrupção, a trilha é limpa, o terreno é plano, e há pouco material rolado (rochas e fósseis fragmentados, que possam causar deslizes).

Entre os pontos 2 e 3 da trilha da Fazenda Buritirana, o terreno é irregular e contém muito material rolado. Entre os pontos 3 e 4, o terreno é plano, porém, é continua a presença de material rolado. Nos pontos 4 e 5, há um pequeno córrego, e uma mata de galeria que serve como local de interrupção. Nesse trecho, o terreno é pouco regular, com vegetação escorregadia, e formações rochosas erodidas ao lado da trilha, o que aumenta o risco de deslize de material, além de uma leve descida. Entre os pontos 5 e 6, o terreno é íngreme, com formação rochosa parecida com o ponto anterior, liberando elevada quantidade de material rolado que aumenta o nível de deslize, com mata de galeria contínua ao lado. Há subidas e descidas acentuadas, mas que não dependem do uso das mãos e nem conhecimento de área para atravessar, apesar da vegetação escorregadia. Nos pontos 6 e 7, o terreno é plano e com presença de material rolado provenientes das rochas próximas. Entre os pontos 7 e 8, a trilha é íngreme, com material rolado e risco de deslize, sendo necessário o uso das mãos em alguns lugares para subida e descida. A mata de galeria é continua ao lado da trilha (finalizando aqui), e há necessidade de pular o pequeno córrego novamente, o qual funciona como ponto de interrupção. Entre os pontos 8 e 9, a trilha é plana e sem riscos de deslizes. Já entre os pontos 9 e 10, a subida é acentuada no início da trilha, mas não há necessidade do uso das mãos, embora haja elementos escorregadios. Finalmente, entre os pontos 10 e 11* (mesmo ponto 1), que é a última interrupção antes do retorno ao ponto inicial de todo o percurso, o terreno volta a ser plano.

Quanto às características da trilha maior (Quadro 8), observa-se que a Severidade do Meio é considerada grau 1 em 89% do percurso, e grau 2 em 11%. As Orientações do Meio é considerada grau 2 em 67%, e grau 3 em 33%. As Condições de Terreno temos uma variação na medida em que se avança o terreno, sendo considerada grau 1 em 45% da trilha, grau 2 em 11%, grau 3 em 33% e grau 4 em 11%. O grau de esforço físico também é considerado Pouco Severo nesse trecho.

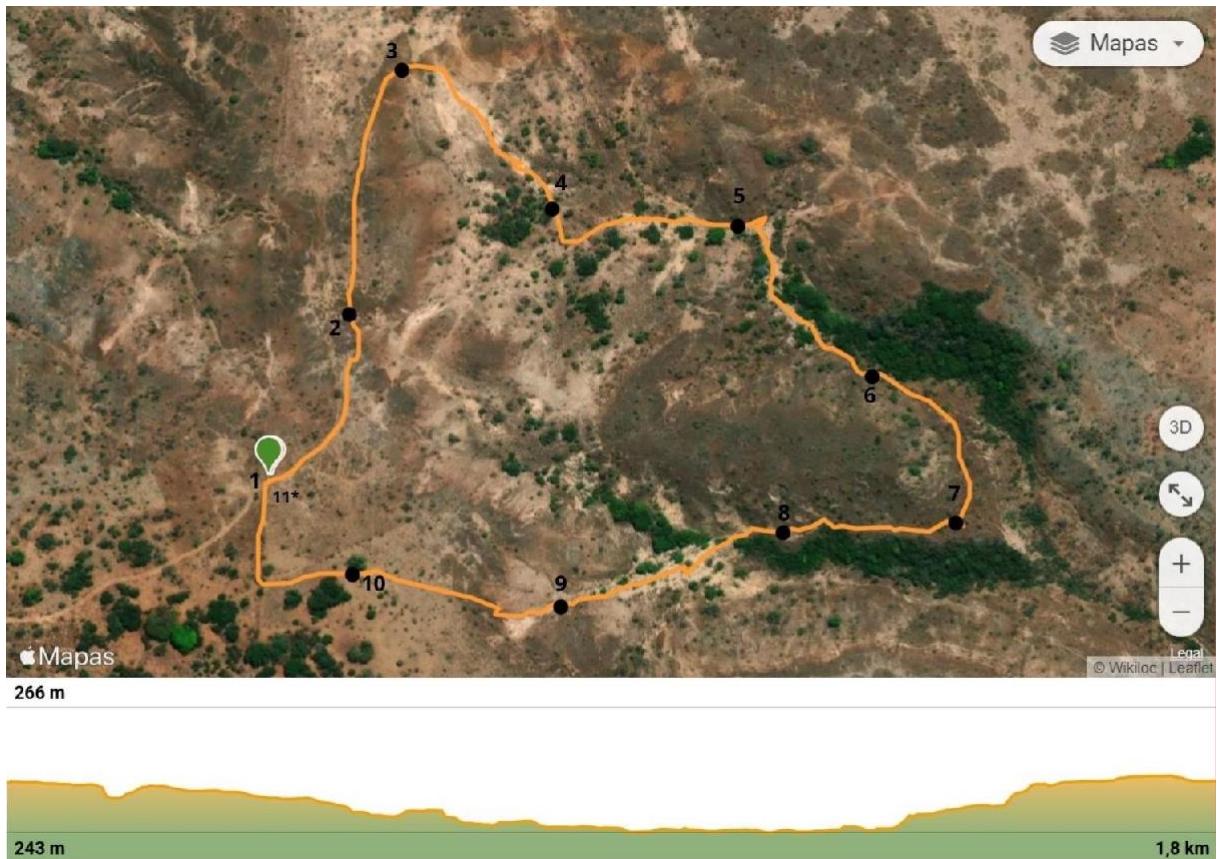
Quadro 8 – Características da trilha maior da Fazenda Buritirana, quanto ao grau de severidade dos critérios de classificação de trilhas, apontados pela ABNT (2019).

CRITÉRIOS DA TRILHA 1:	PONTO 1-2	PONTO 2-3	PONTO 3-4	PONTO 4-5
SEVERIDADE DO MEIO	pouco severo	pouco severo	pouco severo	moderamente severo

ORIENTAÇÃO DO PERCURSO			moderamente severo	severo	severo	moderamente severo
CONDIÇÕES DO TERRENO			pouco severo	severo	pouco severo	bastante severo
INTENSIDADE DE ESFORÇO FÍSICO			pouco severo	pouco severo	pouco severo	pouco severo
PONTO 5-6	PONTO 6-7	PONTO 7-8	PONTO 8-9	PONTO 9-10		PONTO 10-11
pouco severo	pouco severo	pouco severo	pouco severo	pouco severo		pouco severo
severo	moderamente severo	moderamente severo	moderamente severo	moderamente severo		pouco severo
severo	pouco severo	severo	pouco severo	moderamente severo		pouco severo
pouco severo	pouco severo	pouco severo	pouco severo	pouco severo		pouco severo

Fonte: Autora (2024).

Figura 18 – Trilha maior e marcação dos pontos da Fazenda Buritirana. O ponto de saída e chegada da trilha são feitas pelo mesmo local. Topografia do percurso abaixo do mapa.



Fonte: Feito com *Wikiloc* (2023).

A trilha menor (Fig. 19), inicia com os mesmos pontos de partida e chegada da trilha maior, portanto, há algumas características parecidas. Entre os pontos 1, 2, 3 e 4, as características são as mesmas citadas para a trilha maior. Entre os pontos 4 e 5, há uma curva que marca a diferença em relação ao percurso anterior, seguida de uma subida um pouco acentuada. Essa parte do trajeto apresenta vegetação e rochas além de fragmentos fósseis, os

quais facilitam o deslizamento no caminho. Entre os pontos, 5 e 6* (mesmo ponto 1), há uma subida íngreme, mas não é necessário o uso das mãos para o deslocamento. Elementos escorregadios como rochas, fósseis e vegetação estão presentes, mas, ao final do percurso o terreno se torna plano, o que facilita a caminhada. Esta última parte é similar aos pontos finais da trilha anterior, apesar de seguir no mesmo complexo rochoso, o caminho é diferente.

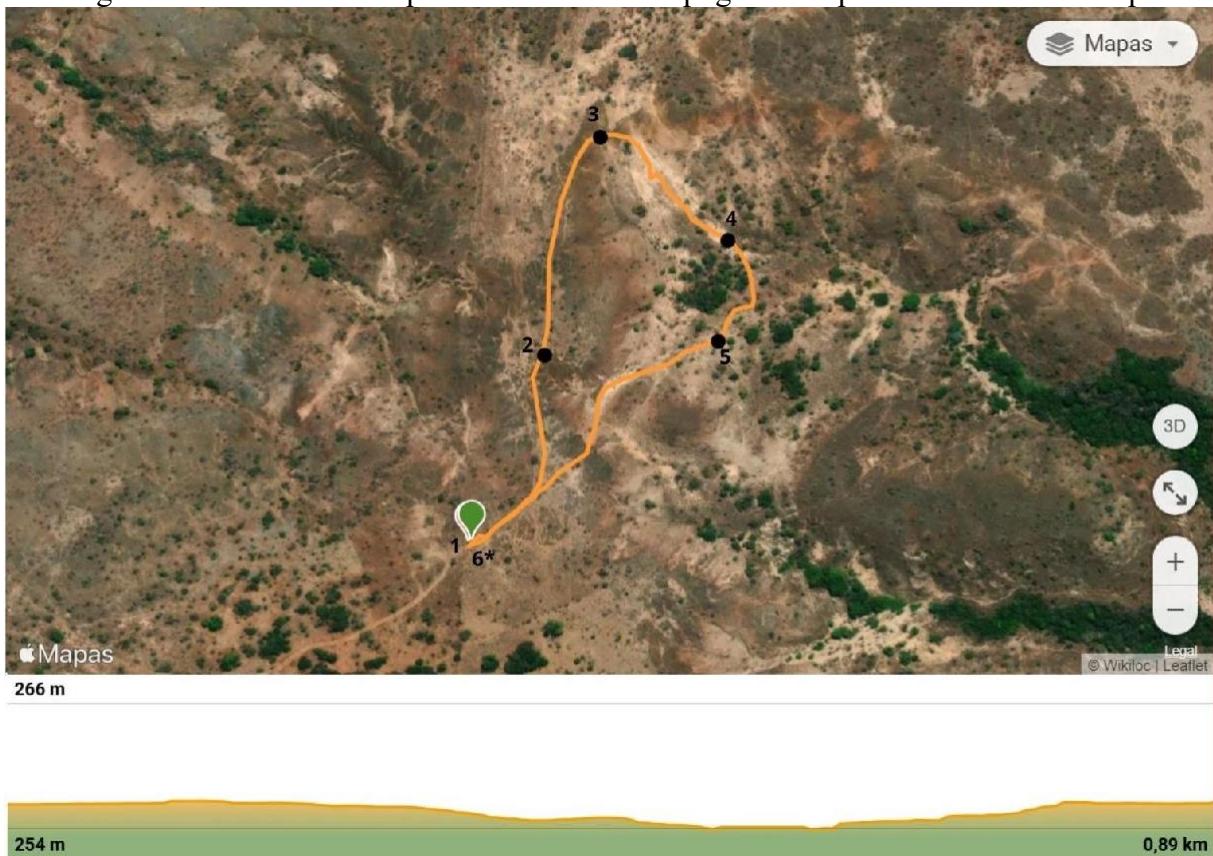
Com isso, a única variação ocorrida entre as duas trilhas é nas Orientações do Meio (Quadro 9), onde é considerada grau 2 em 75% do percurso e grau 3 em 25%, e nas Condições de Terreno, sendo grau 1 em 25%, grau 2 em outros 25% do local e grau 3 em 50% dele; já a Severidade do Meio e Esforço Físico são considerados Grau 1 em toda a trilha.

Quadro 9 – Características da trilha menor da Fazenda Buritirana, quanto ao grau de severidade dos critérios de classificação de trilhas, apontados pela ABNT (2019).

CRITÉRIOS DA TRILHA 2:	PONTO 1-2	PONTO 2-3	PONTO 3-4	PONTO 4-5	PONTO 5-6
SEVERIDADE DO MEIO	pouco severo	pouco severo	pouco severo	pouco severo	moderadamente severo
ORIENTAÇÃO DO PERCURSO	moderadamente severo	severo	moderadamente severo	moderadamente severo	pouco severo
CONDIÇÕES DO TERRENO	pouco severo	severo	moderadamente severo	severo	pouco severo
INTESIDADE DE ESFORÇO FÍSICO	pouco severo	pouco severo	pouco severo	pouco severo	pouco severo

Fonte: Autora (2024).

Figura 19 – Trilha menor e marcação dos pontos da Fazenda Buritirana. O ponto de saída e chegada da trilha são feitas pelo mesmo local. Topografia do percurso abaixo do mapa.



Fonte: Feito com *Wikiloc* (2023).

