



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**  
**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CHRISSANDRO MARQUES DE ALMEIDA**

**AVALIAÇÃO PARA O USO TURÍSTICO DO GEOSÍTIO MORRO DO  
PENDURADO, NO PARNA UBAJARA-CE**

**FORTALEZA**

**2025**

CHRISSANDRO MARQUES DE ALMEIDA

AVALIAÇÃO PARA O USO TURÍSTICO DO GEOSSÍTIO MORRO DO PENDURADO,  
NO PARNA UBAJARA-CE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Ulisses Vieira Veríssimo

Coorientador: Profa. Dra. Pâmella Moura

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

---

A445a Almeida, Chrissandro Marques de.

Avaliação para o uso turístico do geossítio Morro do Pendurado, no PARNA de Ubajara-CE / Chrissandro Marques de Almeida. – 2025.

70 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Cesar Ulisses Vieira Veríssimo.

Coorientação: Prof. Dr. Pâmella Moura.

1. Geoconservação. 2. Espeleologia. 3. Patrimonio Espeleológico. I. Título.

CDD 551

---

CHRISSANDRO MARQUES DE ALMEIDA

AVALIAÇÃO PARA O USO TURÍSTICO DO GEOSSÍTIO MORRO DO PENDURADO,  
NO PARNA UBAJARA-CE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geologia. Área de concentração: Geologia.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Cesar Ulisses Vieira Veríssimo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Pamella Moura (Coorientadora)  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Ricardo Galeno Fraga de Araújo Pereira  
Instituto de Geociências (UFBA)

A Minha mãe,  
presente, que sempre me deu todo apoio  
e dedicação, a vida toda.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Chefe e aos técnicos do ICMBio e PARNA Ubajara pelo apoio logístico e infraestrutura local disponibilizada, a COOPTUR, em especial ao guia Daniel Nascimento Lima e o agente temporário ambiental Genildo Aguiar, os quais participaram das diversas etapas de campo e desenvolvimento da pesquisa. Ao DEGEO pelo fornecimento do veículo para atividades de campo. Ao Projeto TCCE CECAV/VALE N° 1/2022 firmado entre a Vale S.A. o ICMBio e o IABS, pelo financiamento das despesas de campo. Aos alunos e amigos Roberto, Flávio e Vanusa que participaram das campanhas de campo. Foi uma ajuda imensa e agradeço muito!

À FUNCAP, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Cesar Ulisses e Profa. Dra. Pamella Moura, cujo apoio foi vital para a realização deste trabalho. O resultado alcançado reflete uma parceria acadêmica de alto nível, da qual me orgulho profundamente. Não poderia imaginar orientadores melhores.

Um agradecimento especial aos amigos e à família que estiveram sempre me apoiando e torcendo pelo meu sucesso. Um agradecimento todo especial à minha mãe, que sempre acreditou que eu alcançaria meus sonhos, mesmo nos dias mais difíceis.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Wellington Ferreira da Silva Filho e Dr. Ricardo Galeno Fraga de Araujo Pereira, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

"A geodiversidade constitui a base para a vida, o contexto para a biodiversidade, as matérias-primas para a sociedade e o registro da história da Terra." (Gray, 2004, p. 12).

## RESUMO

O uso de cavernas por grupos humanos remonta aos períodos pré-históricos. Atualmente, esses ambientes se consolidam como um dos recursos geoturísticos mais importantes e visitados globalmente, já que oferecem valores educacionais e turísticos excepcionais devido a seus atributos únicos. No Parque Nacional de Ubajara (PNU), localizado a 337 km a oeste da capital Fortaleza, no estado do Ceará, as cavernas se constituem como o principal atrativo turístico. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial turístico do Geossítio do Morro do Pendurado, situado no PNU, a fim de diversificar os roteiros turísticos do parque, alinhando-se aos objetivos do plano de manejo.

A avaliação do geossítio baseou-se na metodologia de Brilha (2016), complementada pelos métodos de Vujičić *et al.* (2011) e Ziemann e Figueró (2017). Essa abordagem integrada visou considerar as particularidades do patrimônio espeleológico para o turismo. Além da avaliação qualitativa, foi conduzida uma análise quantitativa comparativa. Para isso, aplicou-se a proposta de Brilha (2016) de forma isolada e, em paralelo, uma versão adaptada com as inserções dos outros dois métodos.

Os resultados demonstraram que as metodologias complementares foram relevantes, pois acrescentaram à avaliação qualitativa um maior detalhamento aos critérios de Beleza Cênica/Paisagem, Potencial Interpretativo e Acessibilidade. A comparação quantitativa revelou mudanças significativas em relação à aplicação isolada de Brilha (2016). Essas inserções impactaram positivamente a pontuação em critérios específicos: em Beleza Cênica, por destacar formalmente os atributos paisagísticos; e em Acessibilidade, ao contabilizar a infraestrutura turística existente. Ademais, o método apontou melhorias importantes para os serviços interpretativos, como a criação de material promocional e instalação de painéis interpretativos, que estão em fase de implementação no parque para este geossítio.

A avaliação adaptada neste trabalho permitiu identificar atributos atrativos para o visitante, tais como: a experiência mais primitiva e exploratória, com capacete e luz individual em grupos reduzidos; o contato com a geomorfologia e paisagem cárstica, que inclui atrativos na porção externa do morro, no campo de lapíás, e no interior das cavernas, com seus salões e espeleotemas diversos; e, finalmente, a apreciação do acervo paleontológico encontrado nas cavernas, cujas informações estão disponíveis no centro de visitantes. A visita ao geossítio oferece ao turista uma janela geocronológica, ao considerar todo o contexto, do Pré-Cambriano até os dias atuais. Adicionalmente, os resultados da pesquisa subsidiam a proposta de abertura para visita de novas cavernas, conforme previsto no Plano de Uso Público do Parque

Nacional de Ubajara.

**Palavras-chave:** Geoconservação; Espeleologia; Patrimônio Espeleológico.

## ABSTRACT

The use of caves by human groups dates back to prehistoric periods. Currently, these environments are established as one of the most important and visited geotourism resources globally, as they offer exceptional educational and touristic value due to their unique attributes. In Ubajara National Park (PNU), located 337 km west of the capital Fortaleza, in the state of Ceará, caves constitute the main tourist attraction. In this context, this work aims to evaluate the touristic potential of the Morro do Pendurado Geosite, situated within the PNU, in order to diversify the park's tourist itineraries, aligning with the objectives of its management plan.

The geosite assessment was based on the methodology by Brilha (2016), complemented by the methods of Vujičić et al. (2011) and Ziemann and Figueró (2017). This integrated approach aimed to consider the specificities of speleological heritage for tourism. In addition to the qualitative assessment, a comparative quantitative analysis was conducted. For this purpose, Brilha's (2016) proposal was applied in isolation and, in parallel, an adapted version incorporating elements from the other two methods.

The results demonstrated that the complementary methodologies were relevant, as they added greater detail to the qualitative assessment regarding the criteria of Scenic Beauty/Landscape, Interpretative Potential, and Accessibility. The quantitative comparison revealed significant changes compared to the isolated application of Brilha (2016). These additions positively impacted the scores in specific criteria: in Scenic Beauty, by formally highlighting the landscape attributes; and in Accessibility, by accounting for the existing tourist infrastructure. Furthermore, the method pointed out important improvements for interpretative services, such as the creation of promotional material and installation of interpretative panels, which are in the implementation phase in the park for this geosite.

The adapted assessment in this work allowed for the identification of attractive attributes for visitors, such as: the more primitive and exploratory experience, with individual helmets and lights in small groups; the contact with the geomorphology and karst landscape, which includes attractions in the external portion of the hill, in the lapiaz field, and inside the caves, with their various chambers and speleothems; and, finally, the appreciation of the paleontological collection found in the caves, whose information is available at the visitor center. The visit to the geosite offers the tourist a geochronological window, considering the entire context, from the Precambrian to the present day. Additionally, the research results support the proposal to open new caves for visitation, as provided for in the Public Use Plan of Ubajara National Park.

**Keywords:** Geoconservation; Speleology; Speleological Heritage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arcabouço conceitual da Geodiversidade, Geopatrimônio e Geoconservação, de acordo com Brilha (2016).....	20
Figura 2 – Mapa de localização do Parque Nacional de Ubajara, com a localização do geossítio do Morro do Pendurado.....	27
Figura 3 – Sinais de vandalismo na entrada da Gruta de Ubajara, anteriores a criação do PNU .....	29
Figura 4 – Sinais de vandalismo próximo a entrada da Gruta de Ubajara, anteriores a criação do PNU .....	30
Figura 5 – Cortinas quebradas .....	30
Figura 6 – Estalagmite fraturada .....	31
Figura 7 – Entrada da Gruta do Pendurado. ....	55
Figura 8 – Espeleotemas na Gruta do Pendurado.....	56
Figura 9 – Cortinas em amplos salões na Gruta do Urso Fóssil.....	58
Figura 10 – Salão interno com dois níveis, na Gruta do Urso Fóssil .....	59
Figura 11 – Entrada da Gruta do Urso Fóssil .....	59
Figura 12 – Réplica do crânio do urso pleistocênico, em primeiro plano .....	60
Figura 13 – Banner Informativo sobre o Morro do Pendurado .....	60
Figura 14 – Trecho da trilha centenária com local de descanso .....	61
Figura 15 – Lapiás métricos na parte superior do Morro do Pendurado .....	61
Figura 16 – Travertinos decimétricos na Gruta do Pendurado .....	62
Figura 17 – Vista a partir do mirante no topo da serra .....	63
Figura 18 – Diversidade de cores na entrada da Gruta do Pendurado.....	63
Figura 19 – Espeleotemas diversos na Gruta do Pendurado .....	64
Figura 20 – Vista panorâmica do teleférico .....	65
Figura 21 – Salão de teto baixo, no interior da Gruta do Pendurado .....	67
Figura 22 – Parte superior do Morro do Pendurado .....	68
Figura 23 – Entrada do mirante do Morro do Pendurado.....	69
Figura 24 – Vista a partir do teleférico .....	69
Figura 25 – Trecho da trilha de acesso ao morro do pendurado.....	70
Figura 26 – Trecho com sinalização física instalada .....	72
Figura 27 – Vista do Morro do Pendurado .....	87
Figura 28 – Panorâmica a partir da estação superior do teleférico.....	88
Figura 29 - Rotas das trilhas de acesso ao Morro do Pendurado.....	89

Figura 30 – Projeção horizontal da Gruta do Pendurado.....	90
Figura 31 – Projeção horizontal da Gruta do Urso Fóssil .....	91

### **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Visitação anual entre os anos de 2021 de 2025* .....	28
Gráfico 2 – Valores gerais da avaliação quantitativa de Brilha (2016) .....	80
Gráfico 3 – Comparativo para Potencial de Uso turísticos e Prioridades de proteção.....	83
Gráfico 4 – Comparativo para os valores gerais da avaliação.....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios da avaliação qualitativa do modelo de Brilha (2016) .....	32
Tabela 2 – Critérios e indicadores para os valores científicos.....	33
Tabela 3 – Pesos para o cálculo de valor científico .....	34
Tabela 4 – Critérios e indicadores para os valores educacionais e turísticos .....	35
Tabela 5 – Pesos para o cálculo dos Potenciais de Uso Educacionais e Turísticos .....	37
Tabela 6 – Critérios e indicadores para risco de degradação.....	37
Tabela 7 – Pesos para o cálculo do risco de degradação .....	38
Tabela 8 – Valores propostos pela ferramenta GEOSSIT.....	38
Tabela 9 – Valores primários do Método de Vujičić <i>et al.</i> (2011) .....	39
Tabela 10 – Valores secundários do Método de Vujičić <i>et al.</i> (2011).....	40
Tabela 11 – Potenciais Geoturísticos do método de avaliação de Ziemann e Figueró (2017) .	41
Tabela 12 – Indicadores propostos para cada subcritério de acessibilidade.....	44
Tabela 13 – Indicadores propostos para cada subcritério de Beleza cênica/Paisagem.....	45
Tabela 14 – Indicadores do Potencial Interpretativo, conforme proposto por Brilha (2016) e o novo critério de Serviços Interpretativos com seus sub critérios e indicadores .....	46
Tabela 15 – Cálculo do Potencial de uso turísticos pelo método de Brilha (2016).....	48
Tabela 16 - Proposta para avaliar Potencial de uso turístico .....	48
Tabela 17 – Apresentação dos critérios qualitativos do modelo de avaliação de Brilha (2016) comparados com critérios similares das propostas de Vujičić <i>et al.</i> (2011) (GAM) e Ziemann e Figueró (2017).....	50
Tabela 18 – Resultado do cálculo para o valor científico (VC).....	74
Tabela 19 – Resultado do cálculo para o Potencial de uso educativo (PUE) .....	76
Tabela 20 – Resultado do cálculo para o Potencial de Uso Turístico (PUT).....	77
Tabela 21 – Resultado do cálculo para o Risco de Degradação (RD).....	78
Tabela 22 – Resultado do cálculo para a prioridade de proteção (PP) .....	79
Tabela 23 – Valores para o Pontencial de Uso Turístico modificado .....	81
Tabela 24 – Prioridade de proteção modificada. ....	83

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PNU	Parque Nacional de Ubajara
SGB	Serviço Geológico Brasileiro
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
GEOSSIT	Sistema de Cadastro e Quantificação de Sítios Geológicos e de Geodiversidade
GAM	Geosite Assessment Model
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
COMAN	Coordenação de Planos de Manejo de Unidades de Conservação
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ISCA	International Show Caves Association
ROVUC	Rol de Oportunidades de Visitação em Unidades de Conservação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>1.1</b>	<b>Cavernas e o turismo geológico .....</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>objetivos.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>Caracterização da área de estudo .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Parque Nacional de Ubajara (PNU) .....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Método de Avaliação de Brilha (2016) .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.1</b>	<b><i>Avaliação qualitativa .....</i></b>	<b><i>32</i></b>
<b>4.1.2</b>	<b><i>Avaliação quantitativa .....</i></b>	<b><i>33</i></b>
<b>4.1.2.1</b>	<b><i>Valor científico .....</i></b>	<b><i>33</i></b>
<b>4.1.2.2</b>	<b><i>Potenciais de Uso Educacionais e Turísticos.....</i></b>	<b><i>34</i></b>
<b>4.1.2.3</b>	<b><i>Risco de degradação .....</i></b>	<b><i>37</i></b>
<b>4.2</b>	<b>Método de avaliação de Vujičić <i>et al.</i> (2011) .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b>Método de avaliação de Ziemann e Figueró (2017).....</b>	<b>40</b>
<b>4.4</b>	<b>Proposta de método para avaliação quantitativa .....</b>	<b>42</b>
<b>4.4.1</b>	<b><i>Modificações Estruturais no método de Brilha (2016) .....</i></b>	<b><i>43</i></b>
<b>4.4.2</b>	<b><i>Sistema de Pontuação.....</i></b>	<b><i>43</i></b>
<b>4.4.2.1</b>	<b><i>Proposta para o critério Acessibilidade.....</i></b>	<b><i>43</i></b>
<b>4.4.2.2</b>	<b><i>Proposta para o critério Beleza cênica/Paisagem .....</i></b>	<b><i>45</i></b>
<b>4.4.2.3</b>	<b><i>Proposta para o critério Serviço interpretativo .....</i></b>	<b><i>46</i></b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
<b>5.1</b>	<b>Avaliação qualitativa.....</b>	<b>52</b>
<b>5.1.1</b>	<b><i>Valor Científico.....</i></b>	<b><i>52</i></b>
<b>5.1.1.1</b>	<b><i>Representatividade .....</i></b>	<b><i>52</i></b>
<b>5.1.1.2</b>	<b><i>Integridade .....</i></b>	<b><i>53</i></b>
<b>5.1.1.3</b>	<b><i>Raridade .....</i></b>	<b><i>53</i></b>
<b>5.1.1.4</b>	<b><i>Conhecimento científico .....</i></b>	<b><i>54</i></b>
<b>5.1.2</b>	<b><i>Potencial de Uso Educativo .....</i></b>	<b><i>56</i></b>
<b>5.1.2.1</b>	<b><i>Potencial Didático.....</i></b>	<b><i>56</i></b>
<b>5.1.2.2</b>	<b><i>Diversidade Geológica.....</i></b>	<b><i>57</i></b>
<b>5.1.3</b>	<b><i>Potencial de Uso turístico .....</i></b>	<b><i>62</i></b>
<b>5.1.3.1</b>	<b><i>Beleza Cênica .....</i></b>	<b><i>62</i></b>

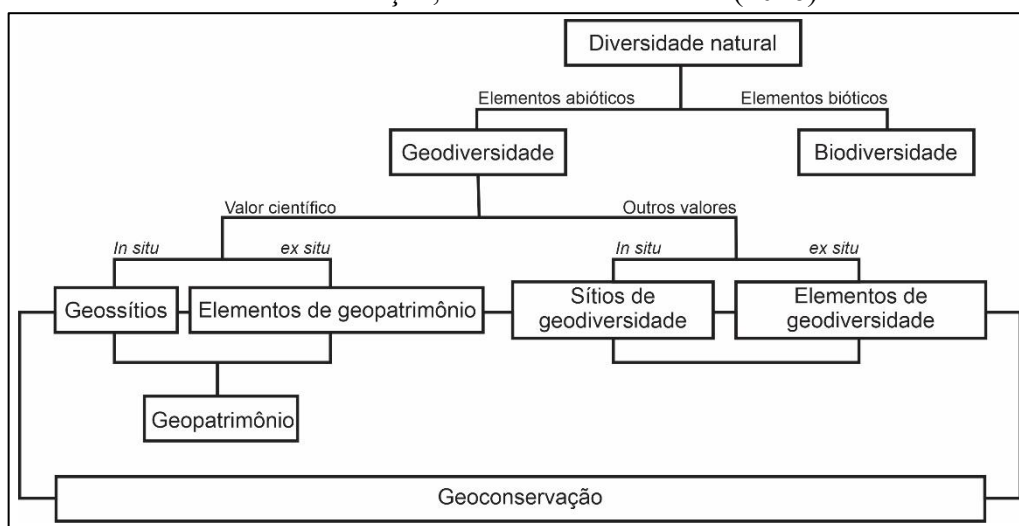
5.1.3.1.1	Mirantes e Paisagem do entorno .....	62
5.1.3.1.2	Cores e Harmonização com a paisagem: .....	62
5.1.3.1.3	Legibilidade e Complexidade .....	63
5.1.3.1.4	Superfície .....	63
5.1.3.2	<i>Potencial Interpretativo</i> .....	64
5.1.3.2.1	Painéis interpretativos .....	65
5.1.3.2.2	Valor de memória .....	65
5.1.3.2.3	Valor Adicional .....	66
5.1.3.2.4	Serviço de Guias .....	67
5.1.3.3	<i>Acessibilidade</i> .....	68
5.1.3.3.1	Proximidade com o centro de visitantes .....	68
5.1.3.3.2	Valores funcionais (rodovias, postos de gasolina e oficinas mecânicas): .....	69
5.1.3.3.3	Infraestrutura Turística .....	70
5.1.3.3.4	Serviços Básicos .....	70
5.1.3.3.5	Proximidade com restaurantes e hotéis .....	71
5.1.3.4	<i>Segurança</i> .....	71
5.1.4	<b><i>Risco de Degradação</i></b> .....	72
5.1.4.1	<i>Deterioração dos conteúdos</i> .....	72
5.1.4.2	<i>Proteção Legal</i> .....	72
5.1.4.3	<i>Fragilidade</i> .....	73
5.1.4.4	<i>Vulnerabilidade</i> .....	73
5.2	<b>Avaliação Quantitativa</b> .....	74
5.2.1	<b><i>Valor Científico (VC)</i></b> .....	74
5.2.2	<b><i>Potencial de Uso Educativo (PUE)</i></b> .....	75
5.2.3	<b><i>Potencial de Uso Turístico (PUT)</i></b> .....	76
5.2.4	<b><i>Risco de Degradação (Rd)</i></b> .....	78
5.2.5	<b><i>Prioridade de Proteção (PP)</i></b> .....	79
5.3	<b>Aplicação da avaliação quantitativa com a modificação proposta</b> .....	80
5.3.1	<b><i>Potencial de uso turístico modificado de acordo com a proposta</i></b> .....	80
5.3.2	<b><i>Prioridade de Proteção após modificação no Potencial de Uso Turístico (PP-modificada)</i></b> .....	82
5.3.3	<b><i>Comparativo entre as avaliações feitas com a proposta original e a modificada de Brilha (2016)</i></b> .....	83
6	<b>DISCUSSÃO</b> .....	84
6.1	<b>Proposta de roteiro turístico para o geossítio Morro do Pendurado</b> .....	86

<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>92</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A geodiversidade, compreendida como a variedade natural de elementos abióticos, conforme definido por Gray (2013), ganhou relevância científica e ambiental devido às suas conexões tanto com o patrimônio cultural quanto natural. Conforme destacado por Silva e Batista (2023), os estudos sobre geodiversidade focam na preservação de elementos abióticos (como geologia, geomorfologia, hidrografia, espeleologia, entre outros) e suas interações com aspectos bióticos, sociais e culturais, caracterizando-a como um campo interdisciplinar estratégico. O subconjunto de elementos da geodiversidade que exhibe características excepcionais é denominado Patrimônio Geológico (ou Geopatrimônio). Esses locais são chave para descobrir e entender a história geológica da Terra (Brilha, 2016, 2018) e podem ser definidos como ocorrências *in situ* ou *ex situ* com alto valor científico, podendo ainda agregar valores estéticos, educacionais e culturais, o que justifica sua importância para a sociedade (Brilha, 2016). A geoconservação, por sua vez, dedica-se à conservação e ao uso sustentável desse patrimônio. Dentro dessa linha, Brilha (2016) define geossítio especificamente como ocorrências geológicas *in situ* com considerável valor científico.

Figura 1 – Arcabouço conceitual da Geodiversidade, Geopatrimônio e Geoconservação, de acordo com Brilha (2016)



Fonte: Extraído de Brilha (2016, p. 120).

A geoconservação, segundo Piranha *et al.* (2011), surge como um mecanismo para o desenvolvimento local sustentável. Esta perspectiva é ampliada por Farsani *et al.* (2014) através do conceito de *geo-knowledge* e por Peppoloni *et al.* (2019) através dos princípios geoéticos. Dentro deste contexto, o geoturismo surge como uma prática de uso sustentável da geodiversidade, promovendo sua divulgação, interpretação e conservação.

O geoturismo é aqui entendido como uma atividade turística que utiliza os elementos geológicos e a paisagem de uma determinada área como alicerce para um turismo sustentável, gerando benefícios para a conservação, as comunidades locais e a economia (Newsome & Dowling, 2018). O turismo geológico é um dos diversos componentes do geoturismo (Arouca, 2011). Hose (2006) acrescenta que esta modalidade de turismo busca enriquecer as experiências dos visitantes em geossítios, enquanto Gordon (2018) enfatiza seu papel em conectar as pessoas com o patrimônio natural e a paisagem. Kubalíková (2019) destaca ainda seu potencial para promover tanto o patrimônio natural quanto o cultural, bem como para estimular as economias locais.

Diferentemente do turismo ambiental convencional, o geoturismo focado na geoconservação prioriza estratégias ativas como inventários, valorização e monitoramento contínuo (Henriques *et al.*, 2011). Bento *et al.* (2020) reforçam que a geodiversidade é o elemento central do geoturismo, que serve de base para atividades sustentáveis, tanto em áreas naturais quanto urbanizadas. Gordon (2018) ressalta que a gestão profissional da geodiversidade é essencial para o sucesso de tais iniciativas.

A pesquisa em geoconservação tem sido aplicada a vários geossítios, particularmente cavernas (Stephens *et al.*, 2013; Guzmán & Fernández, 2016; Tomić *et al.*, 2019). A singularidade geomorfológica e biodiversidade as tornam destinos populares e economicamente significativos (Columbu *et al.*, 2021), sendo consideradas “o elemento mais espetacular do carste” (Ballesteros *et al.*, 2019). Contribuições recentes avançaram nas estruturas metodológicas para avaliar o potencial geoturístico de cavernas e do patrimônio espeleoarqueológico, especialmente em ambientes cársticos, reforçando a natureza interdisciplinar da geoconservação e sua aplicabilidade ao planejamento turístico (Antić, Tomić & Marković, 2022; Antić *et al.*, 2022).

As paisagens cársticas estão entre os geossítios mais vulneráveis e frequentemente visitados em todo o mundo (Williams, 2008; Lobo, 2013). Cavernas, vales escarpados, cânions, exsurgências, cachoeiras e pontes naturais são exemplos notáveis de feições com forte apelo turístico (Ruban, 2018). No entanto, dada a sua fragilidade, as estratégias de geoturismo nestes ambientes devem integrar três pilares centrais: proteção, educação e sustentabilidade socioeconômica (Sánchez-Botello *et al.*, 2018).

Com o objetivo de reforçar a preservação desses ambientes por meio de estratégias de geoconservação e apoio governamental, inúmeros métodos têm sido propostos nos últimos anos, focando principalmente na valorização de cavernas (Woo & Kim, 2018; Pontes *et al.*, 2019; Maksoud *et al.*, 2021). Estes incluem estudos que atualizam publicações anteriores de vários

países (CPRM 1998, 2012; Duchene 2006; Marra 2009; Harley *et al.* 2011; Silva *et al.* 2015). Estes métodos compartilham estruturas e objetivos semelhantes, avaliando características intrínsecas das cavernas, relevância biótica e abiótica, impacto da visitação, fragilidade e estado atual de conservação, com o objetivo de orientar políticas de gestão e conservação.