Os fósseis aflorantes nas fazendas Andradina e Buritirana são numerosos e diversificados, com alto grau de preservação e tamanhos variados (Fig. 20ab). Estes afloramentos são bem conhecidos na literatura científica (DIAS-BRITO *et al.*, 2007; CAPRETZ, 2010; TAVARES, 2011; CAPRETZ & ROHN, 2013; KAUFFMANN, 2014; TAVARES *et al.*, 2016). Os principais fósseis presentes pertencem às pteridófitas dos gêneros *Titea* e *Psaronius*, gminospermas e folhas de Marattiales permineralizadas (DIAS-BRITO *et al.*, 2007; TAVARES, 2011).

Figura 20 – (A) vista geral demonstrando a diversidade fossilífera do sítio paleontológico da Fazenda Andradina, (B) Base de caule permineralizado aflorante na Fazenda Buritirana.



Fonte: Acervo do Laboratório de Paleobiologia (set/2023).

5.2.3 Trilha da Fazenda Vargem Limpa

A Fazenda Vargem Limpa (Fig. 21) possui apenas o ponto de partida e chegada, como retorno pelo mesmo caminho. A trilha possui 0,39km, e a duração total da caminhada foi de 12 minutos, com velocidade média de 3,7km/h (registrado por *Wikiloc*).

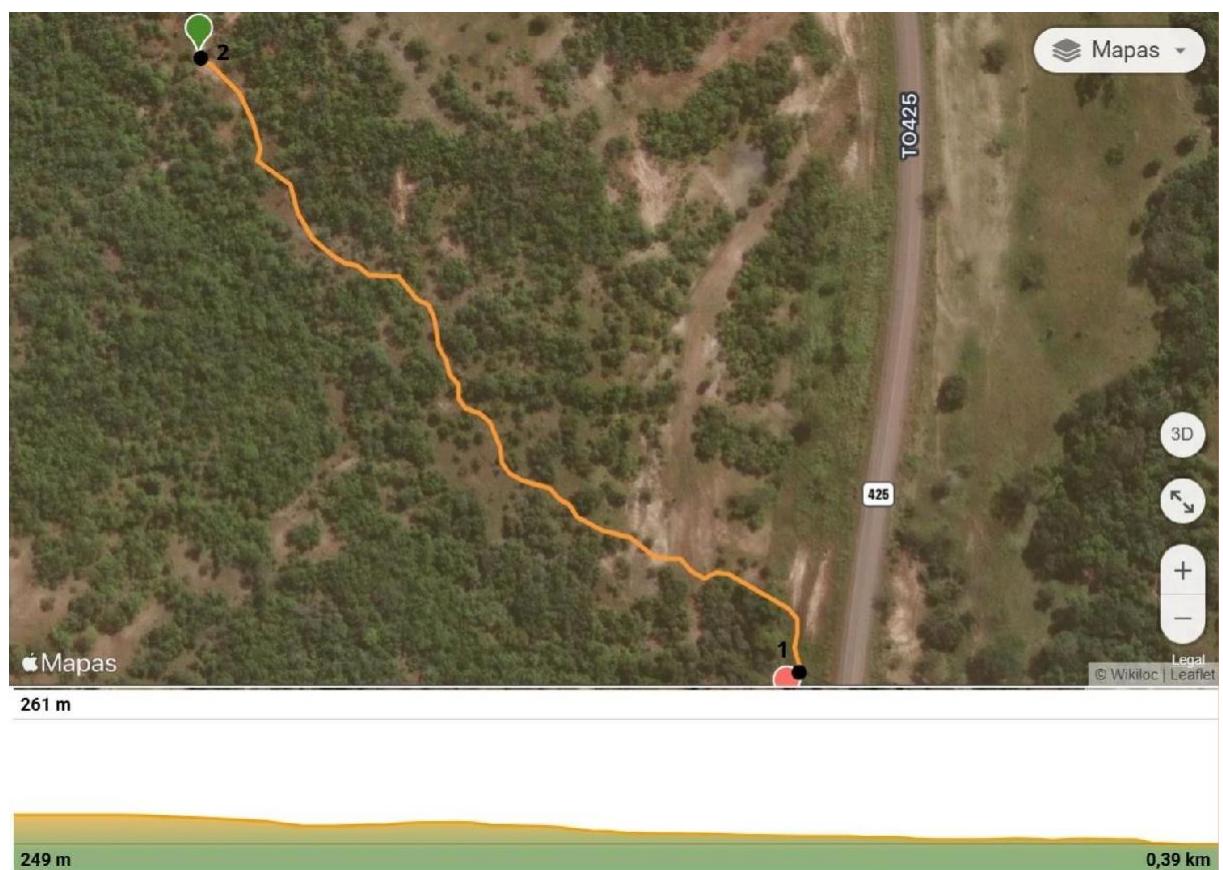
Trata-se de uma área bem preservada, e terreno pouco íngreme com bastante material rolado. A Severidade do Meio e Esforço Físico são considerados grau 1, as orientações do meio considerados grau 3, e as condições do terreno considerados grau 2.

Quadro 10 – Características da trilha da Fazenda Vargem Limpa, quanto ao grau de severidade dos critérios de classificação de trilhas, apontados pela ABNT (2019).

CRITÉRIOS	PONTO 1
SEVERIDADE DO MEIO	pouco severo
ORIENTAÇÃO DO PERCURSO	severo
CONDIÇÕES DO TERRENO	moderamente severo
INTESIDADE DE ESFORÇO FÍSICO	pouco severo

Fonte: Autora (2024)

Figura 21 – Trilha e marcação dos pontos da Fazenda Vargem Limpa. O ponto de partida está demonstrado em vermelho, próximo à rodovia, enquanto o ponto de chegada está demonstrado em verde. Topografia do percurso abaixo do mapa.



Fonte: Feito com *Wikiloc* (2023).

5.2.4 Trilha da Fazenda São José

A Fazenda São José (Fig. 22), possui nove pontos, retornando pelos primeiros três pontos da trilha. A trilha possui 1km, e a duração total da caminhada foi de 20 minutos, com velocidade média de 2,9km/h (registrado por *Wikiloc*).

Entre os pontos 1 e 2, o terreno é bem erodido, há vegetação escorregadia e material rolado, apresentando potencial escorregamento. Entre o 2 e 3, o terreno é extremamente íngreme, com abundância de material rolado e vegetação escorregadia apresentando risco moderado de queda. Há muita variação de subida e descida, que necessita a utilização das mãos para se deslocar. Um córrego cruza a trilha, com risco de cheia, em um terreno íngreme. Nos pontos, 3 e 4, há subida íngreme que igualmente aos pontos anteriores, necessitam do uso das mãos para se deslocar, morro inclinado e trilha estreita, material rolado e restos de vegetação no solo, que o tornam escorregadio. Nos pontos 4 e 5, o terreno é irregular, com várias descidas e subidas íngremes, necessitando o uso das mãos, além de material rolado e vegetação escorregadia. Nos pontos 5 e 6, a mata é fechada e há dificuldades no acesso à trilha, o terreno é relativamente plano, pouco ou nenhum material rolado, e no final, uma descida relativamente íngreme, mas escorregadia. Nos pontos 6 e 7, a descida é íngreme e escorregadia, com vegetação fechada no meio da trilha, sendo necessário o uso das mãos. Os pontos 7 e 8, apresentam subida íngreme, vegetação escorregadia e material rolado, e alguns trechos necessitam do uso das mãos para deslocamento. Os pontos 8 e 9, apresentam subida moderadamente íngreme, vegetação escorregadia e material rolado. Do ponto 9 ao retorno do ponto 3, a mata é relativamente fechada, o terreno relativamente plano, e pouco ou nenhum material rolado, no final uma descida relativamente íngreme, mas escorregadia (que vai de encontro com o córrego mencionado entre os pontos 2 e 3).

Das características da trilha (Quadro 9), observa que a Severidade do Meio grau 2 em 10% do percurso e grau 3 em 90% dele; as Orientações do Meio grau 2 em 20% do percurso e grau 3 nos outros 80% dele; as Condições do Terreno constam grau 2 em 30% do percurso, grau 3 em 20% e grau 4 em 50% dele, sendo a trilha de maior severidade em relação às demais.

Quadro 11 – Características da trilha da Fazenda São José, quanto ao grau de severidade dos critérios de classificação de trilhas, apontados pela ABNT (2019).

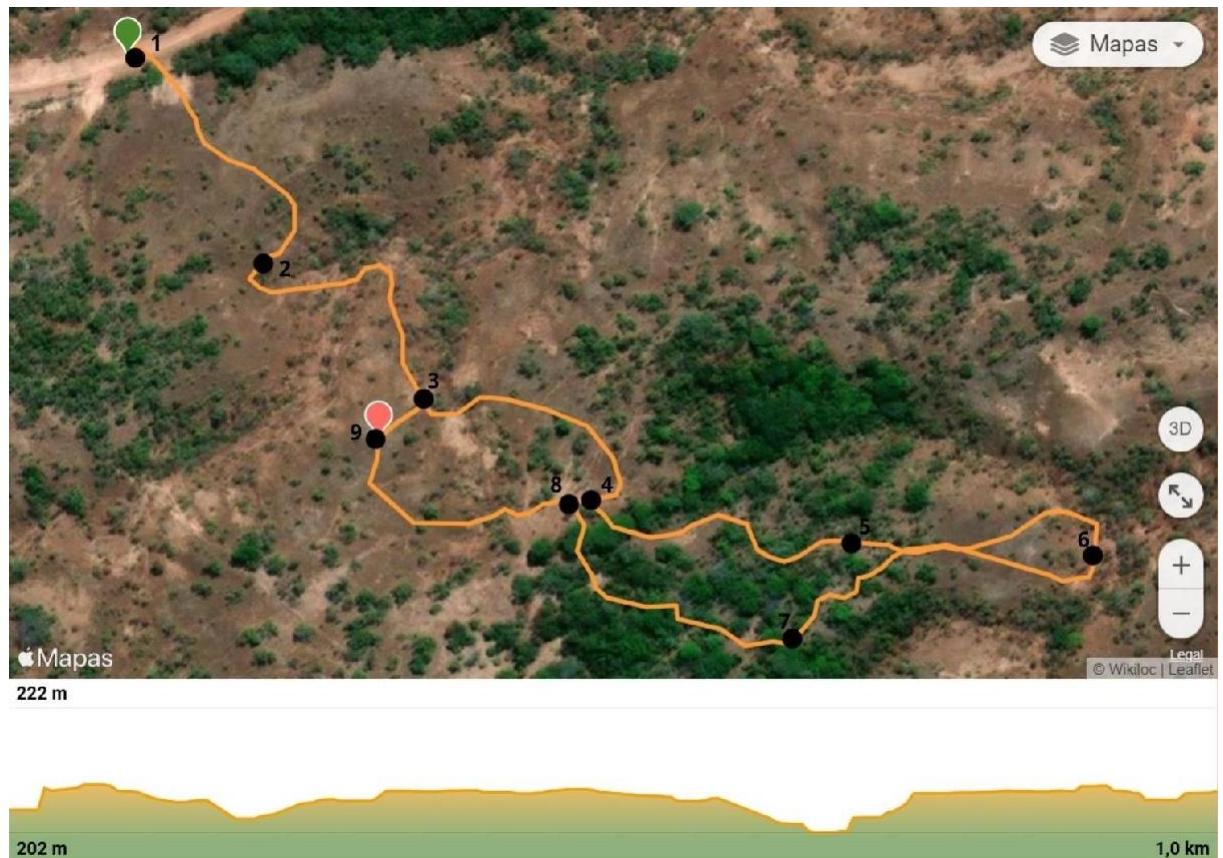
CRITÉRIOS	PONTO 1-2	PONTO 2-3	PONTO 3-4	PONTO 4-5	PONTO 5-6
SEVERIDADE DO	moderadamente	severo	moderadamente	moderadamente	moderadamente

MEIO	severo		severo	severo	severo
ORIENTAÇÃO DO PERCURSO	moderadamente severo				
CONDIÇÕES DO TERRENO	severo	bastante severo	bastante severo	bastante severo	moderadamente severo
INTESIDADE DE ESFORÇO FÍSICO	pouco severo				

PONTO 6-7	PONTO 7-8	PONTO 8-9	PONTO 9-retorno
moderadamente severo	moderadamente severo	moderadamente severo	moderadamente severo
severo	severo	moderadamente severo	moderadamente severo
bastante severo	bastante severo	severo	moderadamente severo
pouco severo	pouco severo	pouco severo	pouco severo

Fonte: Autora (2024)

Figura 22 – Trilha e marcação dos pontos da Fazenda São José. Em verde demonstra-se o ponto de partida, próximo a estrada vicinal, e em vermelho o ponto onde se faz o retorno, já que o ponto de chegada é no mesmo local que o ponto de partida. Topografia do percurso abaixo do mapa.



Fonte: Feito com *Wikiloc* (2024).

A diversidade fossilífera dos sítios das fazendas Vargem Limpa e São José, são menores se comparadas as fazendas anteriores. Os fósseis dessas fazendas são majoritariamente de gimnospermas (quando identificáveis) e o grau de preservação é visivelmente menor, (Fig. 23ab).

Figura 23 – (A) Fragmento de lenho de gimnosperma da Fazenda Vargem Limpa, (B) visão panorâmica da Fazenda São José, evidenciando menor quantidade de fósseis na superfície.



Fonte: Acervo do Laboratório de Paleobiologia (set/2023 – fev/2024)

Pesquisas sobre trilhas ecológicas têm explorado seus papéis na educação ambiental, turismo e estudo científico (SANTANA *et al.*, 2023). Em contextos educacionais, as trilhas podem promover a sensibilização ambiental e práticas de conservação (SILVA *et al.*, 2012). O planejamento adequado das trilhas é crucial para mitigar os impactos ambientais e garantir a segurança dos visitantes, especialmente em áreas protegidas (PAIM & BOTELHO, 2022). Os estudos têm se concentrado no mapeamento e classificação de trilhas com base nos níveis de dificuldade para melhorar as experiências dos visitantes e apoiar os esforços de conservação (SANTANA *et al.*, 2023).

Apesar de sua importância, as trilhas ainda são subvalorizadas em muitas UCs, que frequentemente não oferecem mapas informativos sobre suas condições e graus de dificuldade (COSTA, 2006). Nesse contexto, os mapas temáticos emergem como ferramentas indispensáveis para as atividades turísticas, servindo como base para orientação e informação dos visitantes (ROCHA *et al.*, 2006). Além disso, eles são instrumentos estratégicos na gestão e manejo de áreas protegidas, podendo ser integrados ao plano de manejo das UCs, contribuindo para o zoneamento e o planejamento eficiente dessas áreas (SILVA, LIMA & PANCHAUD, 2016). Reconhecendo a necessidade de atualizações regulares nesse documento, o presente estudo oferece uma importante contribuição ao complementar informações sobre os sítios, suas localizações, suas características, e a chance de atualizar e

melhorar os mapas da Unidade para que forneçam informações mais completas e claras sobre a região. Além disso, o estudo atua como uma medida de geoconservação, fortalecendo a proteção e o uso sustentável dos recursos da Unidade como um todo.

Estudos conduzidos no Brasil destacam o uso de tecnologias GPS e GIS para mapear e classificar trilhas com base em níveis de dificuldade e características ambientais (e.g., PORTO *et al.*, 2022; ANDRADE, MELLONI & PONS, 2024), mapas georreferenciados e caracterização de trilhas que são identificados como ferramentas essenciais para o uso sustentável de trilhas, apoiando a orientação de visitantes, gestão de parques e programas de educação ambiental em parques urbanos e áreas protegidas (e.g., ANJOS, FRANÇA & GIESTA, 2023; ANDRADE, MELLONI E PONS, 2024), e o uso da Norma Brasileira NBR 15505-2:2019 em análise de trechos de trilhas (e.g., MAZZALI *et al.*, 2021; MILANI, 2022; MARSIGLIA, LEME & MORAES, 2022).

5.3. Propostas de medidas compensatórias

Medidas compensatórias são ações voltadas à compensação de impactos ambientais negativos, podendo ser voluntárias ou exigidas por órgãos ambientais (RIGHI-CAVALLARO *et al.*, 2021). No Brasil, o licenciamento ambiental frequentemente impõe sua adoção, especialmente em casos de supressão de vegetação (FURTADO & SANSEVERO, 2024). Essas medidas desempenham um papel fundamental na conservação ambiental, mitigando impactos adversos sobre áreas e espécies protegidas (VAN HOORICK, 2014), além de se constituírem, desde 2000, em uma fonte obrigatória de financiamento para unidades de conservação (PELLIN *et al.*, 2007).

Desta, apresentamos um conjunto de três recomendações visando garantir o pleno funcionamento dos serviços ecológicos e ecossistêmicos da região. Essas recomendações têm impacto em nível estadual, influenciando o plano de manejo do Monaf e a organização das unidades de conservação do estado. As recomendações são: a reavaliação do Plano de Manejo, uso das trilhas no geoturismo, e o reordenamento territorial da Unidade.

5.3.1 Reavaliação do Plano de manejo

Além das discrepâncias já relatadas pelo plano de manejo em relação à UC, a questão se estende ao próprio documento. O Plano do Monaf, elaborado em 2005, possui muitas informações desatualizadas. O próprio documento prevê, com base em Galante, Beserra & Menezes (2002), que as atividades de atualização de informações precisam ser processuais,

gradativas e contínuas. Trata-se de um documento com informações desatualizadas, e que carece de projetos mais eficientes e modernos que visem à geoconservação do Monumento, principalmente, quando comparado a planos de manejo mais atuais.

Grande parte da caracterização da localidade, como número de habitantes, fazendas e licenças, foi feita a partir de entrevista com apenas 10% dos moradores da época. Na ficha técnica não consta as pesquisas científicas feitas no local por diferentes instituições de ensino. As informações sobre os produtores rurais eram bastante limitadas e, naquele ano, muitos fazendeiros ainda estavam em processo de licenciamento de suas terras.

As informações sobre as limitações da área e suas zonas ainda são conflitantes. Alguns mapas indicam que a área total da Unidade é de 29.859,9678ha, menor que a área original (32.067,1000ha). As Zonas, no documento, são delimitadas no documento por Memorial Descritivo, que, quando analisados rigorosamente, não condiz com seu tamanho original.

Quanto às informações de contexto geológico e diversidade paleontológica, estas precisam ser atualizadas. Sabe-se hoje, na maior parte do Monaf, aflora a Formação Motuca (ver 2.4.3 Contexto Geológico) e não na Formação Pedra de Fogo, como consta no documento, além de estudos mais aprimorados na diversidade de plantas fósseis da Unidade. O plano confere a caracterização dos materiais fossilíferos e arqueológicos, os quais necessitam de atualização constante (SEPLAN, 2005).

Informações como demografia, números de atividades de agropecuária, tamanho e quantidade de propriedades, e quantitativo de produção (para via de controle de produção de baixo impacto). Essas informações contidas no plano de manejo foram feitas no seu ano de criação (2005), apenas por meio de entrevistas. A pesquisa de caracterização da população para averiguar a forma de uso e ocupação do solo, condições socioeconômicas e relação de patrimônio cultural e científico foi feito somente com 10% do então total da população do povoado, e 80% da população das fazendas (SEPLAN, 2005).

Com essas informações, torna-se mais facilitadas o controle de atividades impactantes da UC, além de manter ativa a atuação dos órgãos públicos com a população local, visto que, qualquer decisão tomada acerca da UC impacta diretamente os habitantes da UC.

As áreas de conflito dentro da UC, são principalmente a Zona-Histórico-cultural (ZHC), onde estão localizadas as fazendas com os principais afloramentos de fósseis vegetais, e a Zona de Preservação de Vida Silvestre (ZPVS), designada para conservação da fauna e da flora, garantindo a evolução natural da vida selvagem (TAVARES *et al.*, 2016).

É importante ressaltar que o Plano de Manejo prevê fiscalização constante em todas as áreas da UC e da Zona de Amortecimento, embora o documento conste o déficit de servidores do órgão ambiental responsável, o que torna quase inviável o controle de todas as atividades impactantes. Outra curiosidade é que o documento trata majoritariamente as Zonas Histórico-Culturais como sítios arqueológicos, mesmo que a maior parte dos materiais sejam de cunho paleontológico.

Como documento oficial de gestão desta UC, é fundamental que seja constantemente averiguado e atualizado, sendo essa uma das principais medidas para a conservação do Monaf. Segundo Galante, Beserra & Menezes (2002), um plano de manejo deve ser processual e contínuo, garantindo atualização constante, flexibilidade, participação e evolução gradativa, de modo a aprimorar o conhecimento sobre os recursos naturais e culturais.

Ao comparamos este plano com o plano do Monaf, percebe-se que, apesar de semelhanças nas restrições de uso das zonas de amortecimento, onde ocorrem atividades humanas de impacto, não é possível identificar planos de recuperação de áreas já degradadas, ou mapeamento detalhado de todas as zonas no plano de manejo do Monaf, com vistas à preservação e uso para cada um dos tipos, marcações na região etc., seguindo suas especificações. O documento do Monaf reconhece a necessidade de implementação de subprogramas (Educação Ambiental, Controle de Uso, Regularização Fundiária etc.) com vistas à conservação da UC, porém, todos eles dependem de financiamentos e de parcerias para serem executados, o que não ocorreu de maneira sistemática desde a conclusão de seu plano de manejo.

Apesar de semelhanças nas restrições de uso das zonas de amortecimento, onde ocorrem atividades humanas de impacto, não é possível identificar planos de recuperação de áreas já degradadas, ou mapeamento detalhado de todas as zonas no plano de manejo do Monaf, com vistas à preservação e uso para cada um dos tipos, marcações na região etc., seguindo suas especificações. O documento do Monaf reconhece a necessidade de implementação de subprogramas (Educação Ambiental, Controle de Uso, Regularização Fundiária etc.) com vistas à conservação da UC, porém, todos eles dependem de financiamentos e de parcerias para serem executados.

No Brasil, não há uma lei específica que trate exclusivamente da geoconservação de sítios fossilíferos. No entanto, fósseis e depósitos fossilíferos podem ser enquadrados nos artigos 63 e 64 da Lei 9.605 de 12/02/1998, que protege o patrimônio natural e prevê sanções para crimes ambientais. Cada estado, obedecendo a lei federal, possui a prerrogativa e autonomia de criar suas leis e administrar seu território regional e respectivas unidades

(BRASIL, 1998; FERREIRA, BRILHA & CERÂNTOLA, 2018). No caso do Monumento, as formas de uso ficam a cargo do seu Plano de Manejo.

Dada a problemática citada, uma das estratégias que este trabalho sugere como medida de geoconservação e controle das atividades impactantes ativas na Unidade é a reavaliação das informações do documento gestor do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins, com o objetivo de atualizar os dados que lhe conferem quanto as características do meio biótico, as zonas que fazem parte do território e suas formas de uso, o controle de documentação e autorizações dos ruralistas que habitam na UC e sua zona de amortecimento, e assim aplicar as fiscalizações necessárias pelo órgão ambiental.

Em um sentido geral, a reavaliação dos planos de manejo em unidades de conservação requer várias ações importantes, como o monitoramento e a avaliação regulares das zonas, conferindo se está de acordo com o que é prescrito no documento, que são essenciais para identificar áreas que precisam de adequações. Além disso, a atualização dos planos deve seguir uma metodologia simplificada e padronizada para permitir a comparação entre unidades e categorias (BRASIL & CARVALHO, 2021). Para isso, recursos financeiros adequados, equipe técnica e capacitação dos gestores são necessários para acelerar o desenvolvimento e a revisão dos planos de manejo (BRASIL & CARVALHO, 2021). Atenção especial deve ser dada às zonas de amortecimento, garantindo sua integração ao plano de manejo para minimizar impactos negativos na unidade de conservação (MEDEIROS *et al.*, 2021).

Neste caso, é crucial uma parceria com os órgãos ambientais e demais instâncias de interesse público responsáveis pela região de Filadélfia, visto que o Monaf tem o potencial necessário de dar visibilidade nacional e internacional ao Estado, tanto no que diz respeito ao geoturismo quanto a pesquisas acadêmicas, favorecendo também a comunidade local, além de manter viva a história geológica do Estado e do planeta, protegendo seu patrimônio paleontológico.

Fortalecer a conexão entre a pesquisa acadêmica e as ações práticas de conservação pode contribuir para revisões mais eficazes do plano de manejo (FERREIRA, ARAUJO & PONTI, 2021; MAGANHOTTO *et al.*, 2014). O envolvimento das partes interessadas, incluindo comunidades locais e pesquisadores, é crucial para uma gestão eficaz e governança participativa (FERREIRA, ARAUJO & PONTI, 2021). Sendo assim, reavaliar o plano de manejo implica em um estudo detalhado das áreas que compõe a Unidade, sobretudo o zoneamento, como demonstrado pelos resultados deste trabalho que indicam a urgência da atualização de algumas zonas no que diz respeito a tamanho, quantidade e delimitação. Por

exemplo, a existência de afloramentos fora da delimitação da unidade e o reconhecimento de novos locais com presença de fósseis que precisam de delineamento de zonas específicas, que são questões urgentes que implicam na geoconservação da diversidade fossilífera do Monaf.

A Instrução Normativa ICMBio Nº 31, de 17 de janeiro de 2013 estabelece diretrizes, normas e procedimentos para o processo de revisão de planos de manejo das unidades de conservação federais. O Art.2º prevê que para os fins previstos nesta Instrução Normativa, entende-se por:

I - Revisão do plano de manejo: procedimento técnico-administrativo que provoque alteração, inclusão ou supressão de uma ou mais normas, zonas ou setores integrantes do plano de manejo das unidades de conservação; II - Normas do plano de manejo: proposições prescritivas fundamentadas nos objetivos das unidades de conservação e voltadas a modificar condutas ou estruturas em seu interior; III - Zonas e setores da unidade de conservação: estratos territoriais com objetivos de manejo e normas específicas, estruturados de modo a proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz. (BRASIL, 2013).