### 1.1 Cavernas e o turismo geológico

Chiarini *et al.* (2022) destacam que o uso de cavernas por grupos humanos remonta a períodos pré-históricos, quando nossos ancestrais confinavam suas atividades às zonas de entrada, onde a luz natural ainda podia penetrar. Esta estratégia garantia iluminação e permitia que os gases tóxicos produzidos pelo fogo, essencial para aquecimento, preparo de alimentos e proteção, se dissipassem naturalmente para o exterior, impedindo que os ocupantes sufocassem. Os registros arqueológicos mais antigos dessa interação incluem pinturas rupestres datadas de pelo menos 64.000 anos atrás (Hoffman *et al.*, 2018; Aubert *et al.*, 2019). Esses achados demonstram que tanto os neandertais quanto os humanos modernos exploraram progressivamente áreas cada vez mais profundas desses sistemas subterrâneos para fins como rituais culturais, abrigo temporário e extração de minerais e pigmentos raros.

Um marco significativo na história das cavernas turísticas é a Postojnska Jama, na Eslovênia, que apresenta uma inscrição possivelmente datada do ano de 1213 (Kempe & Hubrich, 2011), sugerindo algumas das primeiras visitas organizadas a tais ambientes. A International Show Caves Association (ISCA) define formalmente as cavernas turísticas como cavidades naturais subterrâneas localizadas sob a superfície da Terra que foram adaptadas e abertas à visitação pública. Esses locais compartilham três características fundamentais que os distinguem das cavernas selvagens:

- A cobrança sistemática de ingressos, sendo a Caverna de Vilenica, na Eslovênia, considerada pioneira neste aspecto. Registros de pagamentos remontam ao ano de 1633 (Cigna & Forti, 2013), quando os valores coletados eram doados à igreja local (Cigna, 2019);
- A instalação de infraestrutura interna, como sistemas de iluminação, escadarias, passarelas e corrimãos. Essas adaptações são essenciais para garantir a segurança e o conforto de visitantes não habituados a ambientes subterrâneos;
- Visitas guiadas conduzidas por pessoal especializado, com o primeiro registro oficial de atividade guiada ocorrendo na Alemanha no ano de 1649 (Kempe *et al.*, 2004), quando residentes locais acompanhavam grupos de aventureiros pela Baumannshöhle. Este caso também é reconhecido como uma das primeiras

iniciativas de geoconservação documentadas (Erikstad, 2008).

As evidências sugerem que as visitas organizadas a cavernas começaram a ganhar popularidade a partir do século XIII, tornando-se mais frequentes durante os séculos XV e XVI, conforme indicado por inscrições e registros históricos encontrados em várias cavernas europeias (Hvizdák *et al.*, 2014; Shaw, 1992). No século XX, este segmento turístico passou por uma profissionalização, com a abertura sistemática de cavernas em vários países, gerando novas fontes de renda para comunidades locais, proprietários privados e associações espeleológicas.

Atualmente, as cavernas tornaram-se um dos recursos geoturísticos mais importantes e amplamente visitados em todo o mundo (Cigna & Forti, 2013). O portal especializado [www.showcaves.com](http://www.showcaves.com) cataloga aproximadamente 1.400 dessas atrações em todo o mundo, incluindo a Gruta de Ubajara localizada no Parque Nacional de Ubajara (Brasil). É importante notar, no entanto, que esta base de dados também inclui minas desativadas, cavernas temporariamente fechadas ao público e algumas entradas duplicadas, exigindo uma análise cuidadosa dos números relatados.

A literatura acadêmica sobre cavernas turísticas é extensa e geograficamente diversa, abrangendo estudos de caso no Brasil (Lobo *et al.*, 2008; Lobo & Moretti, 2009; Menin & Bacci, 2022; Veríssimo, 2005), China (Cao *et al.*, 2017), França (Biot, 2006), Croácia (Bočić *et al.*, 2006), Itália (Garofano & Govoni, 2012), Romênia (Meleg *et al.*, 2019), Sérvia (Tomić *et al.*, 2019), Eslovênia (Tičar *et al.*, 2018) e Estados Unidos (Foster, 1999). Também inclui análises comparativas entre países como Austrália e China (Crane & Fletcher, 2016).

Este interesse global crescente no turismo em cavernas transformou a atividade em uma importante fonte de renda para as comunidades no entorno desses geossítios. No entanto, como observado por Watson *et al.* (1997) e Gillieson *et al.* (2022), a massificação das visitas aumentou significativamente a pressão sobre esses ambientes cársticos vulneráveis, levantando preocupações urgentes sobre modelos de gestão que reconciliem o desenvolvimento turístico com a conservação efetiva dos ecossistemas das cavernas.

As cavernas oferecem um valor educacional e turístico excepcional devido aos seus atributos únicos, que incluem formações minerais diversificadas, uma ampla variedade de espeleotemas, fauna cavernícola e características geomorfológicas distintas. Essas características diferenciam claramente as cavernas de outros tipos de geossítios (Woo & Kim, 2018; Columbu *et al.*, 2021). Para além da sua significância natural, o patrimônio espeleológico abrange uma rica rede de valores históricos e culturais que fomentam conexões interdisciplinares em múltiplos campos do saber.

Esta diversidade de características torna as cavernas laboratórios naturais ideais para o desenvolvimento de projetos educacionais interdisciplinares (Menin *et al.*, 2022; Menin, 2024). Tais iniciativas permitem explorar conceitos geocientíficos, bem como a importância da conservação desses ambientes frágeis (Duchêne, 2006; Gillieson, 2011). Estudos de Donato *et al.* (2011, 2014) e Dos Santos (2013) enfatizam que uma compreensão integrada desses elementos é essencial para conceber estratégias de preservação eficazes que combinem conhecimento científico com conscientização ambiental.

## 2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o potencial turístico do Morro do Pendurado, aplicando o método de avaliação proposto por Brilha (2016), com contribuições das propostas de Vujičić *et al.* (2011) e Ziemann e Figueró (2017), subsidiando a futura abertura para visitação ao geossítio.

### 2.1 Objetivos específicos

- Aplicar o método de Brilha (2016) com contribuições dos métodos de Vujičić *et al.* (2011) e Ziemann e Figueró (2017) na avaliação qualitativa do Morro do Pendurado;
- Adaptar avaliação quantitativa de Brilha (2016), utilizando as contribuições dos métodos de Vujičić *et al.* (2011) e Ziemann e Figueró (2017), ao contexto espeleológico, com foco nos valores turísticos;
- Comparar os resultados obtidos, entre a proposta original de Brilha (2016) e a proposta adaptada na avaliação quantitativa, analisando vantagens e limitações de cada abordagem usando a escala de relevância e a Prioridade de Proteção do GEOSSIT (CPRM);
- Avaliar o potencial turístico real do geossítio com base no modelo que demonstrar maior adequação ao contexto local.
- Elaborar uma proposta de roteiro geoturístico que contemple o geossítio.
- Sugerir diretrizes de gestão específicas para o geossítio, baseadas nos resultados da avaliação e nas particularidades identificadas.

## 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Geossítio Morro do Pendurado é um dos vários morros calcários no interior do Parque Nacional de Ubajara. E possui duas cavernas principais: a Gruta do Pendurado e a Gruta do Urso Fóssil (Figuras 29 e 30). Esses calcários pertencem à Formação Frecherinha (Grupo

Ubajara, Domínio Médio Coreaú, Província Borborema), que, conforme descrito por Gorayeb (1988), marca o término do ciclo sedimentar sob um regime claramente transgressivo. Os afloramentos se notabilizam pelos metacarbonatos de tonalidade cinza encontrados nas proximidades das localidades de Aprazível, Araticum e Ubajara, contrastando com outras formações regionais. Litologicamente, a unidade é constituída por metacarbonatos cinza-escuros a azulados intercalados com conglomerados e margas, exibindo compactação densa, recristalização e estratificação plano-paralela.

Localizada predominantemente na vertente oriental da Chapada da Ibiapaba, a região configura-se em grande parte como uma cuesta morfoestruturalmente proeminente. Caracteriza-se por uma vertente frontal abrupta voltada para leste, que define a Depressão Sertaneja, e um reverso suavemente inclinado para oeste, marcando a transição para a Bacia Sedimentar do Parnaíba (BRASIL/ICMBio, 2023). Embora a designação morfológica "cuesta" seja apropriada para a Ibiapaba, sua aplicação pode ser refinada devido a uma peculiaridade significativa em seus contatos geológicos. Estes contatos não são estabelecidos inteiramente com relevos compostos por litologias sedimentares, como é típico em cuestas, mas sim com litologias cristalinas. Localmente, para este tipo específico de contato, o conceito geomorfológico adequado é o de *glint* (Moura Fé, 2017).

As elevações na região variam de 900 metros no topo até aproximadamente 386 metros na base, representada pela Planície Sertaneja. Esta assimetria topográfica resulta da erosão diferencial atuando sobre unidades litológicas com resistência contrastante, combinada com a reativação tectônica mesozoica e prolongados processos erosivos ao longo do Cenozoico (Moura Fé, 2017, 2019; BRASIL, 2023). O Parque Nacional de Ubajara é banhado pela Bacia do Rio Coreaú, que inclui riachos como o Serra, Macatuba e Ubajara. A região registra temperaturas médias variando de 24°C nas áreas mais elevadas a 38°C nas áreas mais baixas (BRASIL/ICMBio, 2023).

A cobertura vegetal está dividida em três ambientes morfoclimáticos:

Floresta Estacional Perenifolia (acima de 700 m, 18% da área);

Floresta Estacional Decidual (700–400 m, 72,1% da área);

Savana Estépica Arborizada (planície Sertaneja, 9,9%).

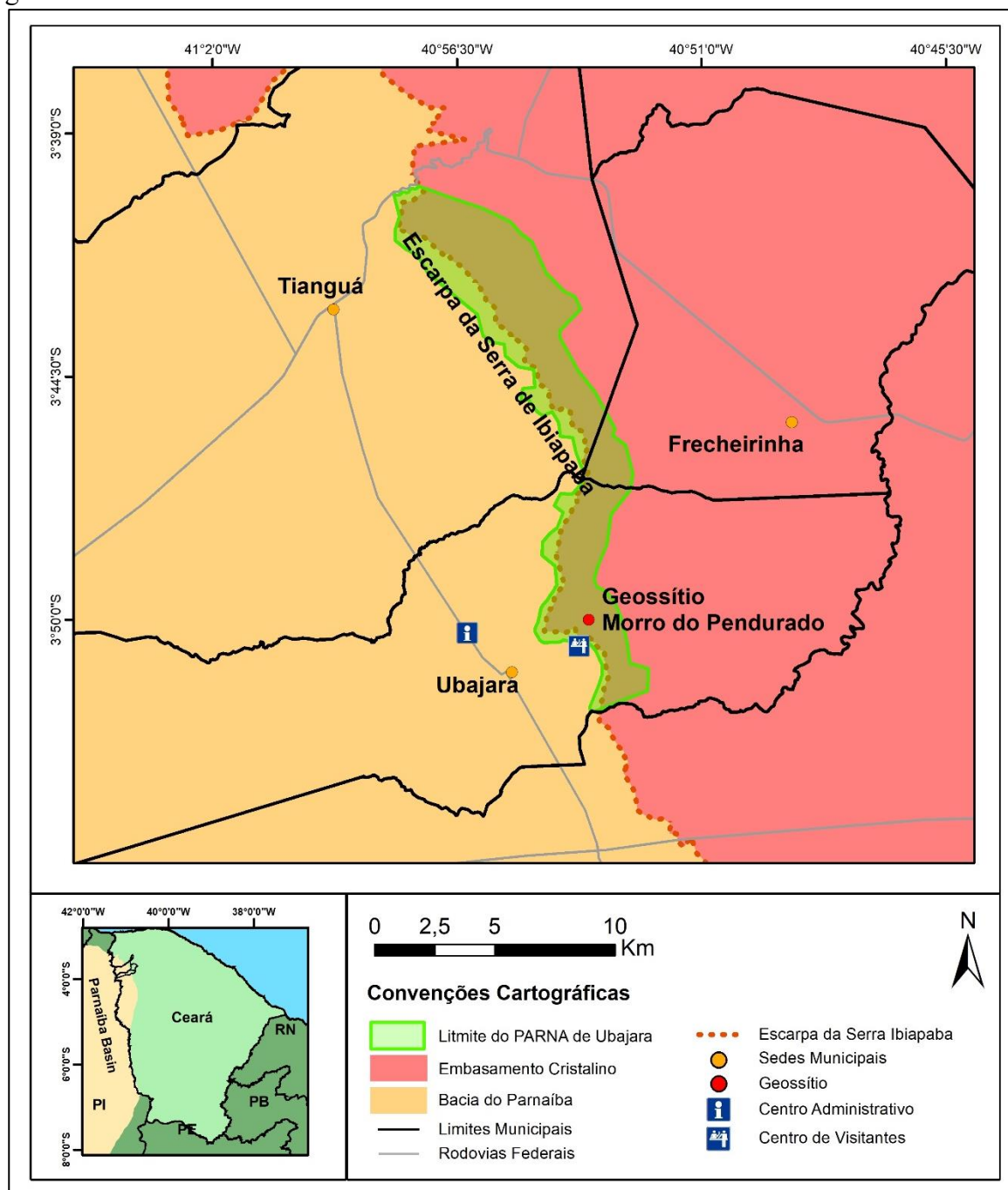
O parque abriga uma rica biodiversidade, compreendendo espécies da flora e da fauna constantes na Lista Nacional de Espécies Ameaçadas (Portaria GM/MMA nº 300, de 13 de dezembro de 2022, publicada em 14 de dezembro de 2022). Esses dados foram compilados no atual Plano de Manejo do Parque Nacional de Ubajara (BRASIL/ICMBio, 2023), que estabelece o zoneamento, as normas para o uso e manejo dos recursos naturais e a infraestrutura

física necessária. O documento destaca os Recursos e Valores Fundamentais (RVFs) do parque e foi elaborado por meio de uma oficina participativa realizada entre 29 de agosto e 2 de setembro de 2022, coordenada pela COMAN/ICMBio com a participação de 24 atores-chave, incluindo conselheiros, servidores do parque, associações, condutores, ONGs e pesquisadores. O plano também inclui previsões para a implementação de infraestrutura essencial para a gestão do parque.

### **3.1 Parque Nacional de Ubajara (PNU)**

O Parque Nacional de Ubajara (PNU), localizado no nordeste do Brasil, é uma unidade de conservação federal de proteção integral, criado em 30 de abril de 1959, pelo Decreto nº 45.954/59. Sua área delimitada abrange um total de 6.304 hectares distribuídos pelos municípios de Ubajara, Tianguá e Frecheirinha (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de localização do Parque Nacional de Ubajara, com a localização do geossítio do Morro do Pendurado



Fonte: produzido pelo autor.

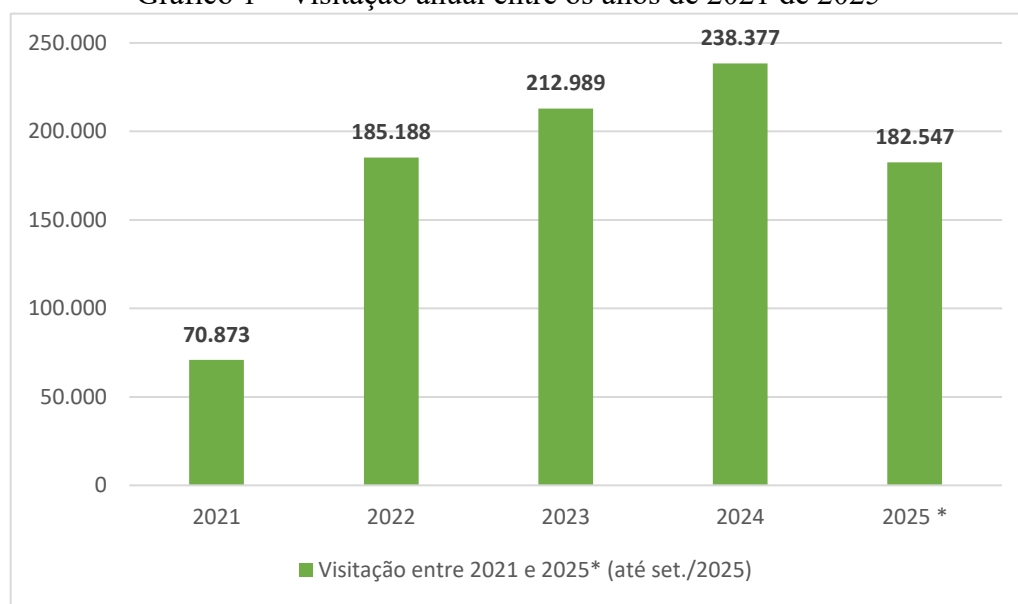
De acordo com o último Plano de Manejo (BRASIL/ICMBio, 2023), o acesso ao parque é controlado por três portarias estrategicamente distribuídas. A portaria principal, denominada Portaria Neblina, está localizada na parte alta do parque e dá acesso ao centro de visitantes. Na mesma região elevada encontra-se a Portaria Planalto, que serve como ponto de entrada para a Trilha Centenária Ubajara–Araticum e para o circuito de cachoeiras. Ela também se conecta ao terceiro acesso, a Portaria Araticum, situada na parte baixa do parque, dentro da planície

sertaneja. Uma das infraestruturas mais emblemáticas do parque é o seu sistema de teleférico, originalmente inaugurado em março de 1974.

Após passar por manutenção entre 2015 e 2022, período que coincidiu com o fim da pandemia de COVID-19, o teleférico retomou seu funcionamento, oferecendo aos visitantes não apenas um acesso conveniente à principal atração do parque, a Gruta de Ubajara, mas também uma experiência visual única. O percurso proporciona vistas panorâmicas da encosta da serra, onde os arenitos do Grupo Serra Grande em contato com a paisagem cárstica da Formação Frecheirinha. Para além de sua função turística, o teleférico cumpre um importante papel social, servindo como meio de transporte para moradores locais.

O parque conta com três trilhas principais que complementam sua oferta turística: a Trilha Samambaia, a Trilha Circuito e a já mencionada Trilha Ubajara–Araticum. O fluxo de visitantes no ano de 2024 atingiu a impressionante marca de 238.377 visitantes (Gráfico 1), podendo ultrapassar os 240 mil visitantes, se for mantida a média mensal, até o final de 2025 (dados cedidos pelo PNU). demonstrando o crescente interesse do público por esta área protegida.

Gráfico 1 – Visitação anual entre os anos de 2021 de 2025\*



Fonte: dados cedidos pelo PNU.

O Plano de Manejo do Parque Nacional de Ubajara identificou uma série de riscos à integridade da geodiversidade local, particularmente no que concerne aos seus Recursos e Valores Fundamentais (RVFs). Entre as principais preocupações está a preservação da Gruta de Ubajara, atualmente a única caverna aberta à visitação dentro do Parque Nacional. A crescente pressão turística representa um dos maiores desafios, uma vez que o aumento constante no número de visitantes pode intensificar os impactos ambientais, que vão desde o desconforto

causado a fauna pelo excesso de exposição a luz artificial, acúmulo excessivo de CO<sub>2</sub>, até casos extremos de depredação e vandalismo, como os ocorridos antes da criação do PNU. (Figura 3, 4, 5 e 6).

Outro fator crítico é o descumprimento das diretrizes de visitação estabelecidas, o que pode levar a danos irreversíveis às formações geológicas. Os sinais de vandalismo ainda encontrados no interior da Gruta de Ubajara contam uma parte da história do local, prévia à criação do parque. Simultaneamente, servem como um alerta constante de que a gestão diligente e a proteção que o parque oferece são cruciais para preservar os elementos da caverna, assegurando uma visitação adequadamente guiada.

Figura 3 – Sinais de vandalismo na entrada da Gruta de Ubajara, anteriores a criação do PNU



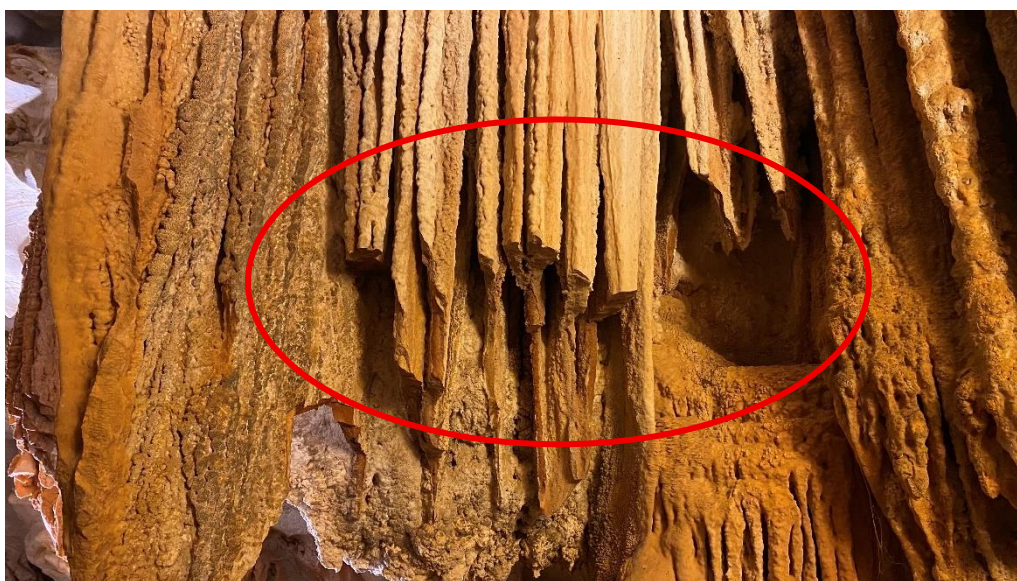
Fonte: Fotos por Franck Rodrigues, COOPTUR.

Figura 4 – Sinais de vandalismo próximo a entrada da Gruta de Ubajara, anteriores a criação do PNU



Fonte: Fotos por Franck Rodrigues, COOPTUR.

Figura 5 – Cortinas quebradas



Fonte: Fotos por Franck Rodrigues, COOPTUR. No destaque, cortinas com fraturas anteriores à criação do PNU, no Salão da Imagem.

Figura 6 – Estalagtite fraturada



Fonte: Fotos por Franck Rodrigues, COOPTUR. No destaque, estalagtite com fratura antiga, mostrando sinais de recobrimento com calcificação e formação de novas estalagtites, no Salão da Rosa.

## 4 METODOLOGIA

Diversas metodologias analíticas têm sido empregadas para avaliar e caracterizar sítios geológicos no Brasil (Garcia *et al.*, 2018; CPRM, 2020). No entanto, ao considerar a complexidade de avaliar e classificar ambientes subterrâneos para fins turísticos com as mesmas abordagens aplicadas a sítios de superfície, torna-se evidente que as cavernas tendem a ser subexploradas neste contexto. Como resultado, elas podem conter elementos que não são adequadamente abordados por análises generalizadas (Woo & Kim, 2018). De fato, alguns autores (Brilha, 2016; CPRM, 2020) apontam que as cavernas frequentemente ocupam posições marginais ou são tratadas de maneira predominantemente subjetiva dentro das metodologias mais comumente utilizadas para a avaliação do patrimônio geológico, destacando a inadequação destas para avaliar esses ambientes únicos.

### 4.1 Método de Avaliação de Brilha (2016)

Para este estudo, o método proposto por Brilha (2016) foi adotado como base principal, por ser uma das abordagens mais utilizadas no Brasil. Ela serve como base para o Sistema de Cadastro e Quantificação de Sítios Geológicos e de Geodiversidade (GEOSSIT, CPRM), desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil. Consequentemente, o Geossítio Morro do Pendurado foi avaliado com base nos 16 critérios de avaliação qualitativa e posteriormente nos

27 critérios da avaliação quantitativa de geossítios e sítios de geodiversidade propostos pelo autor. Estes critérios estão agrupados em quatro categorias: valor científico, potencial de uso educacional, potencial de uso turístico e risco de degradação.

#### 4.1.1 Avaliação qualitativa

De acordo com Brilha (2016), a caracterização qualitativa de um geossítio consiste em descrever seus elementos de geodiversidade e na explicitação de seus valores. Esta abordagem é destinada a avaliações conduzidas por pesquisadores, nas quais a geodiversidade é demonstrada e classificada de forma não numérica. Ela permite a identificação e caracterização de feições específicas, desde as mais simples até as mais complexas, dentro da área de estudo (Tabela 1).

Por se tratar de um método generalista, a avaliação foi complementada por parâmetros de outros modelos desenvolvidos especificamente para ambientes cársticos, como o de Vujičić et al. (Geosite Assessment Model - GAM, 2011), o qual dá ênfase às características estruturais e à percepção turística. Adicionalmente, incorporou-se o método proposto por Ziemann e Figueró (2017), por integrar aspectos paisagísticos e cênicos, avaliando a percepção e interpretação dos atributos visuais ao longo dos roteiros. Esses métodos são comparados nos resultados deste trabalho na Tabela 17, que apresenta os critérios das três propostas.

Tabela 1 – Critérios da avaliação qualitativa do modelo de Brilha (2016)

<i>Avaliação qualitativa de Brilha (2016)</i>	
<i>Potencial científico</i>	
<i>Critérios</i>	<i>Descrição</i>
<b>Representatividade</b>	Que se refere a adequação do geossítio de representar um processo ou característica geológica contribuindo de maneira significativa para a compreensão do tema, processo, característica ou contexto geológico.
<b>Integridade</b>	Relacionado ao estado atual de conservação do sítio, relacionando processos naturais e o impacto humano.
<b>Raridade</b>	Número de sítios na área de estudo que possuem um contexto geológico semelhante.
<b>Conhecimento científico</b>	Com base na existência de dados científicos já publicados sobre o sítio.
<i>Potencial de uso educativo</i>	
<b>Potencial didático</b>	Relacionado à capacidade de que uma característica geológica possa ser facilmente compreendida por estudantes de diferentes níveis educacionais.
<b>Diversidade geológica</b>	Número de diferentes elementos de geodiversidade presentes no mesmo local.
<b>Acessibilidade</b>	Condições de acesso ao local em termos de dificuldade e tempo gasto a pé para estudantes.
<b>Segurança</b>	Relaciona-se às condições de visitação, considerando o risco mínimo para estudantes.
<i>Potencial de uso turístico</i>	
<b>Beleza cênica</b>	Associado à beleza visual da ocorrência geológica.
<b>Potencial interpretativo</b>	Relacionado à capacidade de que uma característica geológica possa ser facilmente compreendida pelo público em geral.
<b>Acessibilidade</b>	Trata das condições de acesso ao local em termos de dificuldade e tempo de caminhada para o público em geral.