As proposições de reavaliação do plano pensadas neste trabalho averiguando atualização de informações de afloramentos, zoneamento, demografia e da região como um todo, participação da comunidade e fortalecimento de pesquisas científicas da diversidade paleontológica e contexto geológico, além da averiguação e monitoramento de áreas de risco, tem o objetivo de tornar o documento mais esclarecedor a forma de manejo da gestão da Unidade e seus zoneamentos, tanto para os órgãos responsáveis, quanto para a população, delimitando os locais específicos e sua forma de uso para uma melhor administração.

Outro ponto importante de ser avaliado são os programas de manejo e proteção da UC citados no documento, e como estão sendo trabalhos na UC. Os programas de manejo permitem definir ações voltadas principalmente, a assegurar maior proteção ao Monaf, bem como orientar o uso que será permitido (SEPLAN, 2005) estes são:

- *Programa de Conhecimento:* O programa de conhecimento visa conservar, preservar e manejar a Unidade através da realização de pesquisas e monitoramentos, para fins de obtenção de dados e informações que possam eventualmente subsidiar o planejamento, implantação e conservação do Monaf. Está dividido em dois sub-programas: o de pesquisa e o de monitoramento ambiental.
- *Programa de Integração com a Zona de Amortecimento:* Este programa subdivide-se em quatro sub-programas que visam ao desenvolvimento de ações e atitudes de proteção da Unidade de Conservação e dos impactos ocorridos em sua ZA:

Subprograma de Relações Públicas, Subprograma de Educação Ambiental, Subprograma de Controle Ambiental, Subprograma de Incentivo a Alternativas de Desenvolvimento.

Estes programas são extremamente relevantes e possuem fortes contribuições na conservação da Unidade. A avaliação constante dos resultados destes projetos por parte do órgão ambiental, podem ser úteis em novos estudos de áreas e relações com o Monaf, além de subsidiar novas formas de medidas de preservação do local e colaborar com novas informações para um documento atualizado do Monumento.

Este último projeto, por exemplo, chamado de Subprograma de Incentivo a Alternativas de Desenvolvimento, é um bom indicativo para medidas como a área de descarte irregular na Zona de Uso sustentável. O principal problema é que a localização está em conflito com a ZUS, que de acordo com o plano de manejo (SEPLAN, 2005), a maioria das atividades realizadas pelos usuários é permitida, mas com restrições e regulamentações, principalmente de natureza ambiental. Além disso, logo em seguida, encontra-se a Zona de Amortecimento, cuja finalidade é reduzir os impactos negativos sobre a Unidade (SEPLAN, 2005). De acordo com o Parágrafo Único do Art. 49 da Lei 9.985, uma vez formalmente definida, a zona de amortecimento das unidades de conservação não pode ser convertida em zona urbana (BRASIL, 2000).

Sendo Bielândia um distrito limitado de tratamento de resíduos sólidos, e situando-se em uma Unidade de Conservação, uma alternativa para acabar com o problema da área de descarte irregular, mostrado nos resultados deste estudo, seria a adoção de ações de baixo impacto, por exemplo: instalação de pontos de coletas seletivas, sinalização e cercamento de áreas críticas de cunho informativo e parcerias com catadores e/ou cooperativas locais, incentivando a coleta seletiva e incluindo a comunidade local.

O Art. 46. Da Lei 9.985 do SNUC infere que a implantação de redes de abastecimento de água, esgoto, energia e demais infraestruturas urbanas em unidades de conservação, quando permitidas, deve ser previamente aprovada pelo órgão gestor responsável. Além disso, é obrigatória a realização de estudos de impacto ambiental e o cumprimento de outras exigências legais aplicáveis (BRASIL, 2000). Este planejamento precisa ainda levar em conta o tamanho do distrito, que pode ser insuficiente dependendo do empreendimento.

De acordo com Gray (2004), algumas das principais ameaças à geodiversidade incluem a expansão urbana e o manejo florestal, além da falta de informação da área e educação ambiental, entre outros fatores. Para mitigar esses impactos, o planejamento e a

organização das atividades econômicas e da expansão urbana devem levar em conta as fragilidades e a capacidade de suporte do meio físico e biótico e é imprescindível que essas ações sejam baseadas em conhecimento científico, garantindo que a ocupação do território promova o desenvolvimento sem comprometer as características únicas da biodiversidade e geodiversidade (GRAY, 2004; MANSUR, 2010).

5.3.2 Reordenamento territorial e de zonas do Monaf

Aliado à reavaliação do documento gestor da Unidade, a delimitação efetiva do território do Monaf e sua zona de amortecimento, bem como a reorganização de suas zonas seguindo o previsto pelo plano e, principalmente, incluindo novos afloramentos, também se torna uma medida passível de análise.

Um exemplo a ser destacado são dois afloramentos fossilíferos que, apesar de amplamente mencionados na literatura — como o afloramento da Fazenda Peba (SEPLAN, 2005; DIAS-BRITO *et al.*, 2007) e o da Fazenda Canabrava (KAUFFMANN, 2014) — não estão inseridos em nenhum zoneamento da UC e ultrapassam os limites da zona de amortecimento local, conforme o memorial descritivo do entorno do Monaf. Essa lacuna implica na ausência de medidas específicas para mitigar os impactos sobre o material fossilífero e seu ambiente de deposição.

Além disso, duas das principais Zonas da UC sofrem um déficit de informação, que é a Zona de Amortecimento, responsável pela integridade e diminuição de impacto no interior do Monumento, constando delimitação imprecisa, já que seu tamanho e memorial descritivo entram em desacordo, e as Zonas Histórico-Culturais, que resguardam os principais afloramentos fossilíferos que compõem a Unidade.

Os resultados de campo, aliados às descrições existentes na literatura, evidenciam a riqueza fossilífera desses afloramentos e reforçam sua importância para a conservação da diversidade de táxons da Unidade. O próprio plano de manejo reconhece um deles (afloramento da fazenda Peba) como parte da Zona Histórico-Cultural, cujo objetivo é preservar sua relevância paleontológica (SEPLAN, 2005).

Outro apontamento importante sobre a conservação de afloramentos fossilíferos fora da Zona Histórico-Cultural, são os que estão dispostos na Zona de Uso Sustentável. Esta zona possui regras mais permissivas quanto ao uso da terra, visando atividades econômicas agrícolas e renda familiar (SEPLAN, 2005). O afloramento que consta nesta zona, segundo os

resultados deste estudo, é o afloramento da Fazenda Grotão, onde foram encontradas exemplares fósseis de preservação ímpares, sendo impactadas diretamente por estas atividades, além de um solo extremamente danificado.

Diante disso, este estudo propõe uma ampliação e recategorização do ordenamento territorial do Monaf, ampliando a zona de amortecimento para incluir os afloramentos mais distantes e, sobretudo, redistribuindo as Zonas Histórico-Culturais. Essa reestruturação garantiria a incorporação do afloramento Peba, atualmente fora dos limites da Unidade, além do reconhecimento oficial dos demais afloramentos situados dentro da UC.

O plano de manejo não trata da preservação desse afloramento fossilífero para esta área. O que não é um problema somente do documento em questão, já que estudos no Brasil têm mostrado que áreas protegidas frequentemente carecem de planos de manejo eficazes e enfrentam conflitos entre metas de conservação e exploração de recursos (GUIMARÃES, 2013; LOPES, TRENTIN & SIMON, 2019). Para enfrentar esses desafios, os pesquisadores enfatizam a importância de desenvolver planos de gestão abrangentes e garantir o cumprimento da legislação ambiental (VILA NOVA & TORRES, 2012; LOPES, TRENTIN & SIMON, 2019).

O Art. 25 da Lei do SNUC diz que as unidades de conservação, exceto ÁREA de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural, devem possuir uma zona de amortecimento e, complementa:

§ 1º O órgão responsável pela administração da unidade estabelecerá normas específicas regulamentando a ocupação e o uso dos recursos da zona de amortecimento e dos corredores ecológicos de uma unidade de conservação. § 2º Os limites da zona de amortecimento e dos corredores ecológicos e as respectivas normas de que trata o § 1º **poderão ser definidas no ato de criação da unidade ou posteriormente** (Brasil, 2000).

Portanto, a medida mais cabível para a conservação dos afloramentos fossilíferos do Monumento seria a de redistribuir as Zonas Históricos-Culturais, incluindo nelas os afloramentos ainda não conhecidos na literatura e afloramentos incluídos em zonas que não asseguram sua conservação, além de maior detalhamento das atividades permitidas dentro das demais zonas, com foco principal em preservação do patrimônio paleontológico e uso da terra. Para isso, é necessário o pedido de atualização do documento de gestão da Unidade, o Plano de Manejo, ao órgão ambiental responsável, o Naturatins. É importante destacar que, com essa reavaliação, haverá a possibilidade, de aumentar a área da Unidade em questão, para

que possa compreender os afloramentos fossilíferos fora dos zoneamentos e que, consequentemente, não estão sendo assegurados pelo documento.

O § 6º do Artigo 23. Da Lei do SNUC (2000) infere que a ampliação dos limites de uma unidade de conservação, sem alterar seus limites originais, exceto pelo acréscimo proposto, pode ser realizada por meio de um instrumento normativo de mesmo nível hierárquico daquele que criou a unidade, desde que sejam seguidos os procedimentos de consulta previstos no § 2º deste artigo, que diz respeito a estudos técnicos e consulta pública (BRASIL, 2000).

Os resultados do presente estudo demonstram a urgência desse reordenamento na Unidade, com o frequente reconhecimento de novos sítios paleontológicos na área e nos seus arredores e os impactos que estes locais vem a sofrer quando não amparados pelo Plano de Manejo.

5.3.3 Uso das trilhas no geoturismo

Os percursos realizados pela equipe deste estudo destacaram o imenso potencial para o geoturismo científico no Monaf, por conta da sua significativa riqueza paleontológica. Em todos os pontos visitados, foi possível observar uma ampla variedade de espécimes fósseis expostos, com grau de preservação variável. Essas características atraem tanto cientistas quanto o público em geral, posicionando o Monaf como um local estratégico para o desenvolvimento do geoturismo e da educação ambiental.

Geoturismo e turismo científico são formas emergentes de turismo focadas no patrimônio geológico e no conhecimento científico, já que o geoturismo visa promover a compreensão dos fenômenos geológicos ao mesmo tempo em que apoia o desenvolvimento sustentável das comunidades locais (LOPES, ARAÚJO & CASTRO 2011). O turismo científico conecta ciência e turismo, geralmente em territórios de geoparques, com vários níveis de interação entre moradores, pesquisadores e visitantes (BREGOLIN & RUDZEWICZ, 2023). Diversos trabalhos interrelacionam esses dois termos ao trabalhar a popularização da ciência através de atividades geoturísticas e de visitação, além de serem métodos eficazes para a promoção da conservação em geoparques (LOPES, ARAÚJO & CASTRO, 2011; BRITO & PERINOTTO, 2012; BRASIL, RIBEIRO & NETA, 2019; PÃOZINHO & PONCIANO, 2019; BREGOLIN & RUDZEWICZ, 2023)

Os resultados do estudo revelam que as fazendas Andradina e Buritirana possuem um grande potencial para o geoturismo voltados para o público em geral, já que contam com

muitos fósseis em bom estado de preservação e lenhos de tamanhos que ultrapassam os 10m e diâmetros basais de 1,20m (DIAS-BRITO *et al.*, 2007). Destaca-se também a presença de oficinas líticas arqueológicas (IPHAN, 2019). Os fósseis encontrados nestas duas fazendas apresentam-se de forma mais lúdica e fácil visualização para o público que visita os afloramentos, que poderia explorá-los e compreendê-los mais adequadamente com estrutura didática apropriada (placas informativas, artes de reconstrução paleoambientais, orientação do profissional biólogo, banheiros, lixeiras, fornecimento de água e outras estruturas).

Já as fazendas Vargem Limpa e São José, demonstram o mesmo potencial, principalmente para exploração de caráter científico, já que esses afloramentos são pouco explorados na literatura científica atual e contém fósseis extremamente silicificados (de difícil identificação a nível taxonômico) e menos variados em comparação com as localidades anteriormente citadas. Trabalhar o geoturismo nessas áreas traz estrutura e visibilidade para que pesquisadores de diversos lugares possam conhecer e aprofundar novos estudos dos afloramentos e dos fósseis que os compõem, além de compreender a diferenciação das suas características paleoambientais com as demais.

Considerando a relevância das trilhas em Unidades de Conservação (UCs) no planejamento e manejo do uso público, é essencial fornecer informações claras e seguras aos visitantes. Isso envolve a instalação de sinalizações adequadas, a elaboração de mapas precisos e a definição do grau de dificuldade das trilhas, proporcionando uma experiência mais segura e organizada para os usuários (COSTA, TRIANE & COSTA, 2008; SILVA, LIMA & PANCHAUD, 2016). O georreferenciamento das áreas visitadas neste estudo contribuiu para o reconhecimento detalhado de suas características físicas, incluindo as condições das superfícies, a vegetação e o relevo, deixando os visitantes informados sobre o espaço.

Além de sinalização, é imprescindível que os locais possam apresentar instalações de segurança e lazer, tais como banheiros, bebedouros, pontes de acesso com corrimão em locais de mata galeria onde o deslocamento por cima dos córregos é mais difícil, como no caso da trilha do afloramento São José. O planejamento para infraestrutura envolve a avaliação da dificuldade da trilha, impactos ambientais e características geológicas, que possa garantir lazer, preservação da Unidade e envolvimento da comunidade (ALCÂNTARA, 2007; FERREIRA, 2023). O gerenciamento e manutenção periódica e adequada das trilhas, com melhorias na acessibilidade e sinalização, é essencial para a segurança dos visitantes e a preservação das atrações, já que problemas como compactação do solo, erosão e danos à

vegetação são comuns em trilhas muito utilizadas (OSTANELLO, DANDERFER & CASTRO, 2013; FERREIRA, 2023).

Mapeamento e caracterização utilizando receptores GNSS (popularmente chamado de GPS) e *softwares* de geoprocessamento, permitem identificar trechos com diferentes níveis de dificuldade e melhorias planejadas na infraestrutura e sinalização (BOQUIMPANI-FREITAS, COSTA & PEREIRA, 2020; PORTO *et al.*, 2022). A caracterização das trilhas neste estudo abrangeu a identificação de aspectos físicos e biológicos, permitindo a proposição de estratégias mais eficazes para a preservação dos recursos naturais, a mitigação de impactos ambientais e a promoção do uso sustentável do território. O levantamento detalhado das áreas visitadas possibilita a elaboração de novos mapas para a unidade, fundamentais para a atualização do plano de manejo, considerando que algumas dessas áreas não estão formalmente descritas na literatura ou foram pouco exploradas. Esses mapas também podem desempenhar um papel crucial no suporte a visitações guiadas e no monitoramento de regiões de difícil acesso.

Dessa forma, a Unidade possui um ambiente favorável para a exploração deste espaço como um geoparque, como já proposto por Kaufmann (2014), impactando positivamente os visitantes, os órgãos responsáveis pela fiscalização, a preservação do material fossilífero e a comunidade que dependem dessas terras como forma de subsídio por meio do geoturismo científico.

A proposta de transformar a Unidade em um geoparque para visitação avalia muito mais que somente seu potencial. Estudos recentes examinaram os impactos da visitação em áreas protegidas no Brasil, empregando metodologias como o *Visitor Impact Management* (VIM) para avaliar e gerenciar esses efeitos. Pesquisas nas regiões da Amazônia e Chapada Diamantina revelaram impactos ambientais significativos, incluindo erosão do solo, danos à vegetação e alargamento de trilhas (JANSEN *et al.*, 2022; SOARES *et al.*, 2024). No Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, apenas 25% dos indicadores monitorados atenderam aos padrões estabelecidos, com indicadores biofísicos apresentando desempenho pior do que os sociais (MELO, 2024). Um estudo no Geoparque Mundial da UNESCO do Araripe desenvolveu uma matriz de prioridades para gerenciar os impactos da visitação, classificando geossítios com base em impactos evidentes, perfil de gestão, demanda de visitantes e zonas de atividade (GUIMARÃES *et al.*, 2018). Essas descobertas ressaltam a importância de implementar estratégias eficazes de monitoramento e gestão para mitigar impactos negativos e, ao mesmo tempo, maximizar os efeitos positivos do turismo em áreas protegidas.

Pensando nisso, é pertinente que nestes afloramentos sejam adotados os estudos do Roteiro Metodológico para Manejo de Impactos da Visitação, do ICMBio, que envolve uma série de ações técnicas e de gestão para a minimizar os impactos da visitação ao ambiente e maximizar a qualidade da experiência dos visitantes, já que, as visitações estipuladas em UCs tem o intuito de corroborar com os objetivos da Unidade (MMA, 2011). Essas diretrizes visam:

1. Planejar o manejo de impactos da visitação como parte integrante do planejamento do uso público da UC.
2. Adotar a referência numérica da capacidade de manejo da visitação como um elemento balizador e de apoio à tomada de decisões. A proteção dos recursos naturais e culturais e a melhoria da qualidade da experiência dos visitantes dependem fundamentalmente do monitoramento de indicadores e da implementação de ações de manejo.
3. Promover a participação de especialistas, pesquisadores, excursionistas, praticantes de esportes de aventura, lideranças comunitárias envolvidas com o ecoturismo, conhecedores das atividades de visitação, o Conselho Gestor da UC, dentre outros atores no manejo dos impactos da visitação.
4. Considerar a educação e a interpretação ambiental, de forma interativa e envolvente, como elementos fundamentais para diminuição dos impactos à UC. (MMA, 2011).

Esta medida de uso das trilhas como roteiro turístico casa com o Subprograma de Incentivo a Alternativas de Desenvolvimento, já que, segundo o plano de manejo, este subprograma tem como objetivo identificar e promover alternativas de desenvolvimento econômico para a população que reside no Monaf e em sua Zona de Amortecimento.

Embora essa não seja uma atribuição direta do Naturatins, é fundamental que as comunidades que atualmente dependem da exploração dos recursos naturais adotem práticas alinhadas às normas e leis vigentes no país, e uma forma de transformação nos hábitos pode ser viabilizada por meio da criação de novas formas de uso sustentável do meio ambiente (SEPLAN, 2005). Em alguns casos, ainda segundo o documento, pode ser necessário que certas famílias que hoje dependem de atividades na região, mudem suas áreas de atuação, diante disso, o subprograma busca oferecer novas alternativas de utilização sustentável dos recursos naturais às comunidades locais, promovendo o desenvolvimento econômico aliado à preservação ambiental (SEPLAN, 2005).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preservação do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins (Monaf) é de extrema importância para a conservação do patrimônio paleontológico, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável da região. Este trabalho buscou analisar os impactos antrópicos nas áreas de afloramentos fossilíferos, avaliar o potencial das trilhas para o geoturismo científico e propor medidas compensatórias.

Os resultados demonstraram que as atividades humanas, como a pecuária, agricultura e o uso de maquinários pesados, têm causado danos significativos aos fósseis e ao ecossistema local. A fragmentação e a erosão dos solos, aliadas à falta de fiscalização adequada, comprometem a integridade dos sítios paleontológicos. Além disso, o descarte irregular de resíduos sólidos e os incêndios florestais agravam ainda mais a situação, colocando em risco a conservação desse patrimônio natural.

A reavaliação do Plano de Manejo do Monaf é uma medida urgente e necessária. A atualização das informações contidas no documento, incluindo a delimitação precisa das zonas de amortecimento e a inclusão de novos afloramentos fossilíferos, é fundamental para garantir a proteção efetiva da Unidade. A integração de dados socioeconômicos atualizados e a participação ativa da comunidade local são essenciais para o sucesso das estratégias de conservação. Além disso, a implementação de programas de educação ambiental e o fortalecimento da fiscalização são ações que devem ser priorizadas.

O potencial do Monaf para o geoturismo científico é evidente. As trilhas mapeadas e caracterizadas neste estudo oferecem uma oportunidade única para a promoção do turismo sustentável, aliando a conservação do patrimônio natural ao desenvolvimento econômico da região. A criação de infraestruturas adequadas, como sinalização, placas informativas e áreas de apoio, pode transformar o Monaf em um destino de referência para pesquisadores, estudantes e turistas interessados em paleontologia e geologia.

E não menos importante, a reavaliação e ampliação da área e das zonas que contemplam os afloramentos fossilíferos, visando a geoconservação do Monumento, garantindo a proteção e o reconhecimento oficial dos afloramentos, conforme a legislação vigente.

O trabalho apresentado também possibilita a chance de que novas pesquisas sejam exploradas no âmbito da UC, por exemplo, o reconhecimento de novos afloramentos fossilíferos é fonte de vários estudos tanto na área da paleobotânica que ainda não foi muito explorada, principalmente de gimnospermas fósseis, onde o número de descrição desse grupo é limitado para a região do Monaf. Outro exemplo trata-se do estudo da diferenciação de fósseis e características específicas dos afloramentos dispostos na UC. Alguns afloramentos, como mencionados neste estudo, possuem fósseis mais diversos em números e grupos

taxonômico, além de preservação mais detalhada da sua morfologia, que outros afloramentos muito próximos uns dos outros.

Outro ponto importante é o aprofundamento em trabalhos de contexto geológico para a sobreposição do Monumento no extrato da Formação Motuca, que ainda está em discussão; além de possibilidade de pesquisas de projeto cultural turístico na UC e estudos de potencial de afloramentos nas zonas da Unidade e no entorno, contribuindo para pesquisas na área de geoconservação.

Por fim, é imprescindível que as medidas propostas sejam implementadas de forma integrada, envolvendo os órgãos ambientais, a comunidade local e as instituições de pesquisa. A conservação do Monaf não apenas preserva um patrimônio de valor científico inestimável, mas também contribui para o desenvolvimento sustentável da região, promovendo a sensibilização ambiental e o uso responsável dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES JÚNIOR, F. R.; NOGUEIRA, A. C. R. Reconstituição paleoambiental das formações Motuca e Sambaíba, Permo-Triássico da Bacia do Parnaíba no sudoeste do Estado do Maranhão, Brasil. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 6-82, 2013.
- ABADIAS, I. M.; FONSECA, P.R.B.; BARBOSA, C.H.; SALES, M.C.G. Identificação dos principais impactos ambientais ocasionados pelo manejo da pecuária no município de Humaitá-AM. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 664-682, 2020.
- ALCÂNTARA, L. C. Trilhas interpretativas da natureza: planejamento, implantação e manejo. **Monografia (Especialização)**. Especialização em Turismo e Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Centro de Excelência em Turismo. Brasília: UnB, 2007.
- ALENCAR, M. A. Vulnerabilidade do Patrimônio Paleontológico e ausência de integração urbana: discursos de uma Ação Civil Pública em Filadélfia-TO. 2020. 147 f. Dissertação (**Mestrado Acadêmico em Demandas Populares e Dinâmicas Regionais**) - Universidade Federal do Tocantins. Araguaína, 2020.
- ANDRADE, L. B. L.; MELLONI, R.; PONS, N. A. D. Geoprocessamento aplicado na caracterização ambiental de uma trilha ecológica, em Delfim Moreira (MG). **Geo UERJ**, n. 44, 2024.
- ANJOS, A. M.; FRANÇA, V. V. D.; GIESTA, J. P. Mapeamento das trilhas oficiais do parque estadual Dunas do Natal–RN. **Geoconexões**, v. 1, n. 15, p. 339-363, 2023.
- ARAÚJO, G. L.; SILVA, J. F. A.; AQUINO, C. M. S. A geoconservação no Brasil: panorama das iniciativas institucionais e das discussões sobre a temática em eventos científicos. **Physis Terraes-Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, v. 1, n. 2, p. 215-230, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15505-2: Turismo de aventura — Caminhada Parte 2: Classificação de percursos**. Rio de Janeiro, 14p. 2019.
- BAMFORD, M. Diversity of the Woody Vegetation of Gondwanan Southern Africa. **Gondwana Research**, Japan, v.7, n.1, p. 153-164, 2004.
- BANERJEE, M. Autochthonous deposition of Indian coal beds with palaeobotanical evidences of in situ plants from Saharjuri Basin, Jharkhand. **Current Science**, v. 88, n. 9, 2005.
- BARROS, L. S. C.; LEUZINGER, M. D. Planos de manejo: Panorama, desafios e perspectivas. **Cadernos do Programa de Pós-Graduação em Direito–PPGDir./UFRGS**, v. 13, n. 2, 2018.
- BARROS, J. X. A.; LOPES, T. M.; OLIVEIRA, A. M. Cartilha didática como estratégia de geoconservação no Parque Estadual do Cânion Cearense do Rio Poti em Crateus-CE. **William Morris Davis-Revista de Geomorfologia**, v. 3, n. 2, p. 1-22, 2022.

BOQUIMPANI-FREITAS, L.; COSTA, N. M. C.; PEREIRA, R. A. Caracterização e análise da declividade das trilhas do Parque Nacional da Tijuca: subsídios para a gestão da visitação. **Geosul**, v. 35, n. 75, p. 556-579, 2020.

BRAGA, B., HESPAÑOL, I., CONEJO, J. G. L., BARROS, M. T. L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo: Prentice Hall, v. 1, 305p, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Dados geoespaciais de referência da Cartografia Nacional e dados temáticos produzidos no ICMBio**. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais. Acesso em: 02 out 2024.