<b>Segurança</b>	relacionada às condições de visitação considerando o risco mínimo para visitantes.
<i>Risco de degradação</i>	
<b>Deterioração dos conteúdos</b>	Referindo-se à condição atual de deterioração dos elementos geológicos do sítio.
<b>Proteção legal</b>	sobre a existência de mecanismos legais de proteção. Direta, quando o sítio está em área protegida; indireta, quando o sítio está em local ou área protegida por outros tipos de arcabouço legal (leis e decretos ambientais, municipais e estaduais).
<b>Fragilidade</b>	Associado às características intrínsecas do sítio que favorecem sua degradação, tais como friabilidade da rocha, grau de fraturamento, intemperismo, etc.
<b>Vulnerabilidade</b>	refere-se aos aspectos externos que ameaçam a integridade do sítio, que podem ser tanto naturais quanto antrópicos.

Fonte: Extraído de Brilha (2016, p. 124 a 126).

#### 4.1.2 Avaliação quantitativa

Inicialmente, o geossítio foi submetido à avaliação quantitativa proposta por Brilha (2016). Nesta parte da avaliação, em cada critério são atribuídos pontos de 1 a 4 (Tabela 2). Os pontos são guiados por indicadores que mais se aplicam à realidade do geossítio, tais como:

##### 4.1.2.1 Valor científico

Tabela 2 – Critérios e indicadores para os valores científicos

<i>Valor científico (VC)</i>		
<i>Critérios/indicadores</i>		<i>Pontos</i>
<i>Representatividade</i>	O geossítio é o melhor exemplo na área de estudo para ilustrar elementos ou processos relacionados com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	4 pontos
	O geossítio é um bom exemplo na área de estudo para ilustrar elementos ou processos relacionados com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	2 pontos
	O geossítio ilustra razoavelmente elementos ou processos na área de estudo, relacionados com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	1 ponto
<i>Local-tipo</i>	O geossítio é reconhecido como GSSP ou ASSP pela IUGS, ou é um sítio de referência da IMA	4 pontos
	O geossítio é utilizado pela ciência internacional, diretamente relacionado com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	2 pontos
	O geossítio é utilizado pela ciência nacional, diretamente relacionado com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	1 ponto
<i>Conhecimento científico</i>	Existem artigos em revistas científicas internacionais sobre este geossítio, diretamente relacionados com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	4 pontos
	Existem artigos em publicações científicas nacionais sobre este geossítio, diretamente relacionados com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	2 pontos
	Existem resumos apresentados em eventos científicos internacionais sobre este geossítio, diretamente relacionados com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	1 ponto
<i>Integridade</i>	Os principais elementos geológicos (relacionados com o contexto geológico em consideração, quando aplicável) estão muito bem preservados	4 pontos
	Geossítio não tão bem preservado, mas os principais elementos geológicos (relacionados com o contexto geológico em consideração, quando aplicável) ainda estão preservados	2 pontos

	Geossítio com problemas de preservação e com os principais elementos geológicos (relacionados com o contexto geológico em consideração, quando aplicável) bastante alterados ou modificados	1 ponto
<i>Diversidade geológica</i>	Geossítio com mais de três tipos de elementos geológicos distintos com relevância científica	4 pontos
	Geossítio com três tipos de elementos geológicos distintos com relevância científica	2 pontos
	Geossítio com dois tipos de elementos geológicos distintos com relevância científica	1 ponto
<i>Raridade</i>	O geossítio é a única ocorrência deste tipo na área de estudo (representando o contexto geológico em consideração, quando aplicável)	4 pontos
	Na área de estudo, existem dois a três exemplos de geossítios semelhantes (representando o contexto geológico em consideração, quando aplicável)	2 pontos
	Na área de estudo, existem quatro a cinco exemplos de geossítios semelhantes (representando o contexto geológico em consideração, quando aplicável)	1 ponto
<i>Limitações de uso</i>	O geossítio não tem limitações (permissões legais, barreiras físicas, etc.) para amostragem ou trabalho de campo	4 pontos
	É possível coletar amostras e realizar trabalho de campo após superar as limitações	2 pontos
	A amostragem e o trabalho de campo são muito difíceis de realizar devido a limitações difíceis de superar (permissões legais, barreiras físicas, etc.)	1 ponto

Fonte: extraído de Brilha (2016, p. 127).

Para fins de cálculos no final, são atribuídos pesos em cada critério resultando em um valor que vai de 0 a 400 (VC). Para o GEOSSIT (CPRM), ferramenta criada pela SBG/CPRM utilizando esta mesma proposta aponta relevância local para valores abaixo de 100. Considera-se relevância regional para valores entre 100 e 200 e relevância nacional para valores entre 200 e 300 e internacional a partir de 300 (Tabela 3).

Tabela 3 – Pesos para o cálculo de valor científico

<i>Valor científico (VC)</i>	
<i>Crítérios</i>	<i>Peso (%)</i>
Representatividade	30
Local-tipo	20
Conhecimento científico	5
Integridade	15
Diversidade geológica	5
Raridade	15
Limitações de uso	10
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte: de extraído de Brilha (2016, p. 128).

#### 4.1.2.2 Potenciais de Uso Educacionais e Turísticos

Assim como os anteriores, para o potencial uso educativo e turístico (Tabela 4), são atribuídos valores de 1 a 4 de acordo com os indicadores:

Tabela 4 – Critérios e indicadores para os valores educacionais e turísticos

<i>Potencial de Uso Educacionais e Turísticos</i>		
<i>Critérios/indicadores</i>		<i>Pontos</i>
<i>Vulnerabilidade</i>	Os elementos geológicos do geossítio não apresentam possibilidade de deterioração por atividade antrópica	4 pontos
	Existe possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários por atividade antrópica	3 pontos
	Existe possibilidade de deterioração de elementos geológicos principais por atividade antrópica	2 pontos
	Existe possibilidade de deterioração de todos os elementos geológicos por atividade antrópica	1 ponto
<i>Acessibilidade</i>	Sítio localizado a menos de 100 m de uma estrada pavimentada e com estacionamento para ônibus	4 pontos
	Sítio localizado a menos de 500 m de uma estrada pavimentada	3 pontos
	Sítio acessível por ônibus, mas por estrada de cascalho/terra	2 pontos
	Sítio sem acesso direto por estrada, mas localizado a menos de 1 km de uma estrada acessível por ônibus	1 ponto
<i>Limitações de uso</i>	O sítio não tem limitações para uso por estudantes e turistas	4 pontos
	O sítio pode ser usado por estudantes e turistas, mas apenas ocasionalmente	3 pontos
	O sítio pode ser usado por estudantes e turistas, mas apenas após superar limitações (legais, permissões, físicas, marés, inundações, etc.)	2 pontos
	O uso por estudantes e turistas é muito difícil de ser realizado devido a limitações difíceis de superar (legais, permissões, físicas, marés, inundações, etc.)	1 ponto
<i>Segurança</i>	Sítio com instalações de segurança (cercas, escadas, corrimãos, etc.), cobertura de telefonia móvel e localizado a menos de 5 km de serviços de emergência	4 pontos
	Sítio com instalações de segurança, cobertura de telefonia móvel e localizado a menos de 25 km de serviços de emergência	3 pontos
	Sítio sem instalações de segurança, mas com cobertura de telefonia móvel e localizado a menos de 50 km de serviços de emergência	2 pontos
	Sítio sem instalações de segurança, sem cobertura de telefonia móvel e localizado a mais de 50 km de serviços de emergência	1 ponto
<i>Logística</i>	Hospedagem e restaurantes para grupos de 50 pessoas a menos de 15 km do sítio	4 pontos
	Hospedagem e restaurantes para grupos de 50 pessoas a menos de 50 km do sítio	3 pontos
	Hospedagem e restaurantes para grupos de 50 pessoas a menos de 100 km do sítio	2 pontos
	Hospedagem e restaurantes para grupos de menos de 25 pessoas a menos de 50 km do sítio	1 ponto
<i>Densidade populacional</i>	Sítio localizado em um município com mais de 1000 habitantes/km <sup>2</sup>	4 pontos
	Sítio localizado em um município com 250–1000 habitantes/km <sup>2</sup>	3 pontos
	Sítio localizado em um município com 100–250 habitantes/km <sup>2</sup>	2 pontos
	Sítio localizado em um município com menos de 100 habitantes/km <sup>2</sup>	1 ponto
<i>Associação com outros valores</i>	Ocorrência de vários valores ecológicos e culturais a menos de 5 km do sítio	4 pontos
	Ocorrência de vários valores ecológicos e culturais a menos de 10 km do sítio	3 pontos
	Ocorrência de um valor ecológico e um valor cultural a menos de 10 km do sítio	2 pontos
	Ocorrência de um valor ecológico ou cultural a menos de 10 km do sítio	1 ponto
<i>Beleza cênica/Paisagem</i>	Sítio atualmente utilizado como destino turístico em campanhas nacionais	4 pontos
	Sítio ocasionalmente utilizado como destino turístico em campanhas nacionais	3 pontos
	Sítio atualmente utilizado como destino turístico em campanhas locais	2 pontos

	Sítio ocasionalmente utilizado como destino turístico em campanhas locais	1 ponto
<i>Singularidade</i>	O sítio apresenta características únicas e incomuns considerando este e países vizinhos	4 pontos
	O sítio apresenta características únicas e incomuns no país	3 pontos
	O sítio apresenta características comuns nesta região, mas incomuns em outras regiões do país	2 pontos
	O sítio apresenta características relativamente comuns em todo o país	1 ponto
<i>Condições de observação</i>	Todos os elementos geológicos são observados em boas condições	4 pontos
	Existem alguns obstáculos que dificultam a observação de alguns elementos geológicos	3 pontos
	Existem alguns obstáculos que dificultam a observação dos principais elementos geológicos	2 pontos
	Existem alguns obstáculos que quase impedem a observação dos principais elementos geológicos	1 ponto
<i>Potencial didático</i>	O sítio apresenta elementos geológicos que são ensinados em todos os níveis de ensino	4 pontos
	O sítio apresenta elementos geológicos que são ensinados no ensino fundamental	3 pontos
	O sítio apresenta elementos geológicos que são ensinados no ensino médio	2 pontos
	O sítio apresenta elementos geológicos que são ensinados na universidade	1 ponto
<i>Diversidade geológica</i>	Mais de 3 tipos de elementos de geodiversidade ocorrem no sítio (mineralógicos, paleontológicos, geomorfológicos, etc.)	4 pontos
	Existem 3 tipos de elementos de geodiversidade no sítio	3 pontos
	Existem 2 tipos de elementos de geodiversidade no sítio	2 pontos
	Existe apenas 1 tipo de elemento de geodiversidade no sítio	1 ponto
<i>Potencial interpretativo</i>	O sítio apresenta elementos geológicos de forma muito clara e expressiva para todos os tipos de público	4 pontos
	O público precisa ter algum conhecimento geológico prévio para compreender os elementos geológicos do sítio	3 pontos
	O público precisa ter sólido conhecimento geológico para compreender os elementos geológicos do sítio	2 pontos
	O sítio apresenta elementos geológicos compreensíveis apenas para especialistas em geologia	1 ponto
<i>Nível Econômico</i>	O sítio está localizado em um município com renda familiar pelo menos o dobro da média nacional	4 pontos
	O sítio está localizado em um município com renda familiar superior à média nacional	3 pontos
	O sítio está localizado em um município com renda familiar equivalente à média nacional	2 pontos
	O sítio está localizado em um município com renda familiar inferior à média nacional	1 ponto
<i>Proximidade de Áreas Recreativas</i>	Sítio localizado a menos de 5 km de uma área recreativa ou atração turística	4 pontos
	Sítio localizado a menos de 10 km de uma área recreativa ou atração turística	3 pontos
	Sítio localizado a menos de 15 km de uma área recreativa ou atração turística	2 pontos
	Sítio localizado a menos de 20 km de uma área recreativa ou atração turística	1 ponto

Fonte: Extraído de Brilha (2016, p. 129).

Assim como na avaliação anterior, os indicadores são posteriormente calculados considerando os pesos da tabela a seguir, retornando valores de 0 a 400 distinguindo os valores

educacionais e turísticos (Tabela 5). Tendo relevância local para valores abaixo de 100, relevância regional para valores entre 100 e 200 e relevância nacional para valores entre 200 e 300 e internacional a partir de 300, de acordo com os parâmetros do GEOSSIT (CPRM).

Tabela 5 – Pesos para o cálculo dos Potenciais de Uso Educacionais e Turísticos

<i>Potencial de Uso Educacional (PUE)</i>		<i>Potencial de Uso Turístico (PUT)</i>	
<i>Crítérios</i>	<i>Peso (%)</i>	<i>Crítérios</i>	<i>Peso (%)</i>
Vulnerabilidade	10	Vulnerabilidade	10
Acessibilidade	10	Acessibilidade	10
Limitações de uso	5	Limitações de uso	5
Segurança	10	Segurança	10
Logística	5	Logística	5
Densidade populacional	5	Densidade populacional	5
Associação com outros valores	5	Associação com outros valores	5
Beleza cênica/Paisagem	5	Beleza cênica/Paisagem	15
Singularidade	5	Singularidade	10
Condições de observação	10	Condições de observação	5
Potencial didático	20	Potencial interpretativo	10
Diversidade geológica	10	Nível Econômico	5
		Proximidade de Áreas Recreativas	5
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>Total</i>	<i>100</i>

Fonte: Extraído de Brilha (2016, p. 130).

#### 4.1.2.3 Risco de degradação

Para a avaliação do risco de degradação também são atribuídas pontuações de 1 a 4 em ordem do maior para o menor risco de degradação, de acordo com os indicadores da Tabela 6.

Tabela 6 – Critérios e indicadores para risco de degradação

<i>Risco de Degradação (RD)</i>		
<i>Crítérios/indicadores</i>		<i>Pontos</i>
<i>Deterioração dos Elementos Geológicos</i>	Possibilidade de deterioração de todos os elementos geológicos	4 pontos
	Possibilidade de deterioração dos principais elementos geológicos	3 pontos
	Possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários	2 pontos
	Pequena possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários	1 ponto
<i>Proximidade de Áreas/Atividades com Potencial de Causar Degradação</i>	Sítio localizado a menos de 50 m de uma área/atividade potencialmente degradante	4 pontos
	Sítio localizado a menos de 200 m de uma área/atividade potencialmente degradante	3 pontos
	Sítio localizado a menos de 500 m de uma área/atividade potencialmente degradante	2 pontos
	Sítio localizado a menos de 1 km de uma área/atividade potencialmente degradante	1 ponto
<i>Proteção Legal</i>	Sítio localizado em área sem proteção legal e sem controle de acesso	4 pontos
	Sítio localizado em área sem proteção legal, mas com controle de acesso	3 pontos
	Sítio localizado em área com proteção legal, mas sem controle de acesso	2 pontos
	Sítio localizado em área com proteção legal e com controle de acesso	1 ponto
<i>Acessibilidade</i>	Sítio localizado a menos de 100 m de uma estrada pavimentada e com estacionamento para ônibus	4 pontos
	Sítio localizado a menos de 500 m de uma estrada pavimentada	3 pontos

	Sítio acessível por ônibus através de estrada não pavimentada	2 pontos
	Sítio sem acesso direto por estrada, mas localizado a menos de 1 km de uma estrada acessível por ônibus	1 ponto
<b>Densidade Populacional</b>	Sítio localizado em município com mais de 1000 habitantes/km <sup>2</sup>	4 pontos
	Sítio localizado em município com 250–1000 habitantes/km <sup>2</sup>	3 pontos
	Sítio localizado em município com 100–250 habitantes/km <sup>2</sup>	2 pontos
	Sítio localizado em município com menos de 100 habitantes/km <sup>2</sup>	1 ponto

Fonte: Extraído de Brilha (2016, p. 135).

O risco é calculado com os pesos da Tabela 7, retornando um valor de 0 a 400. Brilha (2016) atribui que até 200 há um baixo risco de degradação. Entre 200 e 300 um risco moderado. Para valores acima de 300, há um alto risco de degradação.

Tabela 7 – Pesos para o cálculo do risco de degradação

<b>Risco de degradação (RD)</b>	
<b>Crítérios</b>	<b>Peso (%)</b>
Deterioração dos Elementos Geológicos	35
Proximidade de Áreas/Atividades com Potencial de Causar Degradação	20
Proteção Legal	20
Acessibilidade	15
Densidade Populacional	10
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte: extraído de Brilha (2016, p 135).

Para a ferramenta GEOSSIT (CPRM), o valor geral (VG) definido pela média dos pontos calculados a partir dos valores científicos (VC), potenciais de uso educacionais (PUE) e turísticos (PUT), somados ao valor do risco de degradação (RD), indicam a prioridade de proteção (PP)(Tabela 8).

Através das formulas:

(i)  $VG = (VC + PUE + PUT)/3$

(ii)  $PP = VG + RD$

Tabela 8 – Valores propostos pela ferramenta GEOSSIT

<b>Soma</b>	<b>Prioridade de proteção (PP)</b>
<b>0 &lt;= Soma &lt;= 300</b>	A longo prazo
<b>300 &lt; Soma &lt;= 550</b>	A médio prazo
<b>550 &lt; Soma &lt;= 750</b>	A curto prazo
<b>750 &lt; Soma &lt;= 800</b>	Urgente

Fonte: GEOSSIT (CPRM). Indicadores de prioridade de proteção, considerando o cálculo da avaliação quantitativa de Brilha (2016).

#### 4.2 Método de avaliação de Vujičić *et al.* (2011)

O Geosite Assessment Model (GAM), ou Método de Avaliação de Geossítios, em

português, foi proposto por Vujičić *et al.* (2011) após uma extensa revisão de publicações sobre valoração de geossítios. A estrutura do GAM adapta modelos existentes que classificam os indicadores em dois grupos, científicos e complementares, e introduz os conceitos de valores principais e adicionais.

O primeiro grupo, composto por valores principais (Tabela 9). Os critérios que podem ser associados à beleza cênica de Brilha (2016), estão aqui destacados em negrito e foram utilizados na avaliação do geossítio:

Tabela 9 – Valores primários do Método de Vujičić *et al.* (2011)

<i>Método de Vujičić et al. (2011)</i>	
<b>Valores Principais</b>	
<i>Valor científico/educativo</i>	
<i>Critérios</i>	<b><i>Descrição</i></b>
<i>Raridade</i>	Número de sítios na área de estudo que possuem um contexto geológico semelhante.
<i>Nível de Conhecimento científico</i>	Relacionado ao estado atual de conservação do sítio, relacionando processos naturais e o impacto humano.
<i>Representatividade</i>	Que se refere a adequação do geossítio de representar um processo ou característica geológica contribuindo de maneira significativa para a compreensão do tema, processo, característica ou contexto geológico.
<i>Nível de Interpretação</i>	Relacionado à capacidade de que uma característica geológica possa ser facilmente compreendida pelo público em geral.
<i>Valor paisagístico/estético</i>	
<i>Mirantes</i>	<b>Referindo-se à quantidade de mirantes acessíveis a pé que apresentem um ponto de vista particular, situados a menos de 1km do geossítio</b>
<i>Superfície</i>	<b>Descritivo de toda a porção superficial do geossítio. Relativo ao tamanho do geossítio se comparado com outros geossítios</b>
<i>Paisagem do entorno</i>	<b>Qualidade da vista panorâmica, presença de água e vegetação, proximidade de áreas urbanas</b>
<i>Harmonização com a paisagem</i>	<b>Nível de contraste visual do geossítio com o seu entorno, relacionando cores, formas, etc.</b>
<i>Valor de proteção</i>	
<i>Condição atual</i>	Atual estado de preservação do geossítio
<i>Proteção legal</i>	Atual estado de gestão e proteção legal do geossítio
<i>Fragilidade</i>	Nível de vulnerabilidade do geossítio
<i>Número de visitantes adequado</i>	Quantidade de visitantes proposta para o geossítio ao mesmo tempo, considerando tamanho e estado atual de conservação.

Fonte: Extraído de Vujičić *et al.* (2011, p. 368) com destaque em negrito para os critérios utilizados neste trabalho.

Diferente de outros autores, Vujičić *et al.* (2011) classificam as características estéticas e paisagísticas como valores primários, argumentando que estas são relativamente estáveis ao longo do tempo e geralmente não são afetadas por mudanças antrópicas significativas. Eles incluem também o valor de proteção, enfatizando que o status de proteção atual de um geossítio é de importância crítica e deve ser assegurado antes de sua promoção e potencial abertura ao público.

O segundo grupo de indicadores do GAM, referente aos valores adicionais (Tabela 10).

Os critérios que podem ser associados ao critério de Potencial Interpretativo e Acessibilidade de Brilha (2016), estão aqui destacados em negrito e foram utilizados na avaliação do geossítio:

Tabela 10 – Valores secundários do Método de Vujičić *et al.* (2011)

<i>Método de Vujičić et al. (2011)</i>	
<i>Valores complementares</i>	
<i>Funcional</i>	
Acessibilidade	Meios para se chegar ao geossítio
Valores naturais adicionais	Número de atrativos naturais próximos ao geossítio
Valores antrópicos adicionais	Número de atrativos de valor antrópico próximos ao geossítio
Proximidade com centros urbanos	Distância de centros urbanos, indústrias e outras atividades poluidoras
Proximidade com rodovias	Distância até as rodovias de grande porte
<b>Valores funcionais</b>	<b>Proximidade com estacionamentos, oficinas mecânicas, postos de gasolina, etc.</b>
<i>Turístico</i>	
Campanhas promocionais	Atual estado de preservação do geossítio
Visitas organizadas	Atual estado de gestão e proteção legal do geossítio
<b>Proximidade com o centro de visitantes</b>	<b>Nível de vulnerabilidade do geossítio</b>
<b>Painéis interpretativos</b>	<b>Quantidade de visitantes proposta para o geossítio ao mesmo tempo, considerando tamanho e estado atual de conservação.</b>
Número de visitantes	Número anual de visitantes
<b>Infraestrutura turística</b>	<b>Nível de estrutura turística, passarelas, locais de descanso, lixeiras, banheiros, bebedouros etc.</b>
<b>Serviço de guias</b>	<b>nível de treinamento e qualificação dos guias;</b>
<b>Proximidade com hotéis</b>	<b>Serviço de hotéis, hóspedes e pousadas próximos ao geossítio</b>
<b>Proximidade com restaurantes</b>	<b>Serviço de restaurantes próximos ao geossítio</b>

Fonte: Extraído de Vujičić et al. (2011, p. 368) com destaque em negrito para os critérios utilizados neste trabalho.

Os critérios Funcionais avaliam a acessibilidade e a proximidade a centros urbanos. Os critérios Turísticos avaliam as estatísticas de visitação e a infraestrutura turística direta e indireta associada ao geossítio.

A estrutura do GAM demonstra um foco claro na avaliação da experiência do visitante. Ela alinha a relevância científica com a qualidade da recepção no local. O resultado desta avaliação destaca a significância geral do geossítio e sua capacidade de acomodar visitantes. O modelo foi originalmente aplicado a uma variedade de geossítios, incluindo pelo menos uma caverna conhecida como Grgurevačka Pećina, uma caverna calcária localizada no centro da Sérvia, bem como três sítios paleontológicos. Inicialmente publicado como uma proposta, o GAM posteriormente recebeu contribuições de outros pesquisadores, incluindo estudos sobre cavernas na Sérvia, Tomić e Božić (2014) e Tomić (2019).

#### 4.3 Método de avaliação de Ziemann e Figueró (2017)

O método adaptado e adotado por Ziemann e Figueró (2017) foi aplicada no Geoparque Quarta Colônia, localizado no Rio Grande do Sul, que à época ainda não possuía

reconhecimento oficial pela UNESCO. A avaliação qualitativa considerou critérios previamente estabelecidos, organizados em categorias de importância (científica, educacional, cultural e geoturística), potencial de uso (acessibilidade, visibilidade e vulnerabilidade) e valor adicional (recreativo, religioso, ecológico e arqueológico ou paleontológico)

Para a avaliação quantitativa, os autores incorporaram contribuições de diversos estudos, incluindo os de Brilha (2005), García-Cortés e Urqui (2009), Pereira (2010) e Brilha (2016). Utilizaram o artigo de García-Ortiz, Fuertes-Gutiérrez e Fernández-Martínez (2014) como base para definir os conceitos de sensibilidade, fragilidade e vulnerabilidade, sejam de origem natural ou antrópica. Adicionalmente, incorporaram a sugestão de Bernáldez (1985) para justificar a preservação do entorno natural com base em valores estéticos, emocionais e sentimentais. Esta adição introduziu a noção de pertencimento, elevando a dimensão humana e cultural como uma justificativa central para a preservação. Tanto qualitativa quanto quantitativamente, os valores religiosos e culturais foram enfatizados em sua avaliação, destacando o papel da comunidade local.

Dos critérios desta metodologia (Tabela 11), foram extraídos os critérios para contribuições na avaliação de Brilha (2016), destacados aqui em negrito.

Tabela 11 – Potenciais Geoturísticos do método de avaliação de Ziemann e Figueró (2017)

<i>Critérios</i>	<i>Descrição</i>
<i>Valor Geocientífico</i>	
Local-Tipo	Indicativo do geossítio ser considerado como referência na sua categoria para a área de estudo
Raridade	Importância do local em termos de ocorrência na área de estudo
Grau de Conhecimento Científico	Expressa a quantidade de informações científicas publicadas em relação ao geossítio
Integridade	Refere-se ao nível de integridade (conservação) de todos elementos geopatrimoniais presentes no geossítio
Relevância Didática	Indicativo do potencial do geossítio ilustrar elementos ou processos da geodiversidade e possibilidade do uso para o ensino de alunos da Educação Básica ou aulas práticas universitárias
Associação de Elementos	Associação de outros valores da biodiversidade ao geossítio (visualizados no local ou a partir do local)
Acessibilidade	Indicativo das condições de acesso ao local
<i>Valor Estético</i>	
Complexibilidade	<b>descreve a diversidade de formas, contextos, contrastes como topografia, interação com água, diferenças litológicas, etc.;</b>
Legibilidade	<b>avalia a percepção das formas e elementos do geossítio. Corresponde à organização das formas percebidas na paisagem, as partes que puderem ser reconhecidas (legíveis) e organizadas apresentam maior grau de valor para a mente humana</b>
Coors	<b>sobre a interpretação das cores e sua diversidade. Valores e preferências correspondem à interpretação que se dá às cores em cada cena. A homogeneidade de cores diminui o caráter de satisfação visual da paisagem do ponto de vista interpretativo enquanto que a maior diversidade de cores aumenta esse caráter (visualmente)</b>
<i>Valor Cultural</i>	

<b>Valor De Memória</b>	<b>Correspondente à ligação do geossítio com a história local, por exemplo, nomeia o local, possui algum mito ou lenda ou serve de referência para a localização</b>
Valor Espiritual	Referindo-se à religiosidade envolvida com o geossítio
<b>Valor De Uso</b>	
Acessibilidade	Indicativo das condições de acesso ao local
Potencial Interpretativo	Relacionado com a capacidade dos elementos presentes no geossítio serem compreendidos por pessoas sem conhecimento geológico
<b>Valor Adicional</b>	<b>Refere-se a utilização do local para atividades recreativas como esportes de aventura</b>
Serviços De Interpretação	Corresponde a presença de centros interpretativos ou locais que disponibilizam informações acerca do geopatrimônio nas proximidades do geossítios
<b>Serviços Básicos</b>	<b>Relacionado à presença de locais que realizam a venda de suprimentos básicos como água e alimentos nas proximidades do geossítio</b>
Infraestrutura	Indicativo da presença de infraestrutura que facilite ou sirva de apoio para a utilização do local (equipamentos primários como escadas, trapiches para mirantes, grades de proteção)
Logística	Indicativo da presença de locais para hospedagem, alimentação e serviços de saúde com capacidade global nas proximidades do geossítio
<b>Risco Associado</b>	
Vulnerabilidade Natural	Refere-se à vulnerabilidade do geossítio face à ocorrência de processos naturais atuantes no local, que podem afetá-lo
Fragilidade	Potencial de destruição do geossítio dentro da escala humana de tempo, ligado às suas características estruturais intrínsecas.
Regime de Propriedade	Refere-se à proteção legal que o geossítio pode estar submetido e às condições de acesso (em relação ao controle de visitas)
Vulnerabilidade Antrópica	Risco de degradação causado pelas atividades humanas que afetam diretamente o geossítio
Uso Atual	Indica as condições atuais de utilização do geossítio, em relação à visitação
Proximidade de Áreas/Atividades com Potencial para Causar Degradação	Indicativo da proximidade do geossítio com alguma área que possa causar degradação
<b>Estado de Conservação</b>	
Situação Atual	Relacionado ao atual estado de conservação do geossítio e à existência ou inexistência de gestão

Fonte: Extraído de Ziemann e Figueró (2017, p. 141-143) com destaque em negrito para os critérios utilizados neste trabalho.

#### 4.4 Proposta de método para avaliação quantitativa

Este estudo propõe a adaptação do método de avaliação quantitativa de Brilha (2016) por meio da incorporação de critérios dos métodos de Vujičić *et al.* (2011) e Ziemann e Figueró (2017). O objetivo desta adaptação é aumentar a sensibilidade do modelo na avaliação de geossítios em ambientes de caverna, particularmente na avaliação do seu Potencial Turístico.

A proposta foi guiada pelos seguintes princípios:

- Garantir que as especificidades dos ambientes de caverna impactem significativamente na pontuação final;
- Assegurar que a pontuação reflita em medidas de gestão turística condizentes com a realidade dos geossítios cavernícolas, mesmo quando a pontuação final

seja semelhante à de outros tipos de geossítios;

- Considerar as características intrínsecas do geossítio, independentemente de sua notoriedade, equilibrando sítios consolidados com aqueles em processo de abertura ao público;
- Fomentar a discussão sobre a necessidade de customizar modelos de avaliação para diferentes contextos geomorfológicos.

#### *4.4.1 Modificações Estruturais no método de Brilha (2016)*

As alterações focaram-se nos critérios relacionados à avaliação do Potencial Turístico e consistem em:

- **Acessibilidade:** Os indicadores originais foram substituídos por 4 subcritérios (Tabela 12), permitindo uma análise mais granular dos fatores de acesso a cavernas.
- **Beleza Cênica/Paisagem:** Os indicadores originais foram substituídos por 4 subcritérios (Tabela 13), desenhados para capturar melhor os atributos estéticos peculiares a esses ambientes.
- **Potencial Interpretativo e Serviços Interpretativos:** O critério "Potencial Interpretativo" de Brilha (2016) foi mantido em seus indicadores, mas seu peso no cálculo final foi reduzido de 10% para 5%. Para compensar essa redução e acrescentar uma dimensão prática, foi criado um novo critério, "Serviços Interpretativos", composto por 4 subcritérios (Tabela 14) com peso de 5%. Dessa forma, a parcela total dedicada à interpretação no modelo permanece em 10%.

#### *4.4.2 Sistema de Pontuação*

A avaliação em cada subcritério é realizada por meio de uma escala de 0 a 1, que admite valores decimais. A soma dos valores dos subcritérios de um determinado critério resulta na pontuação final daquele critério, que é então normalizada para a escala de 0 a 4, conforme a proposta original de Brilha (2016), mantendo a compatibilidade com a estrutura do modelo base.

##### *4.4.2.1 Proposta para o critério Acessibilidade*

Propõe-se a substituição dos indicadores originais de Acessibilidade pelos subcritérios apresentados na Tabela 12, mantendo-se o peso original do critério no cálculo final. A seleção desses subcritérios fundamenta-se no fato de que eles avaliam, de forma mais granular, os

elementos logísticos que diretamente viabilizam ou dificultam a visita do turista. Dentre esses elementos, incluem-se: a proximidade do geossítio a um centro de visitantes (para apoio logístico); a existência de infraestrutura turística nas proximidades; a disponibilidade para venda de suprimentos; e as condições de hospedagem e alimentação, neste caso, fora dos limites do parque.

A pontuação de cada subcritério de acessibilidade é definida com base na Tabela 12, que lista, para cada um dos quatro subcritérios, os indicadores e suas respectivas pontuações. A nota é atribuída ao se enquadrar a condição do geossítio no indicador mais apropriado.

Tabela 12 – Indicadores propostos para cada subcritério de acessibilidade

<i>Critério</i>	<i>Indicadores</i>		<i>Pontuação</i>
<i>Acessibilidade (Brilha, 2016)</i>	Sítio localizado a menos de 100 m de uma estrada pavimentada e com estacionamento para ônibus		4
	Sítio localizado a menos de 500 m de uma estrada pavimentada		3
	Sítio acessível por ônibus, mas por estrada de cascalho/terra		2
	Sítio sem acesso direto por estrada, mas localizado a menos de 1 km de uma estrada acessível por ônibus		1
<i>Critério</i>	<i>Novos subcritérios</i>	<i>Pontuação individual</i>	<i>Somatorio da pontuação</i>
<i>Acessibilidade (modificada)</i>	Proximidade com centro de visitantes	0 a 1	Pontuação final: somatória dos subcritérios de 0 a 4
	Infraestrutura turística	0 a 1	
	Serviços básicos	0 a 1	
	Valores funcionais associados	0 a 1	
<i>Novos Subcritério</i>		<i>Indicador</i>	<i>Pontuação</i>
<i>Proximidade com centro de visitantes (0 quando não houver ou não se aplicar)</i>		Menos de 1Km	1
		Entre 5 a 1Km	0,75
		Entre 20 a 5Km	0,5
		Maior que 20Km	0,25
<i>Nível de estrutura turística (0 para nenhuma)</i>		Máxima (Trilhas, passarelas, locais de descanso, banheiros, lixeiras, fontes de água limpa)	1
		Alta (Trilhas, passarelas, locais de descanso, banheiros)	0,75
		Media (Trilhas, passarelas, locais de descanso)	0,5
		Baixa (Trilhas, passarelas)	0,25
<i>Serviços básicos</i>		Venda de suprimentos a menos de 500m (água/lanche/etc.)	1
		Venda de suprimentos a menos de 2Km (água/lanche/etc.)	0,75
		Venda de suprimentos a menos de 5Km (água/lanche/etc.)	0,5
		Venda de suprimentos a mais de 5Km (água/lanche/etc.)	0,25
<i>Valores funcionais adicionais (0 para nenhum)</i>		Máxima (proximidade com terminal rodoviário, estacionamentos, postos de combustíveis, mercados, oficinas mecânicas)	1
		Alta (proximidade com terminal rodoviário, estacionamentos, postos de combustíveis, mercados)	0,75
		Média (proximidade com terminal rodoviário, estacionamentos, mercados)	0,5
		Baixa (proximidade com estacionamentos)	0,25

Fonte: produzido pelo autor, adaptado de Brilha (2016).

#### 4.4.2.2 Proposta para o critério Beleza cênica/Paisagem

Propõe-se a substituição dos indicadores originais de Beleza Cênica/Paisagem pelos subcritérios apresentados na Tabela 13, mantendo-se o peso do critério no cálculo final. A seleção desses novos subcritérios deve-se à sua capacidade de avaliar de forma mais direta os atributos físicos e paisagísticos que constituem o apelo visual intrínseco do geossítio e de seu entorno, os quais funcionam como um atrativo primário para o visitante. Dessa forma, a proposta substitui os indicadores originais que questionavam a presença do geossítio em campanhas publicitárias, por uma avaliação centrada nas qualidades estéticas *in situ*.

A pontuação de cada subcritério de Beleza Cênica/Paisagem é definida com base na Tabela 13, que detalha, para cada um dos quatro subcritérios, os indicadores e suas respectivas pontuações. A nota é atribuída ao se enquadrar a característica observada no geossítio no indicador mais apropriado.

Tabela 13 – Indicadores propostos para cada subcritério de Beleza cênica/Paisagem

<i>Critério</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Pontuação</i>	
<i>Beleza cênica/Paisagem (Brilha, 2016)</i>	Sítio atualmente utilizado como destino turístico em campanhas nacionais	4	
	Sítio ocasionalmente utilizado como destino turístico em campanhas nacionais	3	
	Sítio atualmente utilizado como destino turístico em campanhas locais	2	
	Sítio ocasionalmente utilizado como destino turístico em campanhas locais	1	
<i>Critério</i>	<i>Novos subcritérios</i>	<i>Pontuação individual</i>	<i>Somatorio da pontuação</i>
<i>Beleza cênica/Paisagem (modificada)</i>	Mirantes e paisagem do entorno	0 a 1	Pontuação final: somatória dos subcritérios de 0 a 4
	Cores e contraste visual	0 a 1	
	Complexibilidade e legibilidade	0 a 1	
	Superfície	0 a 1	
<i>Novos Subcritério</i>		<i>Indicador</i>	<i>Pontuação individual</i>
<i>Mirantes e paisagem do entorno</i>		Três ou mais mirantes ou visibilidade espetacular do geossítio	1
		Dois a três mirantes ou visibilidade boa do geossítio	0,75
		Um a dois mirantes ou visibilidade média do geossítio	0,5
		Um mirante ou visibilidade ruim	0,25
<i>Cores e Harmonização com a paisagem</i>		Geossítio ou paisagem com alto grau de heterogeneidade cromática e que se destaca regionalmente	1
		Geossítio ou paisagem com leve grau de heterogeneidade cromática e que se destaca localmente com o ambiente que o cerca	0,75
		Geossítio ou paisagem com médio grau de homogeneidade cromática e que pouco se destaca no ambiente que o cerca	0,5

	Geossítio ou paisagem com alto grau de homogeneidade cromática e que se confunde com o ambiente que o cerca	0,25
<i>Complexibilidade e Legibilidade</i>	Geossítio com elementos extremamente heterogêneos e de fácil distinção de características	1
	Geossítio com elementos levemente heterogêneos e com leve distinção de características	0,75
	Geossítio com elementos pouco homogêneos e de moderada distinção de características	0,5
	Geossítio com elementos extremamente homogêneos e de difícil distinção de características	0,25
<i>Superfície</i>	Regional (maior que 1000m de comprimento linear)	1
	Grande (entre 100m e 1000m de comprimento linear)	0,75
	Médio (entre 10m e 100m de comprimento linear)	0,5
	Pequeno (até 10m de comprimento linear)	0,25

Fonte: produzido pelo autor, adaptado de Brilha (2016).

#### 4.4.2.3 Proposta para o critério Serviço interpretativo

Propõe-se a criação do critério Serviço Interpretativo, complementando o critério Potencial Interpretativo, dividindo o peso de 10% entre ambos critérios.

- **Potencial Interpretativo** (mantido): Mantém seu foco na qualidade intrínseca da informação, questionando a clareza, representatividade e expressividade com que os elementos geológicos estão apresentados para todos os públicos. Seu peso no cálculo final foi reduzido para 5% (Tabela 14).
- **Serviços Interpretativos** (novo critério): Foca na infraestrutura e no contexto prático que garantem a efetiva transmissão do conhecimento. Este novo critério, detalhado na Tabela 14 com seus 4 subcritérios, também possui um peso de 5%.

A criação do critério "Serviços Interpretativos" visa complementar a avaliação, indo além da qualidade da informação e investigando os mecanismos para sua divulgação. Seus subcritérios questionam: a existência de apoio físico ou humano (como guias ou centros de visitação); a ligação do geossítio com a comunidade local; e seu uso para outras atividades (e.g., turismo de aventura), que podem influenciar na forma como o conhecimento é transmitido.

Dessa forma, essa modificação tem como objetivo avaliar de maneira mais abrangente a eficiência do geossítio em transmitir o conhecimento geológico que abriga, considerando tanto o conteúdo quanto a estrutura de mediação. Com o intuito de complementar essa avaliação, focando nos mecanismos práticos de transmissão do conhecimento, propõe-se o novo critério "Serviços Interpretativos" Tabela 14.

Tabela 14 – Indicadores do Potencial Interpretativo, conforme proposto por Brilha (2016) e o novo critério de Serviços Interpretativos com seus subcritérios e indicadores

Critério	Indicadores		Pontuação
Potencial Interpretativo	O sítio apresenta elementos geológicos de forma muito clara e expressiva para todos os tipos de público		4 pontos
	O público precisa ter algum conhecimento geológico prévio para compreender os elementos geológicos do sítio		3 pontos
	O público precisa ter sólido conhecimento geológico para compreender os elementos geológicos do sítio		2 pontos
	O sítio apresenta elementos geológicos compreensíveis apenas para especialistas em geologia		1 ponto
Critério	Subcritério	Pontuação individual	Somatorio da pontuação
Serviço Interpretativo (novo critério)	Painéis interpretativos	0 a 1	Pontuação final: somatória dos subcritérios de 0 a 4
	Serviço de guias	0 a 1	
	Valor de memória	0 a 1	
	Valor adicional associado	0 a 1	
Novos Subcritério		Indicador	Pontuação
Painéis interpretativos		Presença de painéis, banners ou material individual (folders, flyers, etc.) informativos sobre o geossítio	1
		Presença de painéis ou banners informativos sobre o geossítio	0,75
		Presença de Banners ou material individual (folders flyers, etc.) sobre o geossítio	0,5
		Presença de banners informativos sobre o geossítio	0,25
Serviço de guias		Disponibilidade de guias certificados, bilingues, com conhecimento interpretativo e da geologia local	1
		Disponibilidade de guias certificados com conhecimento interpretativo e da geologia local	0,75
		Disponibilidade de guias certificados com conhecimento interpretativo	0,5
		Disponibilidade de guias com conhecimento interpretativo	0,25
Valor de memória		O geossítio apresenta ligação direta com a história local, sendo utilizado para nomear e como referência para a região e possui algum mito/lenda associado	1
		O geossítio apresenta ligação direta com a história local, sendo utilizado para nomear, ou como referência importante para a região, ou possui algum mito/lenda associado	0,75
		O geossítio apresenta uma relação sutil com a história local, servindo apenas como referência para a região	0,5
		Sem ligação com a historia local	0,25
Valor adicional associado		O geossítio já é utilizado para práticas recreativas	1
		O geossítio necessita de recuperação na infraestrutura para voltar a ser utilizado para fins recreativos	0,75
		O geossítio pode vir a ser utilizado para atividades recreativas caso ocorram intervenções na área	0,5
		O geossítio não apresenta possibilidade de utilização para fins recreativos	0,25

Fonte: produzida pelo autor, adaptado de Brilha (2016).

A pontuação de cada subcritério de Serviços interpretativos é definida com base na Tabela 14, que detalha, para cada um dos quatro subcritérios, os indicadores e suas respectivas pontuações. A nota é atribuída ao se enquadrar a característica observada no geossítio no indicador mais apropriado.

A incorporação dos subcritérios aos parâmetros da proposta de Brilha (2016) implicou na reestruturação da tabela de cálculo do potencial de uso turístico, conforme demonstrado de forma comparativa nas Tabelas 15 e 16. Embora promova modificações nos valores turísticos, a inserção foi conduzida de modo a preservar a estrutura geral do método. Dessa forma, foi possível integrá-los aos cálculos finais em conjunto com os demais valores, sem comprometer a consistência metodológica.

Tabela 15 – Cálculo do Potencial de uso turísticos pelo método de Brilha (2016)

<i>Potencial de uso turístico (PUT)</i>	
<i>Critérios</i>	<i>Peso (%)</i>
<i>Vulnerabilidade</i>	10
<i>Acessibilidade</i>	10
<i>Limitações de uso</i>	5
<i>Segurança</i>	10
<i>Logística</i>	5
<i>Densidade populacional</i>	5
<i>Associação com outros valores</i>	5
<i>Beleza cênica/Paisagem</i>	15
<i>Singularidade</i>	10
<i>Condições de observação</i>	5
<i>Potencial interpretativo</i>	10
<i>Nível Econômico</i>	5
<i>Proximidade de Áreas Recreativas</i>	5
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte: Extraído de Brilha (2016, p. 129).

A tabela modificada com a proposta para o Potencial de uso turístico ficará:

Tabela 16 - Proposta para avaliar Potencial de uso turístico

<i>Potencial de uso turístico (PUT-modificado)</i>			
<i>Critérios</i>		<i>Pontuação</i>	<i>Peso (%)</i>
<i>Vulnerabilidade</i>			10
<i>Acessibilidade</i>	Proximidade com centro de visitantes		10
	Infraestrutura turística		
	Serviços básicos		
	Valores funcionais associados		
<i>Limitações de uso</i>			5
<i>Segurança</i>			10
<i>Logística</i>			5
<i>Densidade populacional</i>			5
<i>Associação com outros valores</i>			5
<i>Beleza cênica/Paisagem</i>	Mirantes e paisagem do entorno		15
	Cores e harmonização com a paisagem		
	Complexibilidade e legibilidade		
	Superfície		
<i>Singularidade</i>			10
<i>Condições de observação</i>			5
<i>Potencial interpretativo</i>			5
<i>Serviços interpretativos</i>	Painéis interpretativos		5

	Serviço de guias			
	Valor de memória			
	Valor adicional associado			
<i>Nível Econômico</i>			5	
<i>Proximidade de Áreas Recreativas</i>			5	
<i>Total</i>			100	

Fonte: produzido pelo autor, adaptado de Brilha (2016).

## 5 RESULTADOS

O Geossítio Morro do Pendurado representa uma feição geomorfológica distintiva, classificada como uma torre cárstica isolada, como descrita por Ford e Williams (2007), com alinhamento estrutural NE-SW. Está localizado no setor inferior do Parque Nacional de Ubajara, Estado do Ceará, Brasil. Esta forma de relevo eleva-se de forma proeminente acima da planície sertaneja circundante, exibindo um relevo relativo local superior a 70 metros, o que contribui para seu destaque visual e geológico. Apresenta escarpas subverticais e lapiás métricos que se destacam na porção superior do exocarste, juntamente com um conjunto de cavernas desenvolvidas nos metacarbonatos cinza da idade Pré-Cambriana pertencentes à Formação Frecheirinha (Grupo Ubajara). As duas maiores cavernas, conhecidas como Gruta do Pendurado e Gruta do Urso Fóssil, são adornadas por diversos espeleotemas e preservam um acervo paleontológico datado do Pleistoceno.

O geossítio foi descrito com base em critérios que avaliam seus valores científicos, educacionais e turísticos, bem como os riscos de degradação associados ao uso público. A avaliação seguiu o conjunto de subcritérios da estrutura de Brilha (2016), juntamente com os de outras propostas, considerando sua compatibilidade com a abordagem de Brilha. À Beleza cênica, item 5.1.3.1, foram agrupados os subcritérios: mirantes, paisagem do entorno, cores e contraste visual, legibilidade e complexidade, superfície. Da mesma forma, ao Potencial interpretativo, item 5.1.3.2, foram acrescentados os subcritérios: painéis interpretativos, valor de memória, serviço de guias e valor adicional associado. Na sequência, ao item 5.1.3.3, Acessibilidade foram agrupados os subcritérios: proximidade com o centro de visitantes, valores funcionais adicionais (proximidade com rodovias, postos de gasolina e oficinas mecânicas), nível de infraestrutura turística, serviços básicos, proximidade com restaurantes e hotéis.

Tabela 17 – Apresentação dos critérios qualitativos do modelo de avaliação de Brilha (2016) comparados com critérios similares das propostas de Vujičić *et al.* (2011) (GAM) e Ziemann e Figueró (2017)

Comparação dos modelos			
Modelo de Brilha (2016)	Geosite Assessment Model (GAM)	Ziemann E Figueró (2017)	
Potencial científico	Critérios semelhantes ou comparativamente mais adequados		Descrição dos critérios
Critérios			
Representatividade	Representatividade	Local tipo	Que se refere a adequação do geossítio de representar um processo ou característica geológica contribuindo de maneira significativa para a compreensão do tema, processo, característica ou contexto geológico.
Integridade		Integridade	Relacionado ao estado atual de conservação do sítio, relacionando processos naturais e o impacto humano.
Raridade	Raridade	Raridade	Número de sítios na área de estudo que possuem um contexto geológico semelhante.
Conhecimento científico	Conhecimento científico	Grau de conhecimento geocientífico	Com base na existência de dados científicos já publicados sobre o sítio.
Sem critério comparativo		Associação com os elementos, <b>Valor de memória,</b> Valor espiritual	
Potencial educativo			
Potencial didático	Nível de interpretação	Relevância didática	Relacionado à capacidade de que uma característica geológica possa ser facilmente compreendida por estudantes de diferentes níveis educacionais.
Diversidade geológica	Valores naturais adicionais		Número de diferentes elementos de geodiversidade presentes no mesmo local.
Acessibilidade		Acessibilidade	Condições de acesso ao local em termos de dificuldade e tempo gasto a pé para estudantes.
Segurança			Relaciona-se às condições de visitação, considerando o risco mínimo para estudantes.
Potencial turístico			
Beleza cênica	<b>Mirantes,</b> <b>Superfície,</b> <b>Paisagem do entorno,</b> <b>Harmonização com a paisagem</b>	Coerência, <b>Cores,</b> Bacia visual	Associado à beleza visual da ocorrência geológica.
Potencial interpretativo	Nível de interpretação	Potencial interpretativo, <b>Complexibilidade,</b> <b>Legibilidade,</b> Serviços de interpretação	Relacionado à capacidade de que uma característica geológica possa ser facilmente compreendida pelo público em geral.

<b>Acessibilidade</b>	Acessibilidade, <b>Proximidades com centros urbanos,</b> <b>Proximidades com rodovias,</b> <b>Valores funcionais,</b> <b>Proximidade com o centro de visitantes</b> <b>Proximidade com hotéis,</b> <b>Proximidade com restaurantes,</b> Visitas organizadas	<b>Serviços básicos,</b> Logística	Trata das condições de acesso ao local em termos de dificuldade e tempo de caminhada para o público em geral.
<b>Segurança</b>	<b>Infraestrutura turística,</b> <b>Serviço de guias</b>	Infraestrutura	relacionada às condições de visitaço considerando o risco mínimo para visitantes.
<b>Sem critério comparativo</b>	Promoção, Painéis interpretativos, Visitas organizadas, Painéis interpretativos, Número de visitantes, Valores antropogênicos adicionais	<b>Valor adicional</b>	
<i>Risco de degradação</i>			
<b>Deterioração dos conteúdos</b>	Condição atual	Situação atual	Referindo-se à condição atual de deterioração dos elementos geológicos do sítio.
<b>Proteção legal</b>	Nível de proteção	Regime de propriedade	sobre a existência de mecanismos legais de proteção. Direta, quando o sítio está em área protegida; indireta, quando o sítio está em local ou área protegida por outros tipos de arcabouço legal (leis e decretos ambientais, municipais e estaduais).
<b>Fragilidade</b>		Fragilidade	Associado às características intrínsecas do sítio que favorecem sua degradação, tais como friabilidade da rocha, grau de fraturamento, intemperismo, etc.
<b>Vulnerabilidade</b>	Vulnerabilidade	Vulnerabilidade natural, Vulnerabilidade antrópica	refere-se aos aspectos externos que ameaçam a integridade do sítio, que podem ser tanto naturais quanto antrópicos.
<b>Sem critério comparativo</b>	Número de visitantes	Uso atual, Proximidade de áreas/atividades com potencial para causar degradação	

Fonte: Extraído de Brilha (2016, p 127), de Vujičić *et al.* (2011, p. 368) e Ziemann e Figueró (2017, p. 142). Os valores em negrito foram selecionados para a avaliação.