BRASIL. Ministério da Cidadania. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN. **Parecer técnico nº 194/2019/DIVTEC IPHAN-TO/IPHAN-TO**. Tocantins: Ministério da Cidadania, 13 jun. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **INSTRUÇÃO NORMATIVA ICMBio Nº 31, DE 17 DE JANEIRO DE 2013**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2013/in_icmbio_31_2013_procedimentos_revisaoplano demanejos_ucsfederais_nac.pdf Acesso em: 22 jan de 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. LEI Nº 11.516, DE 28 DE AGOSTO DE 2007. Dispõe sobre a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - **Instituto Chico Mendes**. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cma/images/stories/Legislacao/Leis/Lei_Criacao_Chico_Mendes -_Cria%C3%A7%C3%A3o do Chico Mendes.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cma/images/stories/Legislacao/Leis/Lei_Criacao_Chico_Mendes -_Cria%C3%A7%C3%A3o_do_Chico_Mendes.pdf). Acesso em: 17 set 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. LEI Nº 9.605, DE 02 DE FEVEREIRO DE 1998. **Dos Crimes contra o Ordenamento Urbano e o Patrimônio Cultural**. Disponível em: <https://colecaodemacrofossveis.igeo.ufrj.br/legislacao-de-defesa-do-patrimonio-fossilifero/#:~:text=Lei%209.605%20de%2012%2F02%2F1998%20%E2%80%93%20%E2%80%93%20%E2%80%93%20%E2%80%93%20de,prev%C3%AA%20san%C3%A7%C3%A3o%20para%20crimes%20am bientais>. Acesso em: 17 set 2024.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Brasil tem três dos dez geoparques da América do Sul**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/turismo/pt-br/assuntos/noticias/brasil-tem-tres-dos-dez-geoparques-da-america-do-sul>. Acesso em: 17 set 2024.

BRASIL, J. G.; RIBEIRO, S. C.; NETA, M. L. C. 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 (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 1038-1048, 2019.

BRASIL, S. B. M.; CARVALHO, R. G. Desafios para a sustentabilidade das unidades de conservação no Brasil: novo caminho trilhado para os planos de manejo (Edição 525). **Papers do NAEA**, v. 1, n. 1, 2021.

BREGOLIN, M.; RUDZEWICZ, L. Vinculando Ciência e Turismo em territórios de Geoparques: o papel das comunidades no desenvolvimento do Turismo Científico. **Physis Terrae-Revista Ibero-Afro-Americana de Geografia Física e Ambiente**, v. 5, n. 2-3, p. 77-99, 2023.

BRILHA, J. B. Proposta metodológica para uma estratégia de geoconservação. CONGRESSO NACIONAL DE GEOLOGIA, 7, Estremoz, Portugal, 2006 – **Congresso Nacional de Geologia: actas**. [S.l: s.n.], p. 925-927. 2006.

BRITO, I. M. Bacias Sedimentares e Formações Pós-Paleozóicas do Brasil. **Ed. Interciência**, 179 p., Rio de Janeiro. 1979.

BRITO, I. M. Estratigrafia da Bacia do Parnaíba II – As seqüências Sedimentares Superiores. **Anais Academia brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, n.9, p.529-549. 1981.

BRITO, L. S. M.; PERINOTTO, A. R. C. Difusão da Ciência no Geopark Araripe, Ceará, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 35, n. 1, p. 42-48, 2012.

BRONNIART, M. A. Notice Sur Le Psaronius Brasiltensis. **Bulletin de la Société Botanique de France**, v. 19, n. 1, p. 3-10, 1872.

BRUNO, C. G. C.; CUNHA, A. M. O.; ANDRADE, I. F. Avaliação qualitativa de áreas de preservação permanente em uma microbacia da região do cerrado. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 11, n. 2, p. 30-39, 2011.

CALDAS, E. B.; MUSSA, D.; FILHO, F.P.L.; ROSSLER, O. Nota sobre a ocorrência de uma floresta petrificada de idade permiana em Teresina, Piauí. **Boletim IG-USP. Publicação Especial**, n. 7, p. 69-87, 1989.

CAPRETZ, R. L. **Paleoecologia e Tafonomia da Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (Bacia do Parnaíba, Permiano)**. 2010, 172f. Tese de Doutorado. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.

CAPRETZ, R. L.; ROHN, R. Lower Permian stems as fluvial paleocurrent indicators of the Parnaíba Basin, northern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 45, p. 69-82, 2013.

CBMTO. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Tocantins. **Portaria n. 001/2019/CEDEC, de 06 de maio de 2019**. Diário Oficial Nº 5.355, de 10 de maio de 2019. Palmas: CBMTO, 2019.

CLAUDINO-SALES, V.; LIMA, E.C.; DINIZ, S.F.; CUNHA, F.S.S. Megageomorfologia do Planalto da Ibiapaba, estado do Ceará: uma introdução. William Morris Davis-**Revista de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 186-209, 2020.

COIMBRA, A. M. Estudo sedimentológico e geoquímico do Permo-Triássico da Bacia do Maranhão. Tese de Doutorado, **Inst. Geoc.** 2v. São Paulo: USP, 1983.

COIMBRA, A. M.; MUSSA, D. Associação lignitaoflorística na Formação Pedra-de-Fogo, (Arenito Cacunda), Bacia do Maranhão – Piauí, Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 33, Rio de Janeiro. Anais..., SBG. p. 591-605. 1984.

COSTA, V.C. Planejamento e Manejo de Trilhas-Impactos pelo uso do turismo desportivo e eqüestre: alguns exemplos. In: **Artigo publicado no material didático do I Congresso Nacional de Planejamento e Manejo de Trilhas. Rio de Janeiro**. 2006.

COSTA, V. C.; TRIANE, B. P.; COSTA, N. M. C. Impactos ambientais em trilhas: agricultura X Ecoturismo-um estudo de caso na Trilha do Quilombo (PEPB—RJ). **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBECOTUR)**, v. 1, n. 1, 2008.

COSTA JUNIOR, D. P.; BERNINI, F. S. Cerrado: Beleza Oculta. Campinas: **Engecrol**, 178p, 2008.

CONCEIÇÃO, D. M.; ANDRADE, L.S.; CISNEROS, J.C.; IANNUZZI, R.; PEREIRA, A.A.; MACHADO, F.C. New petrified forest in Maranhão, Permian (Cisuralian) of the Parnaíba Basin, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 70, p. 308-323, 2016a.

CONCEIÇÃO, D. M.; CISNEROS, J. C.; IANNUZZI, R. Novo registro de floresta petrificada em Altos, Piauí: relevância e estratégias para geoconservação. **Pesquisas em Geociências**, v. 43, n. 3, p. 311-324, 2016b.

CONCEIÇÃO, D. M.; CRISAFULLI, A.; IANNUZZI, R.; NEREGATO, R.; CISNEROS, J.C.; ANDRADE, L.S. New petrified gymnosperms from the Permian of Maranhão (Pedra de Fogo formation), Brazil: Novaiorquepitys and Yvyrapitys. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 276, p. 104177, 2020a.

CONCEIÇÃO, D. M.; TAVARES, T. M. V.; CISNEROS, J. C.; KURZAWE, F.; ALENCAR, M. A.; FILHO, M. P.; SILVA-MELO, A.; AIRES, H.A. Geoconservation of Permian petrified forests from Northeastern Brazil. **Brazilian Paleofloras: From Paleozoic to Holocene**, p. 1-36, 2020b.

CUNHA, F. B. M. Evolução Paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu arcabouço Tectônico. Rio de Janeiro, UFRJ, 107p., **Tese de Mestrado**, 1986.

DIAS-BRITO, D.; ROHN, R.; CASTRO, J.C.; DIAS, R.R.; RÖBLER, R. Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional - O mais exuberante e importante registro Florístico Tropical-Subtropical Permiano no Hemisfério Sul. In: **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, 2007.

DIMICHELE, W.; PFEFFERKORN, H.; GASTALDO, R. Response Of Late Carboniferous and Early Permian Plant Communities to Climate Change. **Annual Review of Earth and Planetary Science**, v. 29, p. 461-487, 2001.

DOLIANITI, E. **A paleobotânica no Brasil.** Ministério da Agricultura, Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia, 1948.

DOURADO, N. Natividade: bombeiros militares e brigadistas municipais combatem incêndios florestais próximos do conjunto das Serras Gerais. **Tocantins em foco.** Tocantins, 18 de outubro de 2022. Disponível em: <https://toemfoco.com.br/amazonia/natividade-bombeiros-militares-e-brigadistas-municipais-combatem-incendios-florestais-proximos-do-conjunto-das-serras-gerais/>. Acesso em: 24 mar 2025.

FÉ, M. M. de M. Evolução geomorfológica da Ibiapaba Setentrional, Ceará: gênese, modelagem e conservação. 300f. **Tese de Doutorado** em Geografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará. 2015.

FERREIRA, B. L.; ARAUJO, S. R.; PONTI, M. A. Planos de manejo das unidades de conservação em pesquisas científicas: uma forma de aproximação sociedade-universidade. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 7, p. 497-510, 2021.

FERREIRA, M. W. S; BRILHA, J. B. R.; CERÂNTOLA, A. P. C. Legislação ambiental brasileira e geoconservação: análise comparativa do enquadramento legal no Brasil, Portugal e Espanha. **Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)**, v. 39, n. 2, 2018.

FERREIRA, V. J. C. **O geoturismo no Parque Nacional do Itatiaia: subsídios para a criação de um circuito interpretativo em trilhas na Parte Alta.** 2023. 277 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

FERREIRA, L. M.; DIAS, P.A.; REGO, D.S. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Chapada das Mesas.** INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. 36p. Brasília, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/parna-da-chapada-das-mesas/arquivos/plano_de_manejo_parna_chapada_das_mesas.pdf. Acesso em: 17 set 2024.

FURTADO, T. S.; SANSEVERO, J. B. B. AS MEDIDAS DE COMPENSAÇÃO POR IMPACTOS À FLORA: Conceitos e processos aplicados à infraestrutura viária. **Revista ENINFRA, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 53–63, 2024.**

GALANTE, M. L. V.; BESERRA, M. M.; MENEZES, E. O. Roteiro metodológico de planejamento: parque nacional, reserva biológica, estação ecológica. **Brasília: Ibama.** 2002.

GARCIA, M. G. M.; REVERTE, F.C.; MUCIVUNA, V.C.; ARRUDA, K.E.C.; PROCHOROFF, R.; SANTOS, P.L.A.; ROMÃO, R.M.M. Geoconservação em áreas protegidas: contribuição de cursos para monitores ambientais no litoral norte do estado de São Paulo, Brasil. **Terrae Didatica**, v. 15, p. e019028-e019028, 2019.

GÓES, A. M. O; TRAVASSOS, W. A. S.; NUNES, K. C. Projeto Parnaíba – reavaliação da bacia e perspectivas exploratórias. Belém, Petrobrás, v. 1 (**Relatório interno**). 1993.

GRAY, M. Geodiversity: Valuing and conserving abioticnature. **Chichester: John Wiley & Sons Ltd.**, 434 p., 2004.

GUIMARÃES, E. R. Caracterização e diagnóstico do uso da terra na Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Uatumã, AM. 110f. 2013. **Dissertação de Mestrado**. Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas. 2013.

GUIMARÃES, T. O. Geoconservação: mapeamento, descrição e propostas de divulgação de trilhas geoturísticas no parque metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti - Cabo de Santo Agostinho/PE - Brasil. 153f. **Dissertação (mestrado) - UFPE**, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências. Recife, 2013.

GUIMARÃES, T. O. Patrimônio geológico e estratégias de geoconservação: popularização das geociências e desenvolvimento territorial sustentável para o litoral sul de Pernambuco (Brasil). 400f. **Tese de Doutorado - UFPE**, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2016.

GUIMARÃES, E. S.; SÁ, A.; GABRIEL, R.; MOREIRA, H.; GUIMARÃES, J.R.S.; BANDEIRA, P.; SILVA, J.M.F.L.; SOARES, R.C.; MELO, J.P.P. Matrix of priorities for the management of visitation impacts on the geosites of Araripe UNESCO global geopark (NE Brazil). **Geosciences**, v. 8, n. 6, p. 199, 2018.

GURGEL, H. C.; HARGRAVE, J.; FRANÇA, F.; HOLMES, R. M.; RICARTE, F. M.; DIAS, B. F; BRITO, M. C. W. D. Unidades de conservação e o falso dilema entre conservação e desenvolvimento. **IPEA: Boletim regional, urbano e ambiental**, 2009.

HERBST, R. Nueva descripción de Psaronius arrojadoi (Pelourde) (Marattiales), del Pérmico de Brasil. **Ameghiniana** 21, 243–258, 1986.

HERBST, R. Studies on Psaroniaceae. III. Tietea derbyi n. sp., from the Permian of Brazil. **Courier Forschungsinstitut Senckenberg** 147, 155–161, 1992.

HERBST, R. Studies on Psaroniaceae. IV. Two species of Psaronius from Araguaina, State of Tocantins, Brazil. **FACENA**. v. 15, p. 9-18, 1999.