## 5.1 Avaliação qualitativa

A avaliação qualitativa é iniciada pelo Valor Científico, seguido pelos Potenciais de Uso Educacional e Turístico e concluída com a análise de Risco de Degradação. Descreve o geossítio através de cada critério, cuja descrição servirá de base para a avaliação quantitativa.

### 5.1.1 Valor Científico

#### 5.1.1.1 Representatividade

As Grutas do Urso Fóssil e do Pendurado integram um complexo de onze cavernas oficialmente cadastradas no Parque Nacional de Ubajara (PNU) e constituem exemplos notáveis de diversos processos geológicos. Estas cavernas registram a deposição carbonática da Formação Frecheirinha (Grupo Ubajara) em ambiente marinho raso, bem como evidências de deformação e metamorfismo de baixo grau que afetaram estas rochas durante o evento orogênico Brasileiro (Nascimento *et al.*, 1981; Gorayeb *et al.*, 1988; Hackspacher *et al.*, 1988; Sial *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2004).

Os metacarbonatos são sobrepostos pelos arenitos paleozoicos do Grupo Serra Grande, que integram a Bacia do Parnaíba e afloram ao longo da escarpa frontal do Glint da Ibiapaba (Moura-Fé, 2017). Sial *et al.* (2000, 2003) inferiram uma idade Neoproterozoica tardia para os carbonatos da Formação Frecheirinha com base em análises de isótopos estáveis de carbono. Os estudos geocronológicos abrangem não apenas os carbonatos, mas também outras unidades do Grupo Ubajara, como a idade de 610 Ma obtida por datação Rb/Sr, que marca o início do metamorfismo de baixo grau nos xistos ardósias da Formação Caiçaras (Novais *et al.*, 1971, 1979). Idades U-Pb adicionais em zircão, variando entre 530 e 532 Ma, obtidas a partir de corpos plutônicos que intrudem a sequência sedimentar do Grupo Ubajara, são consideradas a idade deposicional mínima para o grupo (Fetter, 1999; Garcia *et al.*, 2018).

Ademais, as cavernas fazem parte de uma província espeleológica (Karmann & Sánchez, 1980), representando alguns dos mais significativos exemplos de formas cársticas no Brasil (Veríssimo, 2005; Moura-Fé, 2017). Para além dos processos de formação das cavernas, ambos os locais exibem um número substancial de feições cársticas clássicas, incluindo espeleotemas impressionantes em suas câmaras internas.

Por fim, é importante destacar a presença de registros fósseis nos sedimentos das cavernas, especialmente na Gruta do Urso Fóssil, onde tanto o crânio quanto a mandíbula de um urso do Pleistoceno foram descobertos e descritos por Trajano e Ferrarezzi (1995). Outros achados paleontológicos incluem mamíferos como cervídeos, tapirídeos e taiassuídeos

(Oliveira *et al.*, 2014), lagartos das famílias *Tropiduridae* e *Teiidae*, serpentes das famílias *Boidae* e *Viperidae* (Hsiou *et al.*, 2012) e gastrópodes de várias famílias (Oliveira *et al.*, 2011), todos recuperados de sedimentos datados entre 8.200 e 8.000 anos antes do presente. A descoberta do urso pré-histórico, um dos poucos exemplares fósseis desta espécie encontrados no Brasil, proporciona uma valiosa oportunidade para investigar as condições ambientais, os padrões climáticos e o intervalo de tempo geológico em que a espécie viveu, enriquecendo a significância científica do geossítio no contexto da paleontologia do Quaternário e dos registros sedimentares cársticos.

#### 5.1.1.2 Integridade

Os geossítios exibem um alto grau de integridade. Os metacarbonatos que formam as cavernas, juntamente com os espeleotemas neles desenvolvidos, não apresentam sinais significativos de impacto antrópico. Da mesma forma, não foi observado um fluxo hidrológico substancial no ambiente das cavernas, exceto durante o período sazonal de chuvas no início do ano, característico da região do Ceará. A confirmação em campo desta baixa atividade intrínseca indica que a deterioração do sítio é mínima e resulta primariamente de processos naturais de intemperismo conduzidos pela infiltração de água da chuva.

#### 5.1.1.3 Raridade

Dentre as onze cavernas catalogadas no Parque Nacional de Ubajara (PNU), diversos ambientes cavernícolas naturais estão disponíveis para pesquisa e estudo científico. No entanto, em termos de uso turístico, apenas a Gruta de Ubajara é acessível. Esta é a maior e atualmente a única aberta à visitação pública dentro do parque. Como sítio paleontológico com registros fósseis significativos, existe apenas uma ocorrência adicional na Gruta do Macaco Fóssil, também localizada dentro do PNU.

A singularidade do geossítio Morro do Pendurado é ainda mais ressaltada pela raridade de seu registro fóssil. Uma espécie de urso do Pleistoceno identificada na Gruta do Urso Fóssil foi descrita em apenas outros dois locais em todo o Brasil (Trajano e Ferrarezzi, 1995; Cartelle, 1998). Portanto, embora a caverna faça parte de um conjunto mais amplo de cavidades cársticas, ela possui pelo menos uma característica distintiva que a diferencia dentro do sistema cárstico regional.

#### 5.1.1.4 Conhecimento científico

A maioria dos artigos publicados entre 1995 e 2018 concentra-se na presença de fósseis quaternários recuperados dos sedimentos de ambas as cavernas do geossítio (Trajano e Ferrarezzi, 1995; Oliveira *et al.*, 2011, 2014, 2018; Oliveira, 2010; Hsiou *et al.*, 2012). Estes estudos descrevem os acervos fósseis e as análises de datação realizadas com base em material coletado tanto na superfície, como o crânio e a mandíbula do urso do Pleistoceno encontrados na Gruta do Urso Fóssil, quanto em sedimentos enterrados no piso da caverna.

Além dos estudos previamente mencionados, as publicações de Meira (2019, 2021) também se destacam por abordarem outros geossítios localizados no interior do Parque Nacional de Ubajara (PNU). O parque é ainda referenciado em diversos trabalhos que reconhecem e destacam a significância da região como uma importante província espeleológica no estado do Ceará. Exemplos notáveis incluem:

- *Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo*, de Lino (1989);
- *Espeleologia – noções básicas*, de Auler e Zogbi (2005);
- *Geologia de cavernas e sua interpretação à luz da legislação ambiental espeleológica*, de Auler e Píló (2019);
- *Cavernas no Brasil*, de Gambarini (2012); e o
- *II Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental*, do ICMBio/CECAV (2010).

Figura 7 – Entrada da Gruta do Pendurado.



Fonte: produzida pelo autor.

### 5.1.2 Potencial de Uso Educativo

#### 5.1.2.1 Potencial Didático

A visita às cavernas do Morro do Pendurado oferece uma excelente oportunidade para a educação em geociências, permitindo uma abordagem integrada de conceitos de geologia, química e espeleologia. Ao longo da excursão, os estudantes podem ser introduzidos aos processos envolvidos na formação de espeleotemas, que são depósitos minerais típicos de ambientes cavernícolas, como estalactites, colunas, cortinas e travertinos (Figuras 8, 9, 16, 19 e 21).

Também é possível discutir as condições que levam ao desenvolvimento de galerias subterrâneas e às feições superficiais que moldam o relevo cárstico externo, conhecido como exocarste, representado por formas de relevo como torres calcárias e campos de lapiás (Figuras 15, 22, 24 e 27). A morfologia das cavidades e a distribuição espacial dos espeleotemas contribuem para a compreensão dos processos geomorfológicos associados à evolução do sistema cárstico local.

Figura 8 – Espeleotemas na Gruta do Pendurado



Fonte: produzidas pelo autor. Nos destaques: A) Escorrimento no teto da Gruta do Pendurado. B) Colunas, C) travertinos e D) coraloides.

Durante a visita, podem ser explorados os mecanismos de dissolução química de carbonato e a gênese de cavernas epigenéticas em rochas carbonáticas, conforme descrito por Auler e Píló (2019). O contexto geotectônico do morro também pode ser abordado, destacando os contrastes litológicos entre os calcários que formam sua base e os arenitos do Grupo Serra Grande que o sobrepõem.

Finalmente, o sistema de cavernas no interior do geossítio preserva um acervo paleontológico de significativa relevância, cujo estudo contribui para o entendimento da fauna pleistocênica da região e reforça o valor científico e educacional da área.

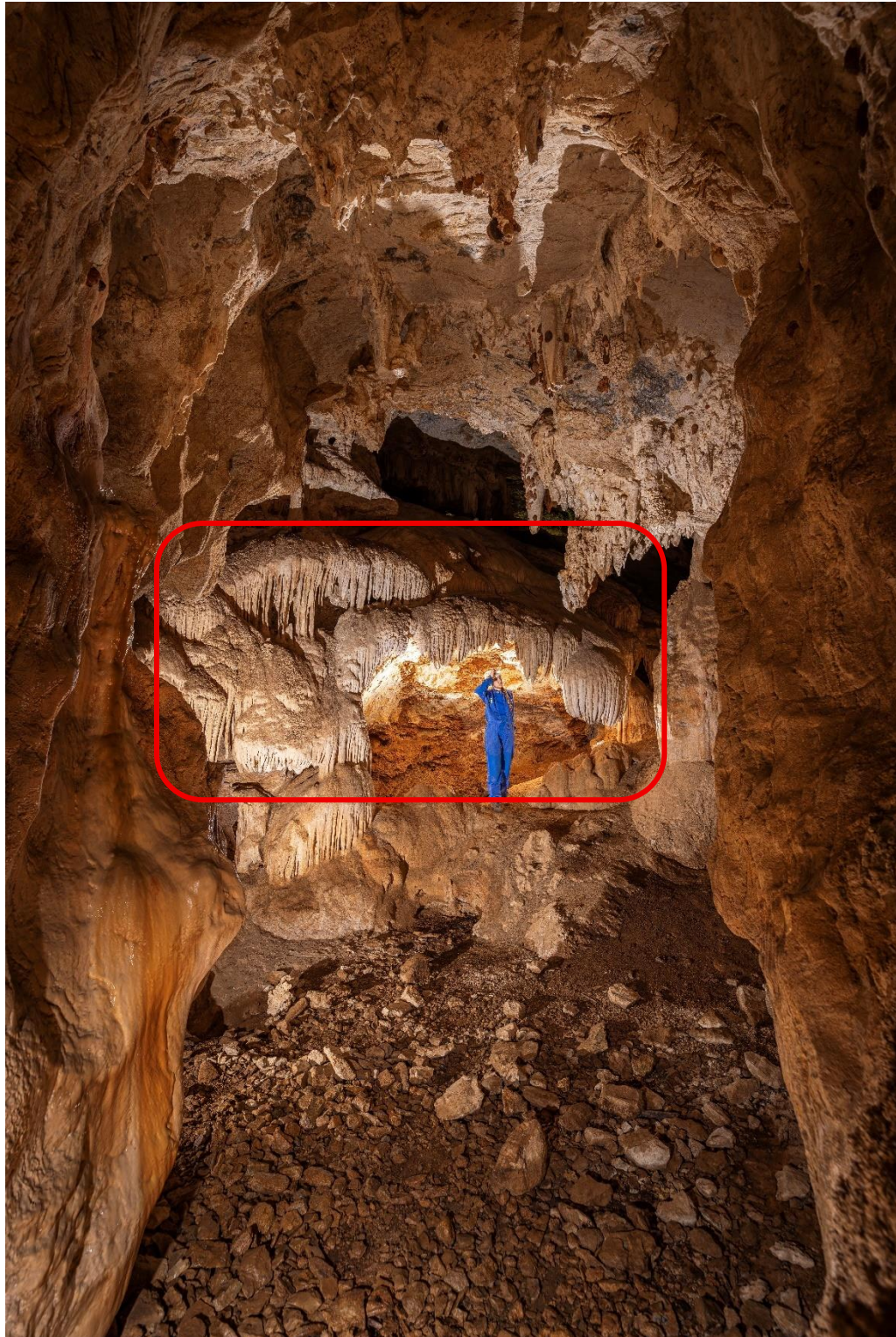
O acesso ao geossítio pode ser feito a partir da Depressão Sertaneja, pela portaria Araticum, ou, em sentido inverso, descendo-se pelo teleférico até a base do Morro do Pendurado. Ambas as rotas oferecem aos visitantes uma leitura integrada do contexto geomorfológico regional, realçada pela transição entre distintos compartimentos fisiográficos. Ao longo do percurso, é possível observar cursos d'água que formam cachoeiras ao longo da escarpa da serra, escoando em direção ao Rio Ubajara, também conhecido localmente como Rio das Minas, e contribuindo para a rede hidrográfica da área.

O geossítio também revela feições associadas a processos ativos de intemperismo e erosão, especialmente em vertentes e canais fluviais que se destacam na paisagem geomorfológica da Serra da Ibiapaba.

#### *5.1.2.2 Diversidade Geológica*

Diversos temas geológicos podem ser abordados durante a visita. A interface entre distintos compartimentos geomorfológicos é claramente visível, sendo o primeiro representado pela torre cárstica que forma o Morro do Pendurado, e o segundo, pela paisagem circundante. Ao chegar às cavernas, destacam-se formas de relevo cárstico típicas, especialmente os grandes lapiás, que são feições clássicas do exocarste formadas por processos de dissolução química em rochas carbonáticas. Esses lapiás exibem morfologias aguçadas e irregulares, com alturas variando de cinquenta centímetros a mais de dois metros, compondo um cenário geomorfológico singular. Como parte da diversidade geológica do local, a ocorrência de fósseis e os processos de fossilização preservados no interior das cavidades reforçam ainda mais sua relevância paleontológica. Esta caracterização é complementada pela presença do afloramento de calcário da Formação Frecheirinha, exposto ao longo do escarpamento frontal da Serra da Ibiapaba, cujo contexto geológico já foi discutido no item 5.1.1.

Figura 9 – Cortinas em amplos salões na Gruta do Urso Fóssil



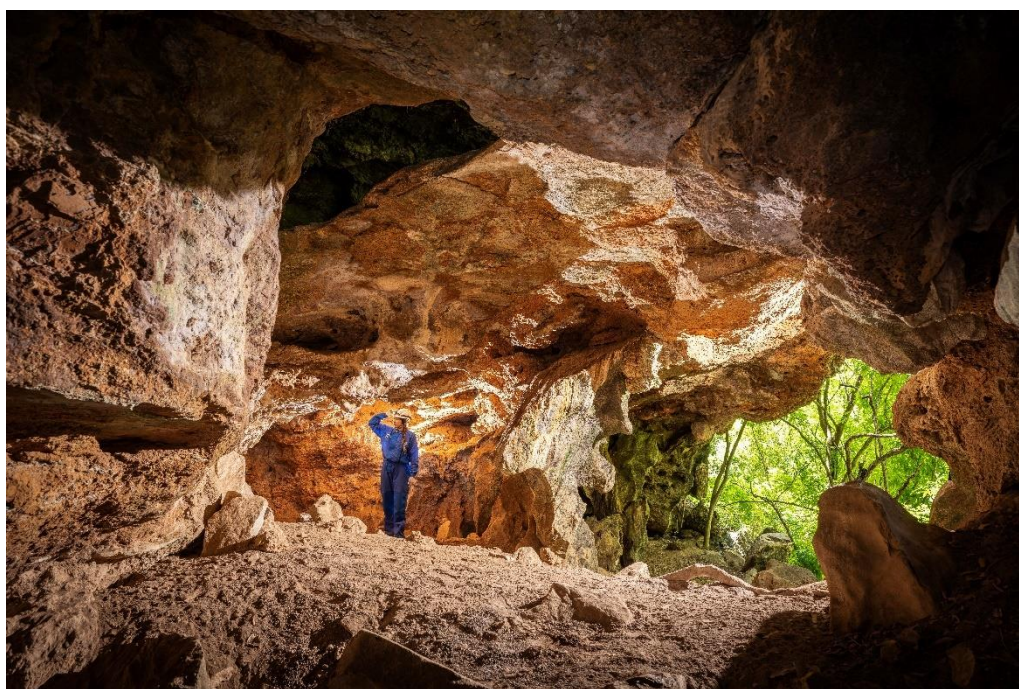
Fonte: Foto por Diego Bento, ICMBio-CECAV.

Figura 10 – Salão interno com dois níveis, na Gruta do Urso Fóssil



Fonte: Foto por Diego Bento, ICMBio-CECAV.

Figura 11 – Entrada da Gruta do Urso Fóssil



Fonte: Foto por Diego Bento, ICMBio-CECAV.

Figura 12 – Réplica do crânio do urso pleistocênico, em primeiro plano



Fonte: Foto produzida pelo autor.

Figura 13 – Banner Informativo sobre o Morro do Pendurado

**URSO FÓSSIL DE UBAJARA**  
Verisáimo, C.U.V.; Silva Filho, W.F.; Santos, J.L. dos; Moura, P.E.F.; Almeida, C.M. de  
Departamento de Geologia - DEGEO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

**A DESCOBERTA**  
Em dezembro de 1978, o Centro Excursionista Universitário/USP (CEU) representando a Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) veio realizar o levantamento espeleológico do Parque Nacional de Ubatuba com o objetivo de subsidiar o primeiro Plano de Manejo do Parque Nacional de Ubatuba. Durante a expedição na qual participaram os espeleólogos Carlos de Menezes Dias Neto, Roberto Fátima, Luis Enrique Sánchez, Peter Miko, Roberto Fátima e Clayton F. Lino foram descobertos o crânio mineralizado e a mandíbula direita de um urso da espécie *Arctotherium* (mamífero carnívoro). Os restos foram encontrados por Roberto Fátima e Carlos de Menezes Dias Neto sobre a superfície de um depósito de cascalho no interior de uma das cavernas do Parque situada no topo do Morro do Pendurado a qual recebeu a denominação de Gruta do Urso Fossil (Figura 1) (Dantas, L.E. & Lobo, N.A.S. 2016).

A Figura 1 mostra o Morro do Pendurado com a indicação da entrada da Gruta do Urso Fossil (A) e a planta baixa da Gruta do Urso Fossil com o local aproximado de onde foi encontrado o crânio e mandíbula do *Arctotherium* brasileiro (B).

**O "ZÉ COLMEIA" DE UBAJARA**  
O crânio do urso de Ubatuba, com idade estimada em 10.000 anos, foi originalmente identificado como de um *Arctotherium* (*Arctotherium*) brasileiro Lund por Dias Neto et al. (1980) e posteriormente, como da espécie *Arctotherium* brasileiro por Trajano e Fariñez (1994). Estes últimos resultados foram divulgados na revista científica *Journal of Vertebrate Paleontology* e trouxeram outras informações importantes sobre a presença dos ursos nesta região do Brasil. Segundo a pesquisa, a existência dessas cavernas no nordeste do Brasil indica um paleoclima mais frio e úmido, o que indica um período de tempo no passado geológico, atribuído a glaciação pleistocênica. No Brasil, outros membros de uma espécie mais do urso de Ubatuba também ocorreram no Estado de Minas Gerais. Os ursos de Ubatuba e de Minas Gerais podem representar duas populações de uma mesma origem ancestral, amplamente distribuída pelo região no nordeste e centro do Brasil (Figura 2), posteriormente isoladas por barreiras geográficas ou alterações na paisagem.

O Período Quaternário foi marcado por notáveis episódios de resfriamento climático e expansão de geleiras no hemisfério norte (glaciações), intercalados com episódios interglaciais. A última glaciação terminou a cerca de 10.000 anos, dentro do processo de aquecimento global que atualmente é acelerado pela atividade humana. No Nordeste brasileiro, predominava um clima relativamente árido e mais frio, durante a última glaciação, que sofreu um breve aumento de umidade com o fim. Nesse contexto, notamos a presença de grandes megalitos da chamada megafauna pleistocênica. Por outro lado, nosso país não possui um registro adequado ao contexto tectônico e o estudo do registro do Pleistoceno, quando grandes correntes florestais posteriormente originaram as florestas amazônicas e atlânticas.

**OS FÓSSEIS E AS CAVERNAS**  
Normalmente os registros fósseis em cavernas são incompletos e raramente indicam quais os animais estavam habitando seu interior. A grande maioria provém do exterior, seja através de trapaceiros por predadores, por quedas acidentais através de fendas ou clareiras ou carreados pela água (Casselman et al. 2013).

Figura 3. A. Imagem do urso original, do urso *Arctotherium*, brasileiro, pleistoceno, urso. B. Imagem do urso original, do urso *Arctotherium*, brasileiro, pleistoceno, urso. C. Imagem do urso original, do urso *Arctotherium*, brasileiro, pleistoceno, urso. D. Imagem do urso original, do urso *Arctotherium*, brasileiro, pleistoceno, urso. E. Imagem do urso original, do urso *Arctotherium*, brasileiro, pleistoceno, urso.

**Bibliografia Consultada**  
Dantas, L.E., Lobo, N.A.S. (2016). *Urso Fossil de Ubatuba: Um Urso do Pleistoceno em Minas Gerais*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

Fonte: foto produzida pelo autor. Banner destacando o achado paleontológico que dá nome à Gruta do Urso Fossil, no interior do morro.

Figura 14 – Trecho da trilha centenária com local de descanso



Fonte: produzida pelo autor.

Figura 15 – Lapiás métricos na parte superior do Morro do Pendurado



Fonte: produzida pelo autor.

### 5.1.3 *Potencial de Uso turístico*

#### 5.1.3.1 *Beleza Cênica*

##### 5.1.3.1.1 Mirantes e Paisagem do entorno

Tanto a vista a partir do mirante superior quanto a aproximação da base do Morro do Pendurado destacam a prominência do geossítio no interior da densa vegetação da Serra da Ibiapaba. Este conjunto constitui um marco paisagístico de relevância (Figuras 17, 20, 23 e 24).

Figura 16 – Travertinos decimétricos na Gruta do Pendurado

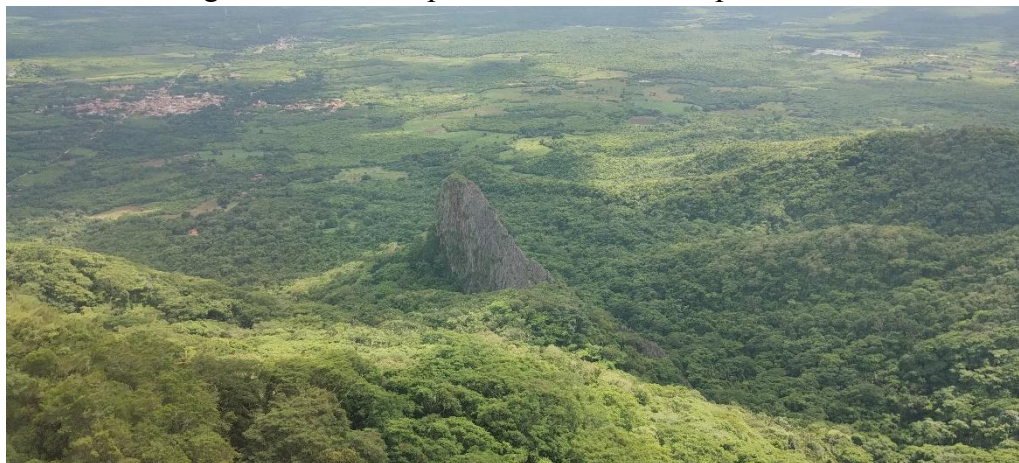


Fonte: produzida pelo autor.

##### 5.1.3.1.2 Cores e Harmonização com a paisagem:

Observa-se um notável contraste entre os tons azul-acinzentados das rochas metacarbonáticas, nas quais as cavernas se formaram, e a vegetação do entorno. No interior das cavernas (Figuras 7, 8, 9, 10, 11 e 18), é possível identificar os limites de acúmulo de musgos nas paredes, os quais coincidem com a zona de penetração da luz. A partir deste ponto, predomina a escuridão, permitindo o contato com a fauna cavernícola. Uma transição perceptível ocorre dos tons verdes e cinzas para matizes mais claras e esbranquiçadas, especialmente nos espeleotemas. Estes variam do branco, quando compostos de calcário mais puro, até tons acastanhados, quando há um maior teor de impurezas.

Figura 17 – Vista a partir do mirante no topo da serra



Fonte: produzida pelo autor. O Morro do Pendurado é visto, em panorâmica, como um elemento que se destaca na paisagem.

Figura 18 – Diversidade de cores na entrada da Gruta do Pendurado



Fonte: produzida pelo autor.

#### 5.1.3.1.3 Legibilidade e Complexidade

A visita às cavernas revela baixa complexidade estrutural e alta legibilidade dos processos espeleogenéticos internos. A observação do ambiente cavernícola e dos espeleotemas formados nas paredes, teto e solo permite uma compreensão clara de como o tempo e os processos químicos moldaram o espaço interior (Figuras 16, 19 e 21).

#### 5.1.3.1.4 Superfície

Após a visita às cavernas, é possível acessar a porção superior do Morro do Pendurado por meio de uma trilha, onde se formam impressionantes lapiás de escala métrica na superfície externa (Figura 22). Este local também oferece uma vista panorâmica da paisagem circundante e do teleférico no topo da Serra da Ibiapaba (Figuras 23 e 24). Espacialmente, O Morro do Pendurado se apresenta como um lajedo de grande porte possuindo um desnível que pode ultrapassar 120 m (base-topo) e uma extensão lateral superior a 480 m.

#### 5.1.3.2 *Potencial Interpretativo*

Em relação às cavernas, as abordagens interpretativas devem incluir aspectos da história geológica relacionados à deposição do calcário, o contexto espeleogenético e as escalas de tempo envolvidas nesses processos. No interior das cavernas, os visitantes são incentivados a observar o ambiente subterrâneo e a identificar os espeleotemas, os quais auxiliam na compreensão da transição de uma fase fluvial, caracterizada pelo fluxo contínuo de água, para uma fase vadosa, marcada pela atividade hidrológica intermitente. Adicionalmente, estuda-se o tipo de vida suportado por este ambiente, seja ela permanente ou temporária. Dado que este cenário requer milhares de anos para se formar, os achados paleontológicos podem fornecer um valioso retrato da evolução da vida e das mudanças climáticas locais.

Figura 19 – Espeleotemas diversos na Gruta do Pendurado



Fonte: produzida pelo autor. Destaca o contato da parede com o assoalho, na Gruta do

Pendurado, apresentando coraloides e travertinos.

A geomorfologia e a transição topográfica da Depressão Sertaneja através do escarpamento da Serra da Ibiapaba influenciaram a ocupação humana local, com o uso contínuo desta trilha mantendo-se até os dias atuais. Da mesma forma, os riachos e córregos que margeiam a trilha de acesso ao Morro do Pendurado são parcialmente utilizados e captados pela população do entorno. Evidências estruturais indicam que tal uso ocorria mesmo antes da implantação do parque.

Figura 20 – Vista panorâmica do teleférico



Fonte: produzida pelo autor. Vista a partir da parte superior do Morro do Pendurado.

#### 5.1.3.2.1 Painéis interpretativos

Na seção superior do Parque Nacional de Ubajara (PNU), encontra-se um banner interpretativo focado no geossítio (Figura 13) junto a réplica do crânio (Figura 12), destacando a descoberta do urso fossilizado. Ilustra sua possível fisionomia e tamanho estimado, comparado com seres humanos. Além disso, mostra a planta baixa da Gruta do Urso Fóssil e uma imagem externa do Morro do Pendurado. Antes de iniciar qualquer trilha, incluindo a proposta, os visitantes têm acesso ao centro de visitantes do parque, onde este banner está exposto ao lado de diversos outros painéis interpretativos que apresentam a unidade de conservação, suas trilhas e principais atrações. O banner traz bastante informação, porém foi produzido em material que pode se degradar em poucos anos (a lona, haste de fixação ou a tinta), sugerindo-se que se produza outro em material mais durável, em local fixo, com informações atualizadas.

#### 5.1.3.2.2 Valor de memória

Embora não haja registros de uso religioso do geossítio, o Morro do Pendurado está associado a pelo menos duas lendas locais narradas por guias do parque e membros da comunidade local. A primeira refere-se à trilha, onde supostamente tesouros foram escondidos em potes de barro que brilhavam à noite. A segunda lenda, que dá nome ao morro, conta a história de um caçador local que, durante uma caçada na sexta-feira santa, teria sido petrificado no topo do morro (ICMBio, 2025). Esta narrativa está vinculada a uma formação rochosa esculpida ao longo do tempo no calcário, visível na face nordeste do morro.

Além dos aspectos mitológicos, registros históricos indicam que comunidades do Sítio Pelado visitavam o local antes da implantação do parque, seja por curiosidade, pela vista privilegiada ou devido à proximidade com o geossítio. Atualmente, a comunidade local situa-se a aproximadamente 400 metros da área do parque, mantendo uma conexão com o patrimônio natural conforme registrado antes da criação do Parque Nacional de Ubajara.

#### 5.1.3.2.3 Valor Adicional

Assim como outras atividades oferecidas no Parque Nacional de Ubajara (PNU), o geossítio apresenta desafios significativos associados à aventura. A exploração das cavernas proporciona experiências únicas em cenários de notável beleza, exigindo dos visitantes adaptação a condições de baixa luminosidade, espaços confinados e altos índices de umidade (Figura 21). Embora esparsa, a presença da fauna cavernícola inclui uma camada adicional de desafio, particularmente nos trechos mais estreitos, tornando a experiência ainda mais intensa para quem não está familiarizado com tais ambientes. Na área externa do Morro do Pendurado, a subida até o ponto de observação localizado acima da entrada da Gruta do Pendurado oferece uma vista panorâmica que inclui a travessia do teleférico. Este local pode servir como ponto de partida para atividades de escalada e exploração da porção superior do morro (Figura 22). A trilha de acesso ao morro, embora relativamente curta (pouco mais de 2 km), apresenta um desafio considerável: inclui segmentos com inclinações suaves a moderadas, trechos não pavimentados e exige a travessia do leito do rio pelo menos três vezes, constituindo-se em uma aventura significativa para os entusiastas de trilhas.

Figura 21 – Salão de teto baixo, no interior da Gruta do Pendurado

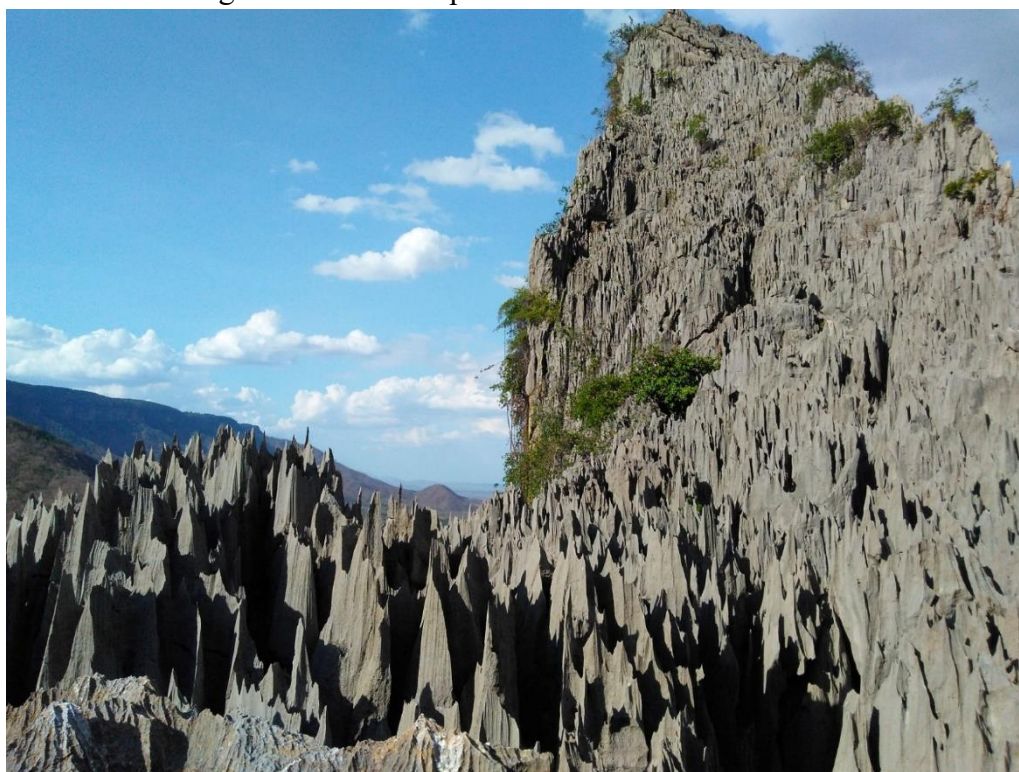


Fonte: produzida pelo autor.

#### 5.1.3.2.4 Serviço de Guias

O parque conta atualmente com vinte e cinco condutores de visitantes credenciados pelo ICMBio, conforme relatado no Plano de Uso Público do PNU (ICMBio, 2025), estando parte deles organizados por meio da Cooperativa de Turismo (COOPTUR). A presença desses condutores é obrigatória nos roteiros espeleológicos, assegurando a proteção e a conservação desses ambientes sensíveis. O processo de certificação pelo ICMBio é rigoroso, exigindo a comprovação de formação e qualificações específicas para atuação dentro do parque.

Figura 22 – Parte superior do Morro do Pendurado



Fonte: produzida pelo autor.

### 5.1.3.3 *Acessibilidade*

#### 5.1.3.3.1 Proximidade com o centro de visitantes

Existem duas principais rotas de acesso ao geossítio. A primeira tem início no distrito de Araticum, localizado na porção inferior a leste do município de Ubajara, na Depressão Sertaneja. A partir deste ponto, os visitantes percorrem uma trilha ascendente de 1,5 km com um desnível total de aproximadamente 200 m. A inclinação é suave na maior parte do percurso, tornando-se mais acentuada nos 500 m finais. A segunda rota inicia-se no centro de visitantes, situado na porção superior da Serra da Ibiapaba e dentro do Parque Nacional de Ubajara (PNU). Este acesso oferece duas atrações principais associadas ao geossítio: um mirante com vista panorâmica para o Morro do Pendurado e uma descida de teleférico (Figuras 23 e 24) que leva à Gruta de Ubajara, outra grande atração do parque. Atualmente, o uso do teleférico requer uma doação de três quilos de alimentos não perecíveis e está sujeito a limitações de acesso. A partir da estação inferior do teleférico, o acesso às cavernas é feito a pé pela trilha centenária Ubajara–Araticum, percorrendo 2 km. Ambas as rotas apresentam um nível de dificuldade similar, classificado como leve a moderado, e são adequadas para fins educacionais envolvendo estudantes do ensino médio e universitários. Os 900 m finais da trilha podem apresentar desafios de segurança para alunos muito jovens devido à falta de infraestrutura turística de segurança instalada. Embora as visitas sejam guiadas, a distância e o desnível até a base do

morro apresentam desafios adicionais. No entanto, os visitantes não necessitam de condicionamento físico avançado ou experiência prévia em turismo de aventura. O percurso não requer técnicas verticais, como escalada ou rapel, mas ainda exige um nível moderado de esforço físico.

Figura 23 – Entrada do mirante do Morro do Pendurado



Fonte: produzida pelo autor.

Figura 24 – Vista a partir do teleférico



Fonte: produzida pelo autor. Foto mostra o vale onde fica a entrada da Gruta de Ubajara e o acesso da trilha a partir da base do teleférico.

#### 5.1.3.3.2 Valores funcionais (rodovias, postos de gasolina e oficinas mecânicas):

Como mencionado anteriormente, o centro de visitantes está localizado a 3 km da

rodovia CE 187 por meio de uma via pavimentada. Esta rodovia passa pelo centro urbano do município de Ubajara. Na sede do município, há dois postos de combustível, um próximo ao terminal rodoviário e outro na área comercial, além de pelo menos duas oficinas mecânicas, incluindo uma instalação de grande porte com estoque de autopeças.

#### 5.1.3.3.3 Infraestrutura Turística

O entorno imediato do geossítio carece de uma trilha formalmente estruturada ou de infraestrutura construída. Embora existam áreas abertas e amplas próximas às entradas da Gruta do Urso Fossil e da Gruta do Pendurado (Figura 25), nenhuma estrutura de apoio ou intervenção foi implementada até o momento. Algumas áreas de descanso, já construídas ou em manutenção, estão disponíveis ao longo da Trilha Centenária (Figura 14). Como parte do roteiro, o teleférico mencionado anteriormente oferece uma opção de acesso alternativo para visitantes que iniciam seu percurso no centro de visitantes. O acolhimento de visitantes está concentrado neste centro, que serve como principal porta de entrada para a maioria das atrações do parque. A instalação inclui painéis interpretativos, uma lanchonete, sinalização informativa, inícios de trilhas, estacionamento e acesso direto via rodovia pavimentada.

Figura 25 – Trecho da trilha de acesso ao morro do pendurado



Fonte: produzido pelo autor. Trilha em área primitiva, sem estrutura turística construída.

#### 5.1.3.3.4 Serviços Básicos

Não há infraestrutura turística construída no entorno imediato do geossítio. A maioria dos serviços de infraestrutura básica está concentrada no topo do teleférico, onde os visitantes podem encontrar lanchonetes, banheiros e funcionários do Parque Nacional de Ubajara (PNU) disponíveis para prestar informações.

Na base do teleférico, existem banheiros, áreas de descanso e uma estação de apoio para

condutores. Esta estação funciona como o último ponto de apoio antes do início da trilha que leva ao geossítio e desempenha um papel fundamental no suporte logístico, pois, durante o horário de visitação, é possível solicitar assistência e estabelecer comunicação direta com o centro de visitantes através da equipe de segurança privada do parque.

#### 5.1.3.3.5 Proximidade com restaurantes e hotéis

Nas proximidades das avenidas Monsenhor Gonçalo Eufrásio e Governador César Cals de Oliveira Filho, que conectam a rodovia CE 187 ao centro comercial de Ubajara ao longo de um percurso de 3 km que leva à Portão da Neblina, entrada principal do Parque Nacional de Ubajara, existem 5 restaurantes, 3 cafés, 6 lanchonetes e 12 estabelecimentos de hospedagem, incluindo hotéis, pousadas, albergues, sítios e chalés. Estes serviços atendem a uma variedade de preferências e orçamentos. Todos eles estão localizados num raio de 4 km da entrada do parque.

#### 5.1.3.4 Segurança

Conforme mencionado no critério anterior, o acesso ao Morro do Pendurado é realizado por trilhas, com parte do percurso integrada à histórica Trilha Ubajara–Araticum. Este trecho já está consolidado no plano de uso público do parque e inclui áreas de descanso (Figura 14) e sinalização adequadas (Figura 26), sendo seguro para o visitante.

Como regra do parque, exige-se a presença obrigatória de guias credenciados pelo ICMBio, requisito fundamental para atividades espeleológicas no PNU. Contudo, parte significativa do roteiro exige a saída da trilha centenária. Neste trecho específico, carece de infraestrutura adequada e pontos de descanso formalmente implantados.

O trecho final da trilha, com aproximadamente 900 metros de extensão, que leva à base do Morro do Pendurado, exige um esforço físico considerável dos visitantes. Esta condição pode representar desafios logísticos para grandes grupos de estudantes ou indivíduos com restrições de mobilidade, particularmente durante o retorno, devido à fadiga acumulada ao longo da visita.

Cabe ressaltar que o Parque Nacional de Ubajara (PNU) mantém altos padrões de segurança ambiental e operacional, consistentes com as unidades de conservação federais geridas pelo ICMBio, incluindo controle sistemático de entrada, gestão monitorada e fiscalização permanente.

Figura 26 – Trecho com sinalização física instalada



Fonte: produzido pelo autor.

#### **5.1.4 Risco de Degradação**

##### *5.1.4.1 Deterioração dos conteúdos*

Considerando o uso atual de ambas as cavernas, não há sinais evidentes de degradação acelerada das rochas calcárias ou das feições espeleológicas internas. Devido à limitada visitação, restrita principalmente a atividades de pesquisa, estes ambientes também não apresentam evidências significativas de impacto antrópico. As únicas alterações perceptíveis ocorrem na entrada da Gruta do Pendurado, onde espécies da fauna nativa são frequentemente observadas. Em ambas as cavidades, estão presentes processos naturais característicos da evolução cárstica, como o acúmulo localizado de água e a contínua, ainda que lenta, formação de espeleotemas.

Alguns espeleotemas de pequeno porte e fragmentados foram identificados próximos ao ponto médio da seção visitável da Gruta do Pendurado, especificamente em condutos mais estreitos. Esses danos provavelmente resultam de atividade antrópica ocorrida antes da implantação do Parque Nacional de Ubajara (PNU), tendo em vista a ausência de registros recentes de visitas não autorizadas a essas galerias.

##### *5.1.4.2 Proteção Legal*

Atualmente, as grutas estão inseridas na zona de conservação do Parque Nacional de Ubajara, uma Unidade de Conservação Federal de Proteção Integral administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). O Parque foi criado em 30 de abril de 1959 pelo Decreto Federal nº 45.954/59, abrangendo originalmente uma área de 4.000 hectares. Seus limites foram posteriormente modificados pelo Decreto nº 72.144, de 26 de abril de 1973, que reduziu sua área para 563 hectares. Em 13 de dezembro de 2002, um novo decreto

sem numeração, publicado no Diário Oficial da União, redefiniu os limites do parque para sua área atual de 6.288 hectares, abrangendo agora os municípios de Ubajara, Tianguá e Frecheirinha (IBAMA, 2002).

No que se refere à visitação, a zona de conservação permite atividades de baixo grau de intervenção. Este regime é caracterizado por formas primitivas de recreação em áreas altamente preservadas, onde os visitantes vivenciam desafios e um nível controlado de risco. Encontros com outros grupos são raros ou ocasionais. Quando presente, a infraestrutura é mínima e focada principalmente na proteção dos recursos naturais e na garantia da segurança básica do visitante, mantendo o caráter de naturalidade do ambiente.

#### *5.1.4.3 Fragilidade*

O ambiente no interior de ambas as cavernas não exhibe fraturamento intenso, apresentando apenas indícios menores de metamorfismo regional incipiente. A análise do número limitado de condutos, predominantemente orientados nas direções sudeste–noroeste e sudoeste–nordeste, sugere um fraturamento restrito no maciço rochoso. Não foram identificados sinais de desabamentos significativos ou de sistemas de fraturas extensivos no interior das cavernas.

#### *5.1.4.4 Vulnerabilidade*

Uma das características mais clássicas do carste é a presença de feições provocadas pela dissolução da rocha em meio ácido. A absorção do  $\text{CO}_2$  pela água das chuvas resulta na formação do ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) que em contato com a rocha já é capaz de causar dissolução, gerando as feições cársticas superficiais. Penetrando o solo, a água já ácida absorveria mais  $\text{CO}_2$  associado ao humus e raízes, gerando feições no contato solo-rochas e consequentemente penetrando no interior da rocha (Auler e Piló, 2019).

Atualmente, a porção superior e externa do Morro do Pendurado apresenta cobertura vegetal esparsa ou ausente, uma vez que o clima predominante não favorece a formação de solos. No salão de entrada da Gruta do Pendurado, observa-se nas paredes, coloração esverdeada e corrosão localizada, possivelmente indicando a presença de líquens ou musgos em áreas com acúmulo de umidade.

No que diz respeito aos processos hidrológicos, as cavernas visitadas, dentro dos limites explorados, apresentam apenas sinais de infiltração meteórica localizada. Não foi identificada, atualmente, nenhuma evidência de grandes fluxos hídricos ou sistemas fluviais ativos associados ao carste.

Por fim, considerando o acesso limitado pela distância e pela proteção legal vigente, não há sinais de impacto antrópico recente sobre o carste, seja no seu ambiente interno ou externo. A localização do geossítio, a mais de 1 km dos limites do parque, garante uma separação adequada de habitações, construções, fontes de contaminação ou quaisquer outras formas de degradação de origem antrópica. O acesso à área é restrito a visitas guiadas, realizadas exclusivamente com autorização prévia da gestão da unidade de conservação.

## 5.2 Avaliação Quantitativa

### 5.2.1 Valor Científico (VC)

O geossítio foi considerado um bom exemplo que ilustra elementos e processos geológicos, abrangendo geomorfologia, formação de cavernas e preservação de fósseis, o que lhe rendeu pontuação 2 em representatividade e 4 em diversidade geológica. No entanto, não se trata do único na região e no estado, resultando em menor pontuação nos critérios de localidade de referência e raridade. Obteve pontuação máxima em integridade, por estar bem preservado. Graças ao regime de proteção da unidade de conservação e à dificuldade de acesso, o impacto antrópico sobre os elementos geológicos do geossítio tem sido mínimo. Esse aspecto reflete-se também nas limitações de uso, uma vez que o acesso e a coleta de amostras, até o momento, dependem de autorização do parque. A nota final para os valores científicos foi de 230 (Tabela 18), indicando relevância nacional.

Tabela 18 – Resultado do cálculo para o valor científico (VC)

<i>Crítérios</i>	<i>Peso (%)</i>	<i>Pontuação</i>	<i>Nota final</i>
<b>Representatividade</b>			
O geossítio é um bom exemplo na área de estudo para ilustrar elementos ou processos relacionados com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	30	2	60
<b>Localidade de referência</b>			
O geossítio é utilizado pela ciência nacional, diretamente relacionado com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	20	1	20
<b>Conhecimento científico</b>			
Existem artigos em revistas científicas internacionais sobre este geossítio, diretamente relacionados com o contexto geológico em consideração (quando aplicável)	5	4	20
<b>Integridade</b>			
Os principais elementos geológicos (relacionados com o contexto geológico em consideração, quando aplicável) estão muito bem preservados	15	4	60
<b>Diversidade geológica</b>			
Geossítio com mais de três tipos de elementos geológicos distintos com relevância científica	5	4	20
<b>Raridade</b>			
Na área de estudo, existem dois a três exemplos de geossítios semelhantes	15	2	30

(representando o contexto geológico em consideração, quando aplicável)			
<b>Limitações de uso</b>			
É possível coletar amostras e realizar trabalho de campo após superar as limitações	10	2	20
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>230</b>

Fonte: produzido pelo autor.

### 5.2.2 *Potencial de Uso Educativo (PUE)*

A pontuação obtida para o Potencial de Uso Educativo foi de 280 (Tabela 19). Em relação aos critérios relacionados aos valores educacionais, a distância a ser percorrida na trilha (1,5 a 2 km) resultou na menor pontuação em acessibilidade (1 ponto), não sendo indicada para estudantes muito jovens devido à grande distância percorrida, setores primitivos da trilha ou grandes turmas de alunos pois dificultaria o controle dos guias e professores no ambiente de vegetação mais densa. Quanto às limitações de uso, atribuiu-se 2 pontos, uma vez que o acesso ao local depende de autorização do parque, o que, no entanto, não constitui uma barreira significativa, visto que essa exigência se aplica a todos os demais atrativos da unidade. Ademais, é obrigatória a presença de um guia credenciado acompanhando o grupo de estudantes.

No que se refere à segurança, o geossítio não dispõe de estruturas fixas instaladas, pois sua proposta preza pela mínima intervenção física. Entretanto, há cobertura de telefonia celular no local, e a proximidade de serviços de emergência (menos de 25 km) garantiu pontuação 3 nesse critério.

Com relação à logística, a pontuação foi máxima, dadas as diversas opções de restaurantes e hotéis de médio e grande porte nas proximidades do parque, conforme descrito na avaliação qualitativa.

A pontuação máxima no critério de associação com outros valores deve-se à integração de valores ecológicos e culturais à história de criação do parque. Entre eles destacam-se a presença de espécies animais e vegetais nativas e protegidas, bem como o uso histórico da Gruta de Ubajara, situada a menos de 2 km do geossítio, para fins religiosos e culturais.

Quanto à beleza cênica, atribuiu-se o valor mínimo (1), uma vez que ainda não existem campanhas de divulgação específicas sobre o geossítio. Apesar do fluxo intenso de visitantes no Parque Nacional de Ubajara, as ações de promoção destacam principalmente a Gruta de Ubajara e o passeio de teleférico.

A singularidade recebeu pontuação 2, devido às feições geológicas e aos achados paleontológicos incomuns na maioria das regiões do país. Já a vulnerabilidade obteve pontuação 3, pois a maioria dos elementos geológicos apresenta baixa susceptibilidade à deterioração por ação antrópica, seja pelo uso ordenado, seja pela baixa vulnerabilidade intrínseca do maciço rochoso e das cavernas.

Quanto à observação dos elementos, praticamente todos podem ser visualizados in loco, com exceção de alguns fósseis, seja por suas dimensões reduzidas, seja por já terem sido recolhidos do interior das cavernas. Em decorrência, atribuíram-se as seguintes pontuações: 4 para condições de observação, 4 para diversidade geológica e 3 para potencial didático, considerando que os conteúdos relacionados ao geossítio podem ser abordados já no ensino fundamental.

Tabela 19 – Resultado do cálculo para o Potencial de uso educativo (PUE)

<i>Potencial de uso educativo (PUE)</i>			
<i>Crítérios</i>	<i>Peso (%)</i>	<i>Pontuação</i>	<i>Nota final</i>
<b>Vulnerabilidade</b>			
Existe possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários por atividade antrópica	10	3	30
<b>Acessibilidade</b>			
Sítio sem acesso direto por estrada, mas localizado a menos de 1 km de uma estrada acessível por ônibus	10	1	10
<b>Limitações de uso</b>			
O sítio pode ser usado por estudantes, mas apenas após superar limitações (legais, permissões, físicas, marés, inundações, etc.)	5	2	10
<b>Segurança</b>			
Sítio com instalações de segurança, cobertura de telefonia móvel e localizado a menos de 25 km de serviços de emergência	10	3	30
<b>Logística</b>			
Hospedagem e restaurantes para grupos de 50 estudantes a menos de 15 km do sítio	5	4	20
<b>Densidade populacional</b>			
Sítio localizado em um município com menos de 100 habitantes/km <sup>2</sup>	5	1	5
<b>Associação com outros valores</b>			
Ocorrência de vários valores ecológicos e culturais a menos de 5 km do sítio	5	4	20
<b>Beleza cênica/Paisagem</b>			
Sítio ocasionalmente utilizado como destino turístico em campanhas locais	5	1	5
<b>Singularidade</b>			
O sítio apresenta características comuns nesta região, mas incomuns em outras regiões do país	5	2	10
<b>Condições de observação</b>			
Todos os elementos geológicos são observados em boas condições para serem vistos por estudantes	10	4	40
<b>Potencial didático</b>			
O sítio apresenta elementos geológicos que são ensinados no ensino fundamental	20	3	60
<b>Diversidade geológica</b>			
Mais de 3 tipos de elementos de geodiversidade ocorrem no sítio (mineralógicos, paleontológicos, geomorfológicos, etc.)	10	4	40
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>280</b>

Fonte: produzido pelo autor.

### 5.2.3 *Potencial de Uso Turístico (PUT)*

Para o público em geral, as condições de acessibilidade nesse critério não se alteram

pontuando 1 pela questão de acessibilidade, bem como as limitações de uso e as condições de segurança. Apesar de acessibilidade nesse caso não considerar segurança dentro deste critério, esta trilha é mais indicada ao público adulto pela dificuldade, especialmente nos setores mais primitivos.

Com relação a estalagens e restaurantes, há uma grande quantidade disponível ao longo da rodovia de acesso ao portão Neblina, de grande porte. Justificando a pontuação máxima.