IANNUZZI, R.; NEREGATO, R.; CISNEROS, J. C.; ANGIELCZYK, K. D.; ROBLER, R.; ROHN, R.; MARSICANO, C.; FRÖBISCH, J.; FAIRCHILD, T.; SMITH, R. M. H.; KURZAWE, F; RICHTER, M.; LANGER, M. C.; TAVARES, T. M. V.; KAMMERER, C. F.; CONCEIÇÃO, D. M.; PARDO, J. D.; ROESLER, G. A. Reavaliação dos macrofósseis do Permiano da Bacia do Parnaíba: implicações bioestratigráficas, paleoambientais e paleogeográficas. **Sociedade Geológica, Londres, Publicações Especiais**, v. 472, n. 1, pág. 223-249, 2018.

IBAMA/GTZ. Roteiro Metodológico para o Planejamento de Unidades de Conservação de Uso Indireto. **Documento interno**, 1996.

ISMAEL, F. C. M.; LEITE, J.C.A.; GOMES, N.A.; MEDEIROS, W.S.; VALE, R.L. Identificação e avaliação dos impactos ambientais resultantes da erosão do solo na área do

Câmpus da UFCG em Pombal, PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 12, 2013.

JANSEN, J. S.; COSTA, G.C.; MOURA, N.D.S.; PAIVA, W.S.; ARAÚJO, R.F.; EBLING, A.A. Monitoramento e gestão de impactos da visitação pública em unidades de conservação na Amazônia Oriental. **Conjecturas**, v. 22, n. 5, p. 658-667, 2022.

JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Geodiversidade, geoturismo e geoconservação: conceitos, teorias e métodos. **Espaço Aberto**, v. 6, n. 1, p. 151-174, 2016.

JORGE PÁDUA, M. T. Efetividade das políticas de conservação da biodiversidade. Anais do II Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Vol. I. Campo Grande; Rede Nacional Pró-Unidades de Conservação; **Fundação O Boticário**. p.104-116. 2000.

KAUFFMANN, M.; RICARDI-BRANCO, F.; PIRES, E.F.; BENICIO, J. R. W.; JARSPER, A. Resultados preliminares do resgate de fitofósseis no Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins, Bacia do Parnaíba, Tocantins, Brasil. **Geonomos**, v. 21, n. 2, p 46-52, 2013.

KAUFFMANN, M. Mapeamento geológico e levantamento paleontológico do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas, Bacia do Parnaíba, estado do Tocantins. 124f. **Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências**. 2014.

KAUFFMANN, M.; JASPER A.; UHL, D.; MENEGHINI, J.; OSTERKAMP, I.C.; ZVIRTES, G.; PIRES, E.F. Evidence for palaeo-wildfire in the Late Permian palaeotropics—Charcoal from the Motuca Formation in the Parnaíba Basin, Brazil. **Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology**, v. 450, p. 122-128, 2016.

KURZAWE, F.; IANNUZZI, R.; MERLOTTI, S.; RÖBLER, R.; NOLL, R. New gymnospermous woods from the Permian of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part I: Ductoabietoxylon, Scleroabietoxylon and Parnaiboxylon. **Review of Palaeobotany and Palynology**. v.195, p.37-49, 2013a.

KURZAWE, F.; IANNUZZI, R.; MERLOTTI, S.; ROHN, R. New gymnospermous woods from the Permian of the Parnaíba Basin, Northeastern Brazil, Part II: Damudoxylon, Kaokoxylon and Taeniopitys. **Review of Palaeobotany and Palynology**. v.195, p.50-64, 2013b.

LIMA, A. C. S. Gestão participativa na unidade de conservação integral Monaf, em Filadélfia (TO). **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação Mestrado Acadêmico em Demandas Populares e Dinâmica Regional, Universidade Federal do Tocantins. Tocantins, 189p. 2021.

LIMA, G. S.; FÉLIX, G. A.; TORRES, F. T. P.; COSTA, A. G.; SILVA JÚNIOR, M. R.. Avaliação da eficiência de combate aos incêndios florestais em unidades de conservação brasileiras. **Revista Floresta**, Curitiba, v.48, n.1, p.113-122, 2018.

LIMA, E.A.M.; LEITE, J.F. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba – Integração Geológica-Metalogenética. Recife. **Convênio DNPM-CPRM, Relatório Técnico**. v. 1, p. 124-132, 1978.

LOPES, A. L. O.; TRENTIN, G.; SIMON, A. L. H. Análise da dinâmica de coberturas e uso da terra como subsídio ao planejamento ambiental de unidades de conservação: Aplicações no Parque Estadual do Camaquã (RS-BRASIL). **Ra'e Ga**, v. 46, n. 2, 2019.

LOPES, R. F. Geoconservação do patrimônio paleontológico do geossítio de pegadas de dinossauros (Sauropoda) na localidade de São Domingos, município de Itaguatins, estado do Tocantins. 29f. **Dissertação (Mestrado Biodiversidade, Ecologia e Conservação) da Universidade Federal do Tocantins**, 2019.

LOPES, L. S. O.; ARAUJO, J. L. L. Potencial dos geoparques como estratégia de geoconservação no estado do Piauí. **Revista de Geografia**, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, p. 248-258, 2010.

LOPES, L. S. O.; ARAÚJO, J. L.; CASTRO, A. J. F. Geotourism: geoconservation strategy and local development. **Caderno de Geografia**, v. 21, n. 35, p. 1-11, 2011.

LOPES, L. S. D. O.; ARAÚJO, J. L. L.; NASCIMENTO, M. A. L. Valores de Uso Turístico dos Geossítios de Sete Cidades (PI). **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 35, n. 1, 2012.

LOPES, F. L. S; CLAUDINO-SALES, V. Geonconservação e Geodiversidade na Área de Proteção Ambiental da Bica do Ipu-Ceará: desafios para a sustentabilidade. **Revista de Geociências do Nordeste**, vol. 5, p. 61-79, 2019.

LOPES, J. G.; VIALÔGO, T. M. Unidades de conservação no Brasil. **Revista JurisFIB**, v. 4, n. 4, 2013.

MAGANHOTTO, R.F.; SANTOS, L.J.C.; NUCCI, J.C.; LOHMAN, M.; SOUZA, L.C.P. Unidades de Conservação: limitações e contribuições para a conservação da natureza. **Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate**, v. 5, n. 3, 2014.

MANSUR, K. L. Ordenamento territorial e geoconservação: análise das normas legais aplicáveis no Brasil e um caso de estudo no estado do Rio de Janeiro. **Geosciences=Geociências**, v. 29, n. 2, p. 237-249, 2010.

MARINHO, J. L. D. Geodiversidade e a geoconservação no Parque Nacional da Chapada das Mesas no município de Carolina, Maranhão, Brasil. 28f. **Dissertação (Mestrado Biodiversidade, Ecologia e Conservação) da Universidade Federal do Tocantins**, 2023.

MARSIGLIA, O. M.; LEME, J. M.; MORAIS, L. Geoparque Bodoquena-Pantanal: uma proposta de roteiro geológico para o Maciço do Urucum. **Resumos**, Universidade de São Paulo, SP, 2022.

MAZZALI, L. H.; DIAZ, L.R.; KOBIYAMA, M.; CAMPAGNOLLO, K. Aplicação da NBR 15505-2: 2019 na análise dos trechos da Trilha do Rio do Boi, no Parque Nacional de Aparados da Serra, sul do Brasil. **Biodiversidade Brasileira (BioBrasil)**. Brasília, DF. Vol. 11, n. 4 (out. 2021), p. 134-147, 2021.

MCMANUS, H.; TAYLOR, E.; TAYLOR, T.; COLLINSON, J. A petrified Glossopteris flora from Collinson Ridge, central Transantarctic Mountains: Late Permian or Early Triassic? **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 120, p.233-246, 2002.

MEDEIROS, N. C. G.; ALVES, J.B.; SALES, F.C.V.; MONTEIRO, M.M.; NERY, J.G.F.; MARTINS, K.B.S.; SOUSA, S.M.S.; COSTA, A.A.; MORAES, G.V. Avaliação da eficiência do plano de manejo para zona de amortecimento. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e133101421775-e133101421775, 2021.

MEIRA, S. A.; SILVA, E. V.; NASCIMENTO, M. A. L. Geopatrimônio e geoconservação: propostas para as cachoeiras do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil. **REVISTA EQUADOR**, v. 12, n. 2, p. 185-211, 2023.

MELO, D. B. Monitoramento dos Impactos da Visitação no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, v. 17, n. 2, 2024.

MENDONÇA, R. C.; FELFI LI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG C. W. Flora vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). Cerrado: ecologia e flora Brasília. **Embrapa Informação Tecnológica: Planaltina**, p. 422-442. 2008.

MILANI, E. F. Aplicação da NBR 15505-2 em trilhas de longo curso: estudo de caso no caminho das araucárias. 75f. **Trabalho de conclusão de curso**. Universidade de Caxias do Sul – Bacharelado em Turismo. 75f. 2022.

MILANO, M. S. Unidades de conservação: conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo e gestão. In: **Curso sobre manejo de áreas naturais protegidas**. Curitiba: Unilivre. p.01-62. 1994.

MILANO, M. S. Planejamento de Unidades de Conservação: um meio e não um fim. IN: **Anais do I Congresso de Unidades de Conservação**. Curitiba, p.150-165. 1997.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Pilares para a sustentabilidade financeira do sistema nacional de unidades de conservação**. Brasília: MMA, 2009 (Série Áreas Protegidas, n. 7). Disponível em:
https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_dap/_publicacao/149_publicacao16122010113443.pdf. Acesso em: 15 de ago de 2023.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Parque Nacional de Ubajara**. Ceará: MMA, 2002. Disponível em:
<https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/parna-de-ubajara>. Acesso em: 17 set 2024.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Roteiro Metodológico para manejo de impactos da visitação com Enfoque na Experiência do Visitante e na Proteção dos Recursos Naturais e Culturais**. 85p. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/acesso-a-informacao/editais-diversos/editais-diversos>

[2019/roteiro_metodologico_para_manejo_de_impactos_da_visitacao.pdf](https://www.researchgate.net/publication/333710000/2019/roteiro_metodologico_para_manejo_de_impactos_da_visitacao.pdf). Acesso em: 14 mai de 2025.

MOREIRA, L.L.; MAIA, A.C.R. A educação ambiental no Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins. **Revista Sítio Novo**, v.4, n. 1. p. 217-231, 2020.

MOURA, A. M. M. Governança ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas. 352 p. **Brasília: Ipea**, 2016.

MUSSA, D.; COIMBRA, A. M. Novas perspectivas de comparação entre as taofloras permianas (de lenhos) das bacias do Parnaíba e do Paraná. In: **72º Congresso Brasileiro de Paleontologia**, 10, 1987, Rio de Janeiro. Anais: 201-221. 1987.

NEREGATO, R.; RÖßLER, R.; ROHN, R.; NOLL, R. New petrified calamitaleans from the Permian of the Parnaíba Basin, central-north Brazil. Part I. **Review of Palaeobotany and Palynology**. v.215, p.23-45, 2015.

NEREGATO, R. et al. New petrified calamitaleans from the Permian of the Parnaíba Basin, central-north Brazil, part II, and phytogeographic implications for late Paleozoic floras. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 237, p. 37–61, 2017.

OLIVEIRA, A. U. Modo de Produção Capitalista, Agricultura e Reforma Agrária. **Comissão Editorial Labur - Instituto Iandé**, 1º ed. São Paulo: FFLCH, 184p, 2007.

OLIVEIRA, N. M. Produção agropecuária agregada: uma aplicação para o Estado do Tocantins. **Revista Desafios**, Palmas, v.5, n.1, 2018.

OSTANELLO, M. C. P.; DANDERFER, A.; CASTRO, P. T. A. Caracterização de lugares de interesse geológico e trilhas geoturísticas no Parque Estadual do Itacolomi–Ouro Preto e Mariana, Minas Gerais. **Geosciences= Geociências**, v. 32, n. 2, p. 286-297, 2013.

PAIM, A.; BOTELHO, R. G. M. Planejamento de trilhas ecológicas: estudo de caso no Rancho Sol Dourado, Nova Friburgo (RJ). **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, v. 15, n. 4, 2022.

PÃOZINHO, F. C.; PONCIANO, L. C. M. O. CAMINHOS PARA A GEOCONSERVAÇÃO NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DAS MESAS: estratégias para a inclusão participativa comunitária no Geoturismo. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 4, n. 15, p. 58–81, 2019

PELLIN, A.; TACHARD, A.L.; SILVA, L.F.F.; RANIERI, V.E.F. Compensação ambiental como fonte de recursos para unidades de conservação: situação atual e aspectos polêmicos. **OLAM: Ciência & Tecnologia**, v. 7, n. 1, 2007.

PEREIRA, R.G. F. A. Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil). 317f. **Tese de Doutorado em Ciências – Especialidade em Geologia**. Universidade do Minho Portugal. 2010.