Considerando visitantes de todas as idades, a grande maioria dos elementos mostrados no geossítio são de fácil compreensão e legibilidade, pontuando 4 em condições de observação. Questões como a geomorfologia local, presença de cavernas e fósseis são de conhecimento geral e podem ser observados durante toda a visita. Ainda que os fósseis nem sempre estejam visíveis in situ, uma réplica e um banner informativo sobre o crânio do urso, o mais notável deles, encontrado no interior do geossítio, está no centro de visitantes.

Para contextualizar a realidade socioeconômica de Ubajara em comparação com os dados nacionais, consideramos o IDHM, Ubajara possuía em 2010 o IDHM de 0,648 abaixo do nacional de 0,727 no mesmo período (PNUD, Atlas Brasil, 2010) que resultou na pontuação 1 no critério de nível econômico. A densidade demográfica também recebeu pontuação 1, com apenas 77 habitantes/km<sup>2</sup>.

Assim como nos valores educacionais, os elementos geológicos, como aspectos geomorfológicos, processos de formação de cavernas e a ocorrência e preservação de fósseis, apresentam facilidade de compreensão para a maioria dos públicos. Diante dessa condição, atribuiu-se pontuação 4 ao potencial interpretativo.

Por se tratar de um Parque Nacional já com muitos anos recebendo visitas, há diversas outras trilhas, cachoeiras e o atrativo principal do parque, a Gruta de Ubajara, disponível, a poucos quilômetros deste geossítio, pontuando 4 em proximidade com áreas recreativas. Totalizando a pontuação de 245 para o Potencial de Uso Turístico (Tabela 20).

Tabela 20 – Resultado do cálculo para o Potencial de Uso Turístico (PUT)

<i>Potencial de uso turísticos (PUT)</i>			
<i>Crítérios</i>	<i>Peso (%)</i>	<i>Pontuação</i>	<i>Nota final</i>
<i>Vulnerabilidade</i>			
Existe possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários por atividade antrópica	10	3	30
<i>Acessibilidade</i>			
Sítio sem acesso direto por estrada, mas localizado a menos de 1 km de uma estrada acessível por ônibus	10	1	10
<i>Limitações de uso</i>			
O sítio pode ser usado por turistas, mas apenas após superar limitações (legais, permissões, físicas, marés, inundações, etc.)	5	2	10

<i>Segurança</i>			
Sítio com instalações de segurança, cobertura de telefonia móvel e localizado a menos de 25 km de serviços de emergência	10	3	30
<i>Logística</i>			
Hospedagem e restaurantes para grupos de 50 pessoas a menos de 15 km do sítio	5	4	20
<i>Densidade populacional</i>			
Sítio localizado em um município com menos de 100 habitantes/km <sup>2</sup>	5	1	5
<i>Associação com outros valores</i>			
Ocorrência de vários valores ecológicos e culturais a menos de 5 km do sítio	5	4	20
<i>Beleza cênica/Paisagem</i>			
Sítio ocasionalmente utilizado como destino turístico em campanhas locais	15	1	15
<i>Singularidade</i>			
O sítio apresenta características comuns nesta região, mas incomuns em outras regiões do país	10	2	20
<i>Condições de observação</i>			
Todos os elementos geológicos são observados em boas condições para todos os públicos	5	4	20
<i>Potencial interpretativo</i>			
O sítio apresenta elementos geológicos de forma muito clara e expressiva para todos os tipos de público	10	4	40
<i>Nível Econômico</i>			
O sítio está localizado em um município com renda familiar inferior à média nacional	5	1	5
<i>Proximidade de Áreas Recreativas</i>			
Sítio localizado a menos de 5 km de uma área recreativa ou atração turística	5	4	20
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>245</b>

Fonte: produzido pelo autor.

#### 5.2.4 Risco de Degradação (RD)

Constatou-se que a possibilidade de deterioração se restringe principalmente a elementos secundários do geossítio, como lapiás e espeleotemas, sob condições mais extremas ou na ausência de supervisão adequada pelos guias, o que resultou na atribuição de 2 pontos para esse critério.

Aos demais fatores foi atribuído 1 ponto cada, uma vez que o geossítio:

- Localiza-se a mais de 1 km de atividades degradantes;
- Está inserido em uma unidade de conservação;
- Dista mais de 1 km de rodovias;
- Situa-se em um município com densidade demográfica inferior a 100 hab/km<sup>2</sup>.

O regime de proteção e as restrições de acesso justificam o valor final de 135 para o risco de degradação, considerado baixo (Tabela 21).

Tabela 21 – Resultado do cálculo para o Risco de Degradação (RD)

*Risco de degradação (RD)*

<i>Crítérios</i>	<i>Peso (%)</i>	<i>Pontuação</i>	<i>Nota final</i>
<b>Deterioração dos Elementos Geológicos</b>			
Possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários	35	2	70
<b>Proximidade de Áreas/Atividades com Potencial de Causar Degradação</b>			
Sítio localizado a menos de 1 km de uma área/atividade potencialmente degradante	20	1	20
<b>Proteção Legal</b>			
Sítio localizado em área com proteção legal e com controle de acesso	20	1	20
<b>Acessibilidade</b>			
Sítio sem acesso direto por estrada, mas localizado a menos de 1 km de uma estrada acessível por ônibus	15	1	15
<b>Densidade Populacional</b>			
Sítio localizado em município com menos de 100 habitantes/km <sup>2</sup>	10	1	10
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>135</b>

Fonte: produzida pelo autor.

### 5.2.5 Prioridade de Proteção (PP)

Em conclusão, o valor de PP calculado de 387 (Tabela 22) indica uma prioridade de proteção em médio prazo. Esse resultado sugere que o geossítio não demanda medidas emergenciais, especialmente considerando que o atual regime de proteção é adequado e o seu potencial de degradação é baixo.

Tabela 22 – Resultado do cálculo para a prioridade de proteção (PP)

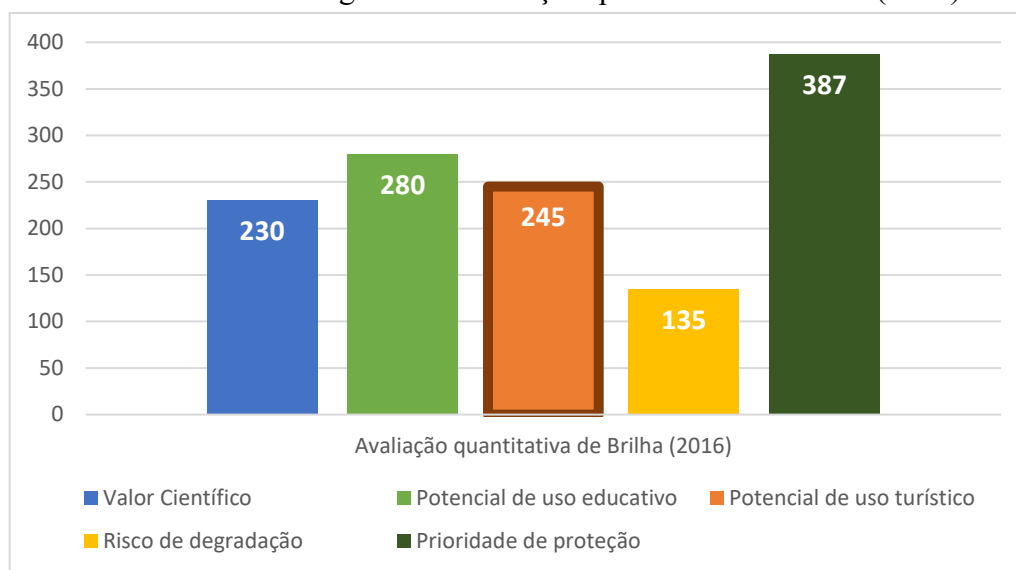
Valores		Média	RD	Prioridade de proteção (PP)
VC	230	251	135	387 (médio prazo)
PUE	280			
PUT	245			

Fonte: produzida pelo autor.

A apresentação dos valores gerais para o geossítio do Morro do Pendurado (Gráfico 2) revela um leve equilíbrio entre os valores científicos e potenciais de uso educativo e turístico, com proeminência para os valores educacionais que alcançaram o maior valor entre os três.

Ainda que tenha valores diferentes, de acordo com a escala de Relevância usada pelo GEOSSIT que usa a mesma metodologia, obteve-se valores entre 200 e 300 indicando relevância nacional para o geossítio. Estes valores serão comparados com os obtidos através da proposta adaptada neste trabalho, com destaque para o Potencial de Uso Turístico onde correram as mudanças principais e na Prioridade de Proteção, que sofreu alteração, influenciado pelas mudanças propostas.

Gráfico 2 – Valores gerais da avaliação quantitativa de Brilha (2016)



Fonte: produzido pelo autor.

### 5.3 Aplicação da avaliação quantitativa com a modificação proposta

Para a aplicação das modificações propostas, guiadas pelos acréscimos à proposta de Brilha (2016), neste trabalho foram inseridos na avaliação do Potencial de Uso Turístico. E em seguida recalculado a prioridade de proteção na Tabela 24 (PP-modificada) considerando o novo valor para os Valores turísticos (PUT-modificado) na Tabela 23.

#### 5.3.1 Potencial de uso turístico modificado de acordo com a proposta

Quanto à acessibilidade, atribuiu-se 0,75 pontos ao subcritério, uma vez que a distância de acesso é inferior a 5 km (máximo de 2,1 km), o percurso conta com trilhas, passarelas e locais de descanso em quase toda sua extensão, e existem áreas naturais propícias para pausas nas proximidades do geossítio. No último ponto de apoio próximo ao início da trilha, a presença de banheiros e venda de suprimentos fundamentou a pontuação de 0,75 para serviços básicos.

Referindo-se aos valores funcionais, a pontuação máxima (1 ponto) foi aplicada, considerando a proximidade do sítio e do Parque Nacional com a sede urbana de Ubajara, que oferece todos os itens listados no subcritério.

Para a beleza cênica, sugeriu-se a pontuação máxima devido à existência de pelo menos três mirantes: um no acesso à parte superior do morro, um construído de frente para o Morro do Pendurado e outro na estação superior do teleférico, que oferece vista privilegiada para o geossítio. A heterogeneidade do local e o contraste entre o entorno, a parte externa e as cavernas indicaram também a nota máxima para o subcritério "Cores e Harmonização com a Paisagem", considerando-se a paleta de cores dos ambientes e a forma como o morro irrompe na base da

serra, em meio à vegetação. Ademais, as características geológicas, por serem bem distintas e de fácil leitura, sugeriram a pontuação de 1 para este subcritério.

Sobre o tamanho, propôs-se uma classificação de grande porte em comparação com geossítios de dimensões decamétricas, como a Pedra Furada de Jericoacoara-CE e a da Serra da Capivara-PI. O Morro do Pendurado possui um desnível que pode ultrapassar 120 m (base-topo) e uma extensão lateral superior a 480 m.

Por fim, nos serviços interpretativos, a pontuação foi de 0,75 para painéis devido à existência de, pelo menos, um banner informativo e a réplica do crânio do urso pleistoceno encontrado na Gruta do Urso Fóssil. Já para o serviço de guias, atribuiu-se a nota máxima (1 ponto), por atender a todos os requisitos. O geossítio, que dá nome a uma de suas grutas, possui ligação com a comunidade local, sendo um dos mais conhecidos da região e próximo aos limites do parque, e conta com lendas associadas, o que justificou a pontuação de 0,75 no valor de memória. No último subcritério, admitiu-se 0,50 ponto pela potencialidade de realização de outras atividades, como a escalada na parte superior do morro, caso o esporte venha a ser implementado no parque. Estes valores foram submetidos à tabela para o cálculo do Potencial de Uso Turístico com as modificações propostas (Tabela 23).

Tabela 23 – Valores para o Pontencial de Uso Turístico modificado

Tabela 25 – Valores para o Potencial de Uso Público Modificado					
Potencial de uso turístico (PUT-modificado)					
Critérios			Peso (%)	Pontuação (ou somatório dos subcritérios)	Nota final
Vulnerabilidade					
Existe possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários por atividade antrópica			10	3	30
Acessibilidade	Proximidade com centro de visitantes		10	3,25	33
	Entre 5 a 1Km	0,75			
	Infraestrutura turística				
	Alta (Trilhas, passarelas, locais de descanso, banheiros)	0,75			
	Serviços básicos				
	Venda de suprimentos a menos de 2Km (água/lanche/etc.)	0,75			
	Valores funcionais associados				
	Máxima (proximidade com terminal rodoviário, estacionamentos, postos de combustíveis, mercados, oficinas mecânicas)	1			
Limitações de uso					
O sítio pode ser usado por turistas, mas apenas após superar limitações (legais, permissões, físicas, marés, inundações, etc.)			5	2	10
Segurança					
Sítio com instalações de segurança, cobertura de telefonia móvel e localizado a menos de 25 km de serviços de emergência			10	3	30
Logística					

Hospedagem e restaurantes para grupos de 50 pessoas a menos de 15 km do sítio			5	4	20
Densidade populacional					
Sítio localizado em um município com menos de 100 habitantes/km²			5	1	5
Associação com outros valores					
Ocorrência de vários valores ecológicos e culturais a menos de 5 km do sítio			5	4	20
Beleza cênica/Paisagem	Mirantes e paisagem do entorno		15	3,75	56
	Três ou mais mirantes ou visibilidade espetacular do geossítio	1			
	Cores e harmonização com a paisagem				
	Geossítio ou paisagem com alto grau de heterogeneidade cromática e que se destaca regionalmente	1			
	Complexibilidade e legibilidade				
	Geossítio com elementos extremamente heterogêneos e de fácil distinção de características	1			
	Superfície				
Grande		0,75			
Singularidade					
O sítio apresenta características comuns nesta região, mas incomuns em outras regiões do país			10	2	20
Condições de observação					
Todos os elementos geológicos são observados em boas condições			5	4	20
Potencial interpretativo					
O sítio apresenta elementos geológicos de forma muito clara e expressiva para todos os tipos de público			5	4	20
Serviços interpretativos	Painéis interpretativos		5	2,5	13
	Presença de paineis ou banners informativos sobre o geossítio	0,75			
	Serviço de guias				
	Disponibilidade de guias certificados, bilingues, com conhecimento interpretativo e da geologia local	1			
	Valor de memória				
	O geossítio apresenta ligação direta com a história local, sendo utilizado para nomear e como referência para a região e possui algum mito/lenda associado	0,25			
	Valor adicional associado				
O geossítio pode vir a ser utilizado para atividades recreativas caso ocorram intervenções na área		0,5			
Nível Econômico					
O sítio está localizado em um município com renda familiar inferior à média nacional			5	1	5
Proximidade de Áreas Recreativas					
Sítio localizado a menos de 5 km de uma área recreativa ou atração turística			5	4	20
Total			100		301

Fonte: produzida pelo autor.

### 5.3.2 Prioridade de Proteção após modificação no Potencial de Uso Turístico (PP-modificada)

Utilizando o valor obtido com a modificação nos Potencial de Uso turístico, calculou-

se um novo valor para Prioridade de proteção (Tabela 24). O valor obtido de 405 para a prioridade de proteção não alterou a faixa de proteção, considerada ainda de médio prazo. Porém apresentou uma elevação de 18 com relação ao calculado na proposta original (387).

Tabela 24 – Prioridade de proteção modificada.

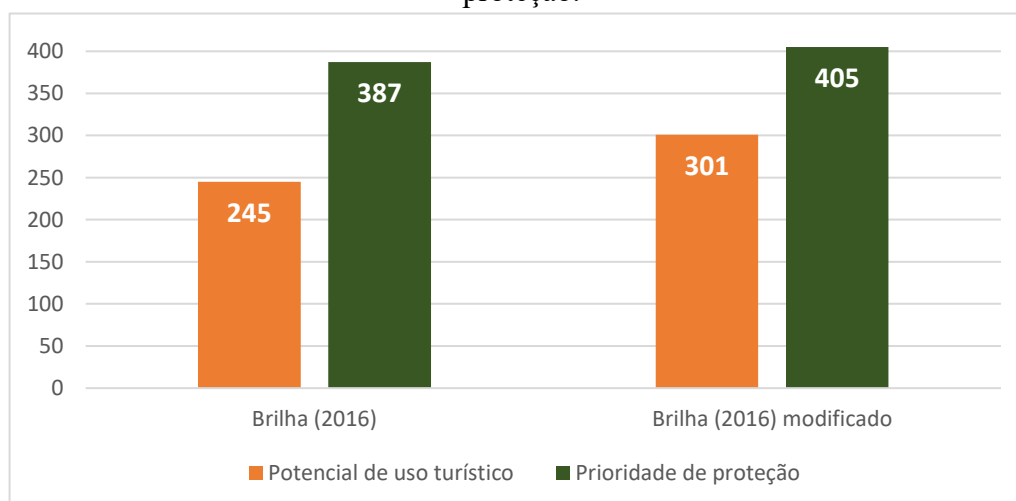
Valores		Média	RD	Prioridade de proteção (PP-modificada)
VC	230	270	135	405 (médio prazo)
PUE	280			
PUT-modificado	301			

Fonte: produzido pelo autor.

### 5.3.3 Comparativo entre as avaliações feitas com a proposta original e a modificada de Brilha (2016)

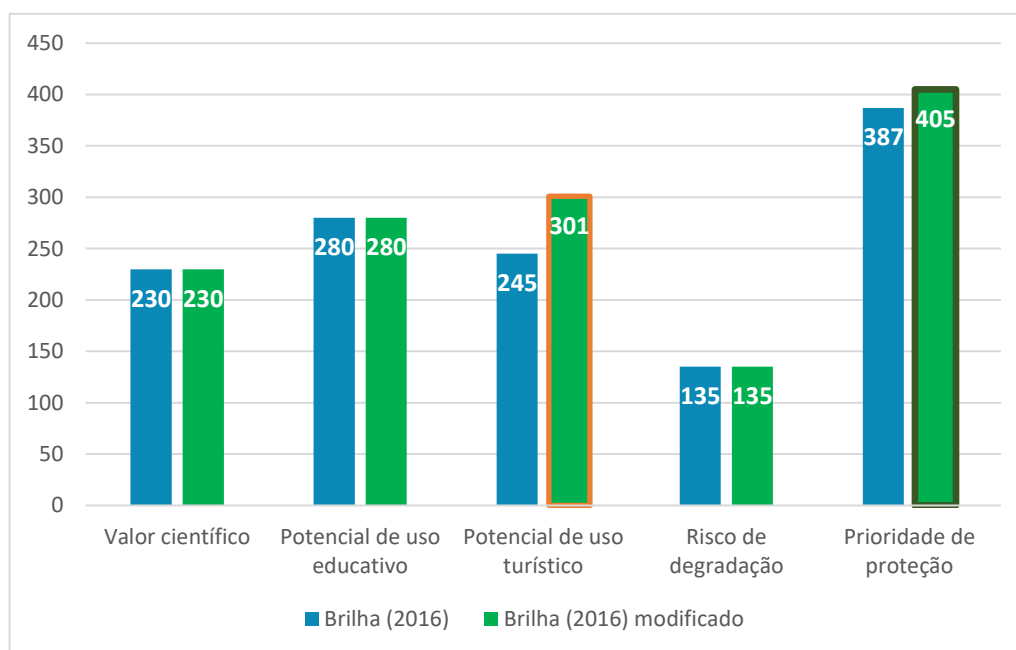
O valor total calculado (Tabela 23) para o Potencial de Uso Turístico com as modificações propostas (PUT-modificado) baseadas em Brilha (2016) elevou-se de 247, obtido pelo modelo original, para 301. Este incremento de 54 pontos (21,8%) (Gráficos 3 e 4) promove a classificação da relevância turística do geossítio de âmbito nacional para internacional, conforme os intervalos estabelecidos pela ferramenta GEOSSIT (CPRM).

Gráfico 3 – Comparativo para Potencial de Uso turísticos e Prioridades de proteção.



Fonte: produzido pelo autor.

Gráfico 4 – Comparativo para os valores gerais da avaliação



Fonte: produzido pelo autor. Destaque para o Potencial de Uso Turístico e a Prioridade de Proteção modificados.

## 6 DISCUSSÃO

O novo modelo proposto para a avaliação do geossítio ajudou a revelar seu potencial turístico para o desenvolvimento de uma nova rota de visitação dentro do Parque Nacional de Ubajara. A inclusão de critérios de outras metodologias, além do modelo proposto por Brilha (2016), orientou a análise para aspectos que poderiam ter sido omitidos por não estarem estritamente alinhados com o foco inicial, que visa avaliar a relevância, raridade e necessidades de conservação de geossítios do tipo carste/cavernas.

Na avaliação qualitativa, o critério de beleza cênica de Brilha (2016), depende inteiramente da capacidade descritiva do avaliador para articular qualidades estéticas e definir o geossítio como um local significativo e único a ser preservado. A adição de elementos extraídos principalmente da proposta de Vujičić *et al.* (2011) auxiliou a orientar a avaliação por múltiplas dimensões. O nível de detalhe proporcionado pelos critérios adicionais revelou atributos visuais das cavernas, como cores e o contraste entre o maciço rochoso e a vegetação do entorno, destacando elementos de interesse tanto no interior quanto no exterior das cavernas. Estes atributos, agora identificados, podem ser plenamente apreciados pelos visitantes.

Diferente de muitos outros geossítios, o Morro do Pendurado agrega à sua diversidade natural a vantagem de estar inserido em um Parque Nacional com uma longa história de visitação e segurança. A avaliação detalhada dos critérios de acessibilidade, beleza cênica e infraestrutura turística demonstraram que o geossítio é simultaneamente atrativo e seguro,

contando com infraestrutura física existente e recursos humanos especializados, como serviços de guia e segurança privada existente no PNU.

Sob a perspectiva da geoconservação, a existência de uma infraestrutura turística consolidada não reduz a necessidade de preservação; pelo contrário, reforça a importância da manutenção do sítio, incentivando esforços contínuos que conciliam visitação e conservação.

A incorporação desses critérios adicionais potencializou a estrutura original de Brilha (2016), fomentando a identificação de características atrativas ao visitante, sejam estéticas, interpretativas ou de infraestrutura. Essa abordagem mista não apenas evidencia os pontos fortes do geossítio, mas também sugere a necessidade de futuros modelos de avaliação focados em ambientes específicos, concebidos para reduzir a subjetividade inerente ao avaliador.

Na avaliação quantitativa, o valor final de 387 pontos indica uma prioridade de proteção em médio prazo, não demandando medidas emergenciais, mas sinalizando a necessidade de ações mitigadoras de impacto, especialmente no interior das cavernas, para garantir que as visitas sejam seguras e não intensifiquem a degradação dos ambientes.

As modificações propostas para a avaliação quantitativa, por sua vez, detalharam os critérios com foco no potencial turístico. A versão adaptada, nesta pesquisa, do modelo de Brilha resultou em uma melhoria significativa, elevando a pontuação geral dos critérios de uso turístico de 245 para 301 (incremento de 21%). Esse ganho tem dois impactos principais: primeiro, revela que o geossítio possui características para atrair um espectro diversificado de visitantes; segundo, demonstra que é possível conduzir avaliações com foco específico, um princípio observado na adaptação de modelos a diferentes contextos.

No critério de acessibilidade, a proposta original (Tabela 4) considerava basicamente a distância para rodovias principais, o que, em uma área de mata nativa, resultava em pontuação baixa. A modificação (Tabela 12) equilibrou o critério ao incorporar subcritérios relacionados à infraestrutura turística, um ponto forte do parque e ao apoio logístico do município, resultando em uma pontuação mais alta e condizente com a acessibilidade do local.

Quanto à beleza cênica, a resposta às modificações também foi positiva. Enquanto a avaliação original (Tabela 4) considerava o uso do geossítio em campanhas promocionais, a versão proposta introduziu aspectos visuais e características específicas, o que elevou significativamente a pontuação.

Por fim, a análise dos serviços interpretativos (Tabela 14), recebeu metade do peso da pontuação do potencial interpretativo original (Tabela 4), reduzindo a pontuação geral quando os dois critérios são somados. O critério inicial questionava apenas a clareza dos elementos

geológicos. A modificação, no entanto, ampliou o escopo para investigar como esse conteúdo é transmitido, pela presença de guias treinados, material promocional, representatividade da comunidade ou o uso para outras finalidades. O resultado apontou um potencial de melhoria com a produção de material interpretativo. A não utilização para turismo de aventura (até o presente momento) acarretou perda de pontuação, sem, contudo, afetar o quadro geral. Essa conclusão serve como base para futuras medidas de melhorias nesse aspecto.

O nível de detalhe proporcionado por esta avaliação servirá também como base inicial para materiais promocionais sobre o geossítio, auxiliando a identificar elementos-chave a serem incluídos em futuros conteúdos que integrem a geodiversidade e o turismo.

No entanto, é essencial reforçar a utilização obrigatória de capacetes equipados com iluminação individual nas galerias das cavernas, conforme já estabelecido no Rol de Oportunidades de Visitação em Unidades de Conservação - ROVUC (ICMBio, 2018). Esta medida é crítica para a segurança do visitante e proporciona uma experiência mais primitiva e exploratória. Nestes casos, não há estruturas de visitação construídas, e mantém-se um nível mínimo de impacto no interior das cavernas. Uma experiência diferente em comparação com a oferecida na Gruta de Ubajara.

Este estudo responde à necessidade do parque em abrir novos roteiros turísticos e diversificar a sua oferta, conforme delineado no Plano de Manejo do PNU. No momento, não estão previstas a implantação de infraestruturas ao longo do novo roteiro, como corrimãos, escadarias, passarelas ou pontes. Tais intervenções deverão ser introduzidas apenas onde necessário e após avaliação técnica, de acordo com o nível de intervenção permitido e com as ações de manejo definidas para cada classe de experiência no plano de uso público do PNU (ICMBio, 2025), garantindo que qualquer expansão de infraestrutura seja adequada e bem integrada.