PESSI, D.; REMPEL, C.; HAETINGER, C. Diagnóstico do uso da terra em Áreas de Preservação Permanente de pequenas propriedades rurais produtoras de leite no Vale do Taquari/RS–Brasil. **Diagnóstico**, v. 38, n. 22, 2016.

PIAUÍ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Cânion do Rio Poti**. 2023. Disponível em: <https://siga.semar.pi.gov.br/media/uploads/2024/07/11/c996c9d2-d664-4c19-b1cf-2bb08f57f76c.pdf>. Acesso em: 17 set 2024.

PIAUÍ. Secretaria do turismo. **Sete Cidades: conheça os encantos do primeiro Parque Nacional do Piauí**. 2023. Disponível em: <https://www.pi.gov.br/noticia/sete-cidades-conheca-os-encantos-do-primeiro-parque-nacional-do-piaui>. Acesso em: 17 set 2024.

PIEKARZ, G. F.; LICCARDO A. Programa sítios geológicos e paleontológicos do Paraná: situação atual e tendências. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 43, Aracaju, Anais. 323p. 2006.

PIGG, K.; MCLOUGHLIN, S. Anatomically preserved *Glossopteris* leaves from the Bowen and Sydney basins, Australia. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 97, p.339-359, 1997.

PINTO, C.P.; SAD, J.H.G. Revisão da Estratigrafia da Formação Pedra de Fogo, borda sudoeste da Bacia do Parnaíba. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, 34, Goiânia. Anais... SBG. V. 1, p. 346-358, 1986.

PONTES, H. S.; FERNANDES L.A.; MELO, M.S.; MASSUQUETO L.L. A região cárstica dos Campos Gerais, Paraná–São Paulo, Brasil: revisão de conceitos, potencial espeleológico e políticas públicas de geoconservação. **Pesquisas em Geociências**, v. 48, n. 2, 2021.

PORTO, V. R.; XAVIER, R. A.; SOUZA, N. R. L. Mapeamento e caracterização de trilhas na fazenda Salambaia como subsídio ao desenvolvimento do geoturismo e da geoconservação no semiárido paraibano. **Revista da ANPEGE**, v. 18, n. 36, p. 76-97, 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NATIVIDADE. DECRETO DE LEI N.º 074, DE 03 DE DEZEMBRO DE 2018. **Dispõe da criação do Monumento Natural Municipal da Serra de Natividade, e dá outras províncias**. Disponível em: <https://gesto.to.gov.br/uc/94/atoslegais/>. Acesso em: 12 mar 2025

REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SPERA, S.T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa; CPAC, 2008.

RIBEIRO, P.C.C.; SILVA, L.B.; TAVARES, T.M.V. Gestão participativa e educação ambiental no Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins. Educação ambiental–o desenvolvimento sustentável na economia globalizada. **Seabra, G.(org.)**, p. 786-796, 2020.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, P. A. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa**, p. 89-166. 1998.

RIGHI-CAVALLARO, K. O.; VIEIRA, M.G.; CAVALLARO, M.R.; JUNIOR, O.S. A eficiência da arborização como medida compensatória. **Revista Geociências-UNG-Ser-ISSN 1981-741X (1981-7428)**, v. 20, n. 2, p. 5-15, 2021.

ROCHA, C.H.B.; FONTOURA, L.M.; SIMIQUELI, R.F.; PEREIRA, G.; MANOEL, J. Mapeamento e classificação de trilhas em parques florestais com uso do GPS: aplicação no Parque Estadual de Ibitipoca/MG. In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Anais...** Florianópolis, UFSC. 2006.

RÖßLER, R.; NOLL, R. Der permische versteinerte Wald von Araguaina/Brasilien – Geologie, Taphonomie und Fossilführung. **Veröff. Mus. Naturkunde Chemnitz**. v.25, p.5-44, 2002.

RÖßLER, R.; GALTIER, J. First Grammatopteris tree ferns from the Southern Hemisphere – new insights in the evolution of the Osmundaceae from the Permian of Brazil. **Rev. Palaeobot. Palynol.** v.121, p.205-230, 2002a.

RÖßLER, R.; GALTIER, J. Dernbachia brasiliensis gen. nov. et sp. nov. – a new small tree fern from the Permian of NE-Brazil. **Rev. Palaeobot. Palynol.**v.122, p.239-263, 2002b.

RÖßLER, R.; GALTIER, J. The first evidence of the fern Botryopteris from the Permian of the Southern Hemisphere reflecting growth from diversity. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 127 p. 99-124, 2003.

RÖßLER, R. Two remarkable Permian petrified forests: correlation, comparison and significance. In: Lucas, S. G., Cassinis, G. & Scheneider, J. W. (eds.). Non-marine Permian biotratigrphy and biocronology. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 265, p. 39-63. 2006.

SALVANY, J. M. Continental evaporitic sedimentation in Navarra during the Oligocene to Lower Miocene: falces and Lerín Formations. **Sedimentary Deposition in Rift and Foreland Basins in France and Spain (Paleogene and Lower Neogene)**, p. 397-411, 1997.

SANTANA, L. F. N. C.; BONFIM, M.E.J.; COSTA, G.M.; JUNIOR, M.V.C.A. Mapeamento e classificação do grau de dificuldade da Trilha das Cachoeiras, Muritiba–São Félix, Bahia. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 13, n. 29, p. 20-36, 2023.

SANTOS, E. M. A geoconservação como ferramenta para o desenvolvimento Sustentável em regiões semiáridas: estudo aplicado à mesorregião do agreste de Pernambuco, nordeste do Brasil. 242f. **Tese de Doutorado em Geociências da Universidade Federal do Pernambuco**. 2016.

SANTOS, R. P.; POSSAPP, J. J. [Coords.]. Plano de Manejo do Monumento Natural Canyons e Corredeiras do Rio Sono. **Agência Japonesa de Cooperação Internacional - JICA**. São Félix do Tocantins: TO, 237 p., 2013. Disponível em: https://gesto.to.gov.br/site_media/upload/plano_manejo/PM_MONACC_higres.pdf. Acesso em 17 set 2024.

SANTOS, R. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N. Fungos micorrízicos arbusculares e serapilheira como indicadores do efeito de borda em fragmento de floresta estacional. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.28, n.1, p.324-335, 2018a.

SANTOS, L. A. C. Utilização dos dados do Cadastro Ambiental Rural na análise de conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente. **Tecnia: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v.3, n.1, 2018c.

SAYRE, R.; ROCA, E.; SEDAGHATKISH, G.; YOUNG, B.; KEEL, S.; ROCA, R. E SHEPPARD, S. Natureza em Foco: Avaliação Ecológica Rápida. **The Nature Conservancy**. 2002

SCHOBENHAUS, C. S. C. R. **O papel indutor do Serviço Geológico do Brasil na criação de geoparques**. Rio de Janeiro. 2010.

SEPLAN – Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente. 2005. **Plano de manejo do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins**. Tocantins, 2005. Disponível em: <http://gesto.to.gov.br/uc/44/zoneamento/>. Acesso em: 21 de ago de 2023.

SHARPLES, C. Concepts and Principles of Geoconservation. **Tasmanian Parks & Wildlife Service**, 2002.

SILVA, M. M.; NETTO, T.A.; AZEVEDO, L.A.; SCARTON, L.P.; HILLIG, P. Trilha ecológica como prática de educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 705-719, 2012.

SILVA, J. F. A.; ARAÚJO, G. L.; FIGUEIRÓ, A. S. Avaliação de geossítios no Vale do Guaribas, Piauí, como subsídio para o inventário do geopatrimônio piauiense e fomento do desenvolvimento sustentável. **Physis Terrae-Revista Ibero-Afro-Americanica de Geografia Física e Ambiente**, v. 5, n. 2-3, p. 219-245, 2023.

SILVA, T. G. N.; GAMA, R.C.; TEIXEIRA, L.G.; SANTOS, G.R.; SOUZA, R.M.; SOUZA, P.B. Diagnóstico ambiental de uma área de proteção permanente (app), formoso do Araguaia-To. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 2, 2018.

SILVA, G. G. L.; LIMA, T. C.; PANCHAUD, L. Mapeamento e Classificação do Grau de Dificuldade da Trilha do Rancho Caído, Parque Nacional do Itatiaia (RJ). **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, v. 9, n. 2, 2016.

SOARES, A. G. L.; LIMA, B. L.; SPINOLA, C. A. Avaliação dos impactos ambientais do turismo na trilha da Cachoeira do Buracão, Chapada Diamantina-Bahia/Brasil. **Turismo: Visão e Ação**, v. 26, p. e18616, 2024.

SOBRINHO, C. J. B.; JÚNIOR, D. V. R. As queimas e as queimadas no Tocantins: o município de maior registro da série histórica de focos de calor ativos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 378-390, 2020.

TALBOT, M. R.; ALLEN, P. A. Lakes. In: H. G. Reading (Ed.), *Sedimentary Environments: processes, facies and Stratigraphy*. Londres: **Blackwell Science**, v. 1, 83-124, 1996.

TAVARES, T.M.V.; ROSEMARIE, R.; MERLOTTI, S. Caules permineralizados de Tietea e Psaronius na Bacia do Paraná (Formação Corumbataí, Permiano). **Pesquisas em Geociências**, v. 38, n. 2, p. 114-131, 2011.

TAVARES, T. M. V. **Estudo de marattiales da Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional (Permiano, Bacia do Parnaíba)**. 2012. 185f. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

TAVARES, T.M.V.; AIRES, H.A.; PIRES, E.F.; ROHN, R. Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins: Contribuições e Desafios. **Revista Desafios**, v. 03, n. 02, 2016.

TAVARES, T.M.V.; ALENCAR, M.A.; FILHO, M.P. Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins (MONAF): política pública ambiental e patrimonial. **Revista Humanidades & Inovação**, v. 7, n.14, p. 225-244, 2020.

TAVARES, T. M. V.; PIRES-OLIVEIRA, E. F.; NEREGATO, R.; MELO, A. S.; AIRES, H. A.; ALENCAR, M. A. Proteção do patrimônio fossilífero: natureza jurídica do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins. In: Silvio Crestana; Elisabete Gabriela Castellano; Alexandre Rossi. (Org.). Espaços especialmente protegidos e o Direito Ambiental. 1ed. Brasília: Embrapa, v. 4, p. 677-698, 2021.

TELLES, T. S.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; RIGHETTO, A. J.; RIBEIRO, M. R. Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil (No. 2638). **Texto para Discussão**. 2021.

TOCANTINS. LEI N.º 1.179, DE 04 DE OUTUBRO DE 2000. Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins. **Diário Oficial do Estado do Tocantins nº 981, Tocantins 04 de out. de 2000**. Disponível em: <https://www.al.to.leg.br/arquivos/23748.pdf>. Acesso em: 31 jul 2023.

TOCANTINS. LEI N.º 1.560, DE 05 DE ABRIL DE 2005. **Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza - SEUC**. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/225866/>. Acesso em: 17 set 2024.

TOCANTINS. GESTO – Gestão das Unidades de Conservação do Tocantins. 2011. Disponível em: <http://www.gesto.to.gov.br/uc/>. Acesso em: 31 jul 2023.

TOCANTINS. PORTARIA/NATURATINS nº 104, de 11 de maio de 2015: **NORMAS E PROCEDIMENTOS PARA PESQUISAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**. Disponível em: <https://central.to.gov.br/download/42522>. Acesso em: 21 de ago de 2023.

TOCANTINS. GESTO – Gestão das Unidades de Conservação do Tocantins. **Monumento Natural Municipal Serra da Natividade**. 2021. Disponível em: <https://gesto.to.gov.br/uc/94/>. Acesso em: 17 set 2024.

VAN HOORICK, G. Compensatory measures in European nature conservation law. **Utrecht Law Review**, p. 161-171, 2014.

VASCONCELOS, J.; CASES, M. O. Recomendações para o Planejamento de Unidades

de Conservação no Bioma Amazônia. **Série Cadernos ARPA**. Brasília: MMA - Ministério do Meio Ambiente, GTZ-Cooperação Técnica Alemã, ARPA-Programa Áreas Protegidas da Amazônia, WWF-Brasil. 2009.

VAZ, P. T.; WANDERLEY FILHO, J.R.; TRAVASSOS, W.A.S. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, v. 15, n. 2, p. 253-263, 2007.

VELOSO, C. Monumento Natural Canyons e Corredeiras do Rio Sono completa oito anos de criação. **Naturatins. Governo do Tocantins**. 2020. Disponível em: <https://www.to.gov.br/naturatins/noticias/monumento-natural-canyons-e-corredeiras-do-rio-sono-completa-oito-anos-de-criacao/kuzgj1g3tor>. Acesso em: 17 set 2024.

VILA NOVA, F. V. P.; TORRES, M. F. A. Avaliação ambiental em Unidades de Conservação: estuário do rio Maracaípe, Ipojuca-PE, Brasil. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 29, n. 3, 2012.

WINGE, M. O que é um sítio geológico. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, SIGEP, 1999.