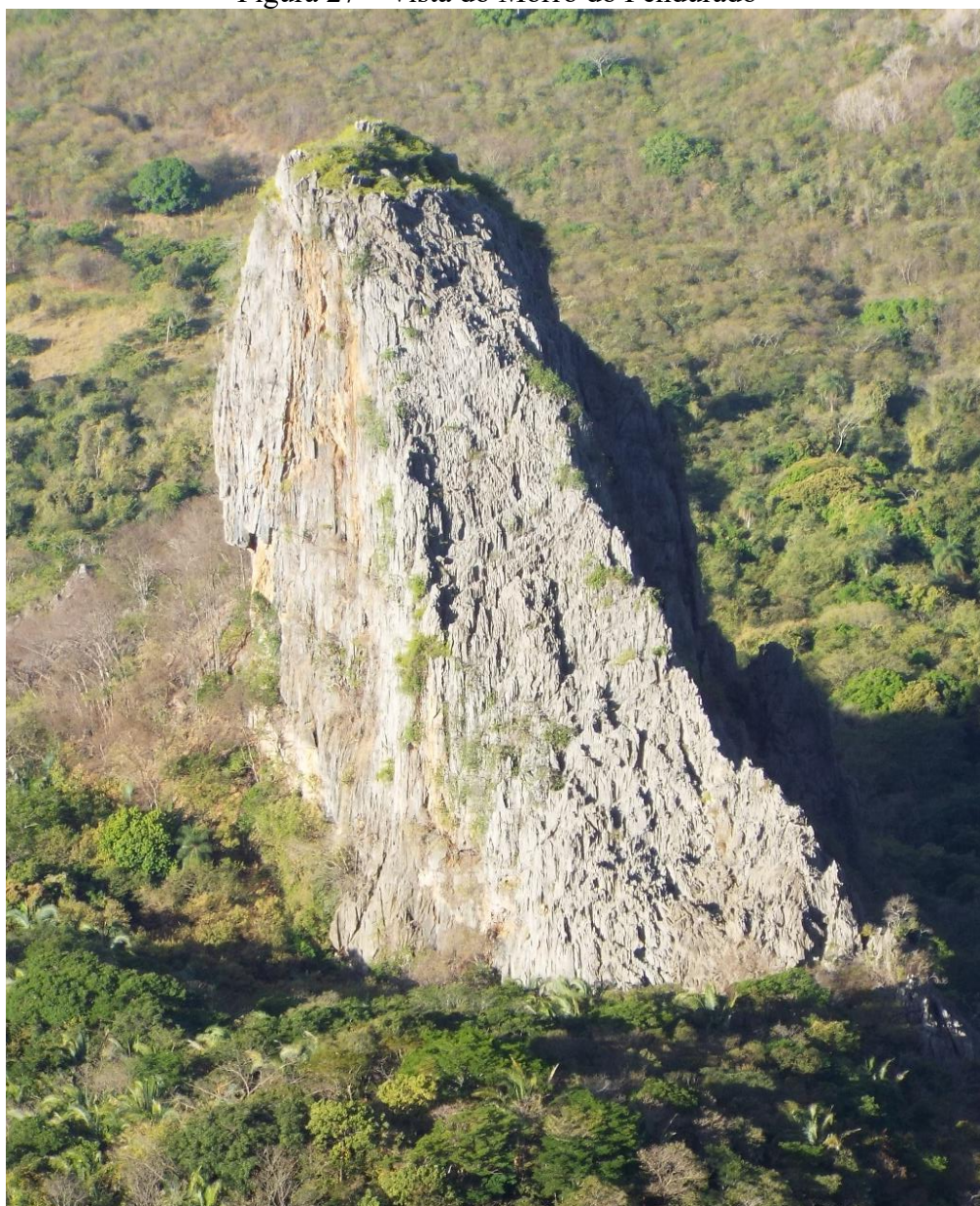
## **6.1 Proposta de roteiro turístico para o geossítio Morro do Pendurado**

O roteiro turístico proposto foi concebido para oferecer aos visitantes uma experiência completa e segura (Figura 28). O percurso inicia-se com a utilização do teleférico existente, que proporciona uma transição panorâmica para a área do Morro do Pendurado (Figura 24). A partir deste ponto, os visitantes podem optar por duas trilhas com diferentes níveis de demanda física, ambas incluindo a travessia de dois cursos d'água regionais e passando por áreas naturalmente sombreadas, estrategicamente posicionadas para descanso e contemplação.

O ponto alto da experiência é a exploração das cavidades subterrâneas. Na Gruta do Pendurado (Figura 30), os visitantes terão a oportunidade de admirar um verdadeiro museu

geológico natural, exibindo uma variedade de formações espeleológicas (Figuras 7 e 8), que variam de delicadas estruturas milimétricas a espeleotemas de grande porte, como coraloídes, colunas, travertinos e cortinas. Por sua vez, a Gruta do Urso Fóssil (Figura 31) apresenta um ambiente cavernícola espaçoso, com dois níveis subterrâneos (Figuras 9, 10 e 11), e oferece um contato direto com o patrimônio paleontológico da região. No interior da caverna, foram descobertos tanto o crânio quanto a mandíbula de um urso do Pleistoceno. Este espécime é um dos apenas três exemplares conhecidos em todo o país. Uma réplica do fóssil está atualmente em exposição no centro de visitantes (Figura 12).

Figura 27 – Vista do Morro do Pendurado



Fonte: produzido pelo autor. Vista a partir do seu mirante, próximo ao centro de visitantes.

O segmento final do itinerário conduz os visitantes à área externa do Morro do

Pendurado, onde a paisagem cárstica pode ser observada em toda a sua extensão. Do topo, que apresenta proeminentes lapiás de grande escala (Figura 27), descortina-se uma ampla vista da Serra da Ibiapaba. Esta paisagem é caracterizada por um marcante contraste entre a vegetação densa, os paredões de arenito entrecortados por cachoeiras naturais e as estruturas calcárias da Formação Frecheirinha (Figura 28).

Figura 28 – Panorâmica a partir da estação superior do teleférico

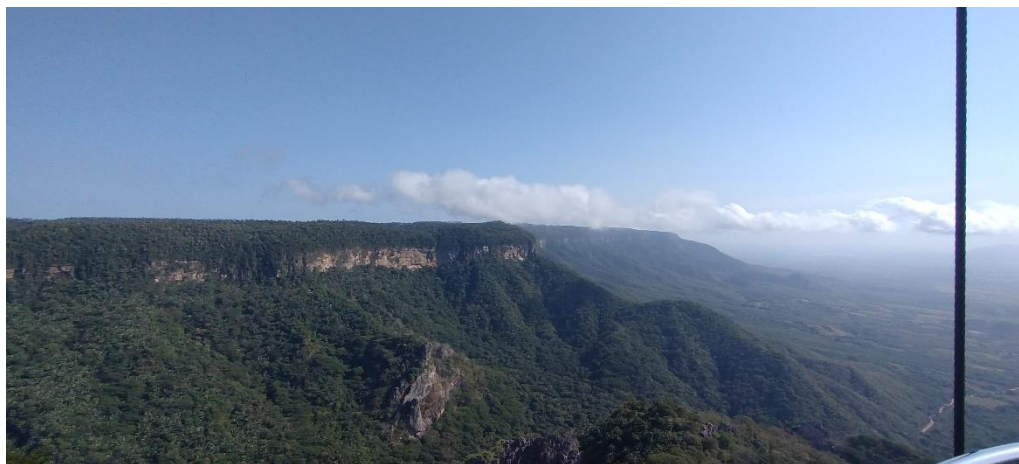
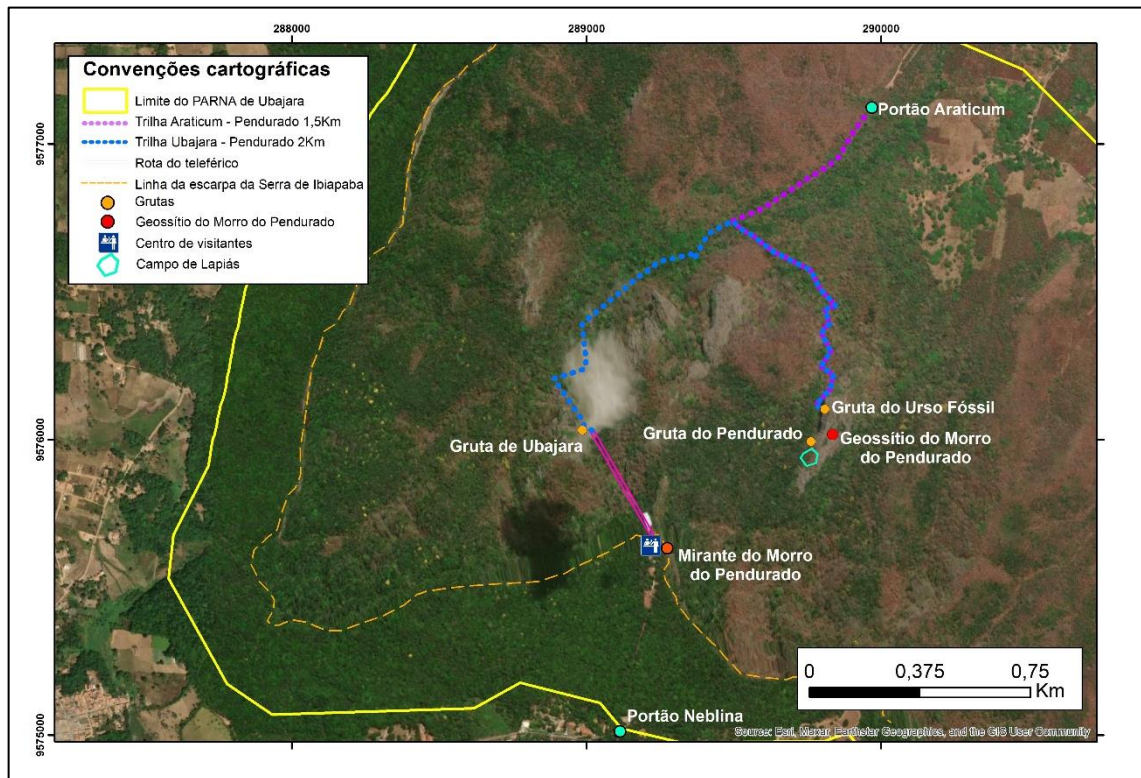


Foto mostrando o vale, os paredões de arenito na porção mais alta da serra e os morros calcários, logo abaixo, se sobressaindo entre a vegetação. Fonte: produzida pelo autor.

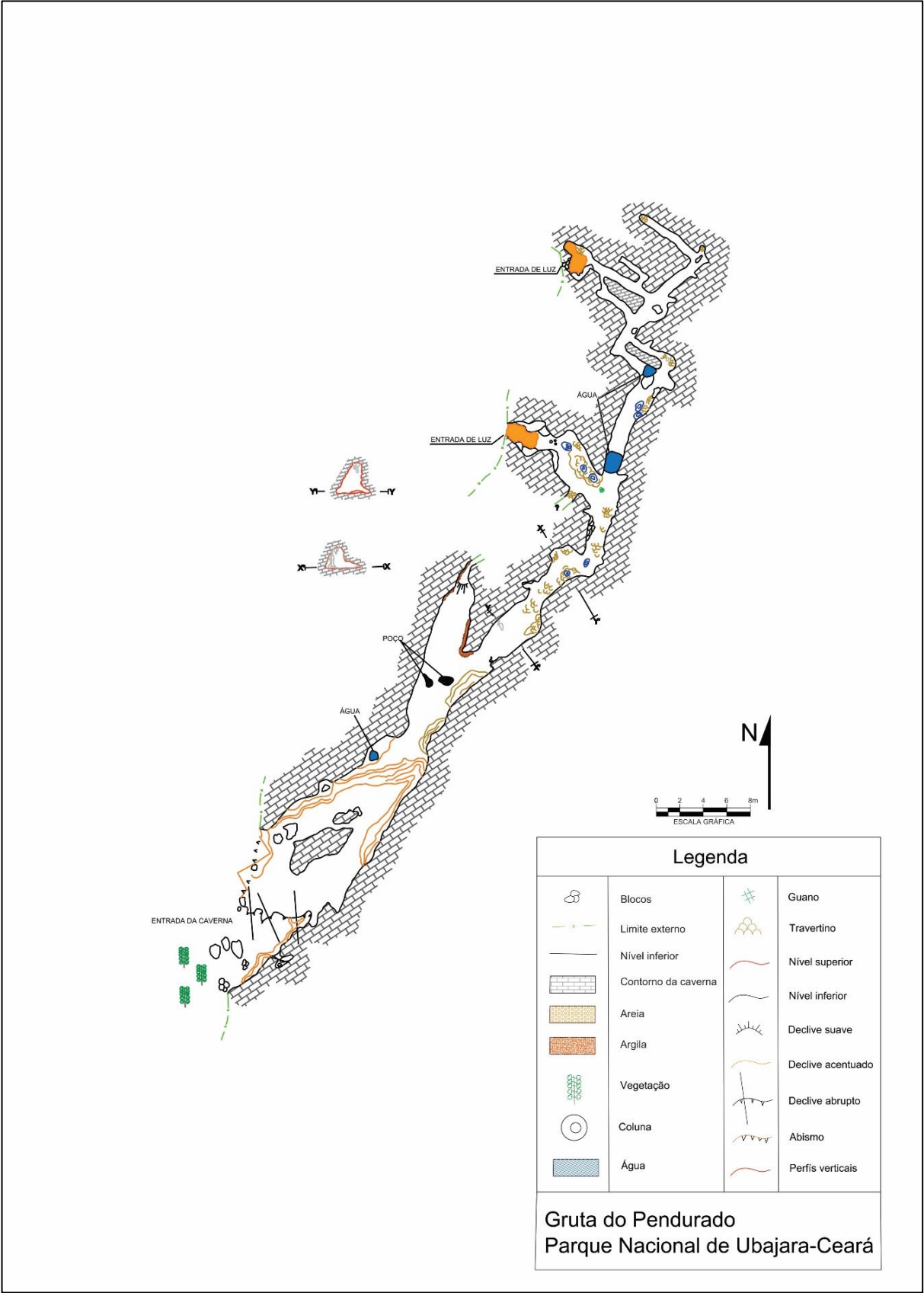
A infraestrutura proposta foi planejada para garantir tanto a segurança quanto a qualidade da experiência do visitante. Para além da utilização do teleférico existente, a proposta prevê a implantação de trilhas sinalizadas com pontos de apoio estrategicamente posicionados, incluindo áreas de descanso sombreadas que permitem pausas confortáveis ao longo do percurso, conforme ilustrado na Figura 14, já instalada em um trecho da atual trilha de acesso. Todo o percurso foi planejado para proporcionar o contato direto com os aspectos geológicos e geomorfológicos da região, ao mesmo tempo que promove a interação com a fauna e flora locais, resultando em uma experiência turística abrangente e enriquecedora.

Figura 29 - Rotas das trilhas de acesso ao Morro do Pendurado



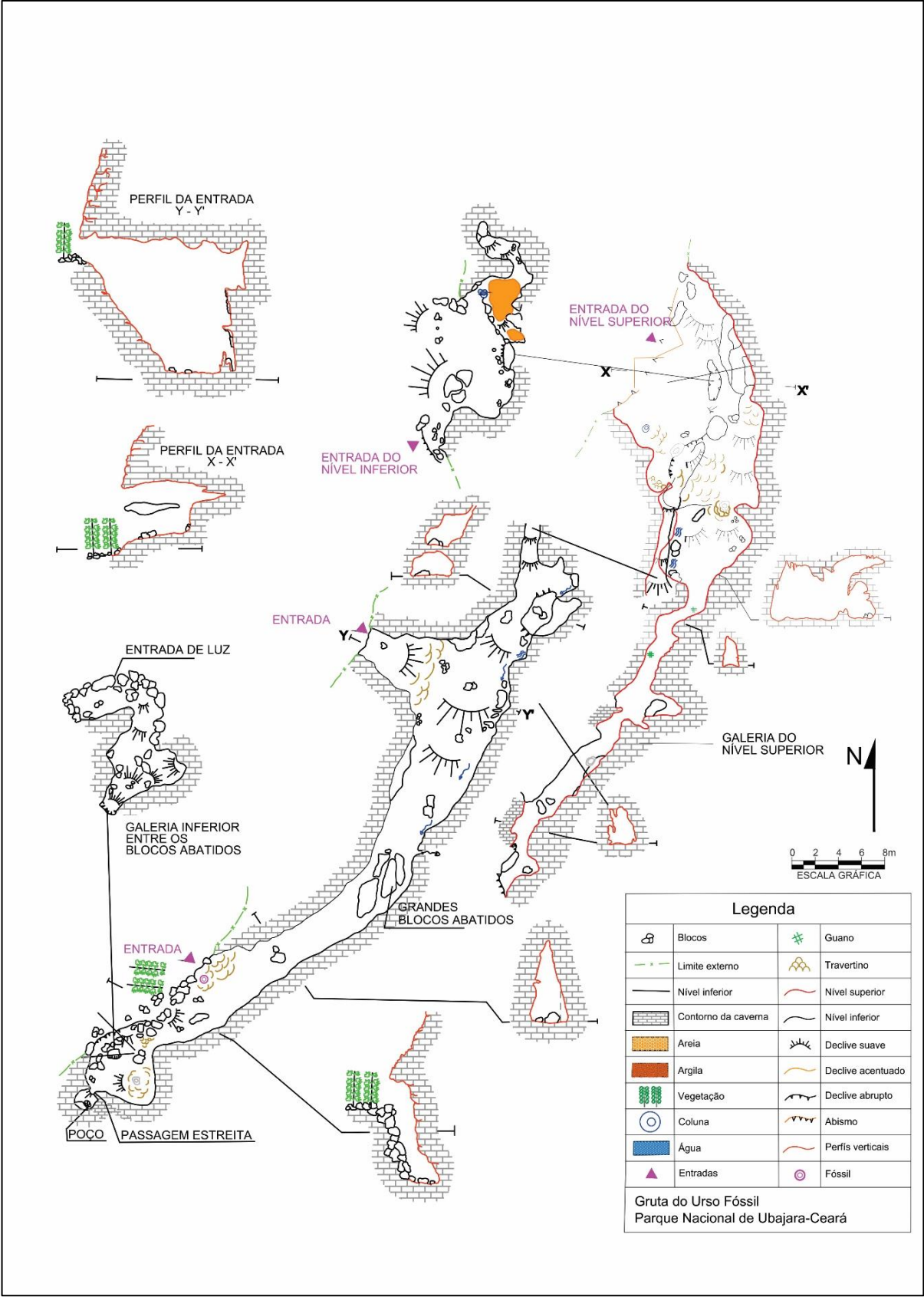
Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 30 – Projeção horizontal da Gruta do Pendurado



Fonte: Redigitalizado a partir do mapa original do Projeto Revisão do Plano de Manejo elaborado pelo ICCN (Instituto Cearense de Ciências Naturais).

Figura 31 – Projeção horizontal da Gruta do Urso Fóssil



Fonte: Redigitalizado a partir do mapa original do Projeto Revisão do Plano de Manejo elaborado pelo ICCN (Instituto Cearense de Ciências Naturais).

## 7 CONCLUSÃO

Este estudo evidencia a importância da conservação do geossítio Morro do Pendurado e suas cavernas, tanto para o desenvolvimento científico, particularmente nos campos da espeleologia e da paleontologia, quanto para seu valor educativo, interpretativo e turístico. No que diz respeito ao seu potencial turístico, que é o foco principal desta pesquisa, a combinação de diferentes metodologias de avaliação mostrou-se eficaz ao permitir uma análise abrangente dos atributos cênicos, da capacidade interpretativa, da experiência do visitante e da disponibilidade de serviços. Os resultados indicam a viabilidade e o apelo do estabelecimento de uma nova rota turística dentro do Parque Nacional de Ubajara (PNU), com especial destaque para este geossítio. As modificações propostas na avaliação quantitativa apresentaram aumento em sua pontuação final para o Potencial de Uso Turístico e ainda aumentaram significativamente sua prioridade de proteção. Apontou também que a abertura prevista para visitação pelo PNU trará benefícios e mais reconhecimento ao geossítio.

Neste contexto, a exploração das cavernas oferece não apenas paisagens de beleza distintiva, mas também um contato direto com feições geomorfológicas incomuns e pouco conhecidas no estado do Ceará, equiparando-o a outras grandes atrações do parque. Um aspecto notável é que, devido às dimensões relativamente reduzidas das cavernas, os visitantes podem observar as feições espeleológicas e os espeleotemas de muito perto. Em cavidades maiores, essas formações frequentemente parecem distantes ou são de difícil interpretação para não especialistas.

Além disso, o geossítio é acessível a visitantes com diferentes níveis de conhecimento e apresenta, simultaneamente, um desafio moderado para aqueles que buscam experiências imersivas, desejam explorar a diversidade natural do Ceará ou simplesmente apreciam o contato com ambientes geológicos únicos.

A infraestrutura disponível, que inclui áreas de recepção, guias treinados e materiais interpretativos sobre a geodiversidade da Serra da Ibiapaba e arredores, contribui para uma visita segura e enriquecedora. Adicionalmente, partes do percurso apresentam elementos que podem atrair turistas mais aventureiros, incorporando aspectos de desafio físico e exploratório.

A proposta de modelo de avaliação apresentada e aplicada neste trabalho se mostrou significativa, trazendo resultados positivos para o geossítio do Morro do Pendurado. Esta proposta, aplicada em apenas 3 critérios, de um universo de 27 no total, se demonstrou viável e pode inspirar novos trabalhos e adaptações. Principalmente em países como o nosso, com um grande território e uma quantidade enorme de ambientes diferentes para se avaliar. A sugestão deste autor seria que houvesse diferentes modelos de avaliação para pelo menos alguns tipos

diferentes de ambientes como: cavernas, ambientes costeiros, inselbergs, dunas, deltas de rios, bacias sedimentares, etc. pela complexidade que é utilizar apenas uma proposta e não ter como comparar a relevância de geossítios muito distintos.

Desta forma, os resultados deste estudo reforçam a importância do Geossítio Morro do Pendurado como um patrimônio natural com valor científico, educativo e turístico, suportando a sua inclusão nos roteiros consolidados do Parque Nacional de Ubajara como uma atração complementar e estrategicamente relevante, contribuindo significativamente para a diversificação de roteiros turísticos no PNU e consequente redistribuição dos grandes volumes de visitantes. Essa contribuição se mostra benéfica à Gruta de Ubajara, uma vez que influencia a redução de impacto causado pela visitação massiva da mesma.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTIĆ, A., TOMIĆ, N., & MARKOVIĆ, S. B. - **Applying the Show Cave Assessment Model (SCAM) on cave tourism destinations in Serbia**. International Journal of Geoheritage and Parks, 10, 616–634. 2022 <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.06.004>
- ANTIĆ, A., MIHAILOVIĆ, D., RADOVIĆ, P., TOMIĆ, N., MARKOVIĆ, S. B., & GAVRILOV, D. **Assessing speleoarchaeological geoheritage: Linking new Paleolithic discoveries and potential cave tourism destinations in Serbia**. International Journal of Geoheritage and Parks, 10, 289–307. 2022 <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.03.004>
- AROUCA GEOPARK. **Declaração de Arouca**. Arouca, (2011). Disponível em: <[http://www.cm-arouca.pt/portal/images/stories/noticias/Geoparque/declaracao%20de%20arouca\\_pt.pdf](http://www.cm-arouca.pt/portal/images/stories/noticias/Geoparque/declaracao%20de%20arouca_pt.pdf)>. Acesso em: 26 fev. 2018.
- AUBERT M, LEBE R, OKTAVIANA AA, TANG M, BURHAN B, HAMRULLAH JA, ABDULLAH HB, ZHAO J-X, GERIA IM, SULISTYARTO PH, SARDI R, BRUMM A. **Earliest hunting scene in prehistoric art**. Nature 576(7787):442–445. 2019.
- AULER, Augusto S.; PILÓ, L. B. **Geologia de cavernas e sua interpretação à luz da legislação ambiental espeleológica**. Espeleologia e licenciamento ambiental. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade–ICMBio. Brasília/DF, p. 39-75, 2019.
- BALLESTEROS D, FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ E, CARCAVILLA L, JIMÉNEZ-SÁNCHEZ M. **Karst cave geoheritage in protected areas: characterization and proposals of management of deep caves in the Picos de Europa National Park (Spain)**. Geoheritage 11:1919–1939. 2019. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00416-8>
- BENTO, L. C. M., FARIAS M. F. & NASCIMENTO M. A. L. **Geoturismo: Um segmento turístico?** Revista Turismo Estudos e Práticas. 9 (1), p. 1-23, 2020. <https://geplat.com/rtep/index.php/tourism/article/view/612>
- BERNÁLDEZ, F. G. **Invitación a la ecología humana: La adaptación afectiva al entorno**. Madrid:Editora GAR. 1985.
- BIOT V. **Le tourisme souterrain en France**. Karstologia Mémoires 15:1–236, 2006.

BOČIĆ N, LUKIĆ A, OPAČIĆ VT. **Management models and development of show caves as tourist destinations in Croatia.** Acta Carsologica 35(2–3):13–21, 2006.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Plano de Manejo do Parque Nacional de Ubajara.** Brasília, DF: ICMBio, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/parna-de-ubajara/arquivos/plano-de-manejo-parna-ubajara.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2025.

BRILHA, J. **Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review.** Geoheritage, 8(2), 119-134, 2016.

BRUSCHI VM, CENDRERO A, ALBERTOS JAC . **A statistical approach to the validation and optimisation of geoheritage assessment procedures.** Geoheritage 3(3):131–149, 2011.

CAO X, YANG X, LI X, SUN X. **Statistical analysis of show cave scenic areas (spots) in China.** Carsologica Sinica 2:246–274, 2017.

CARTELLE, C. **Um pequeno urso do Pleistoceno final da Bahia.** Acta Geologica Leopoldensia, v. 46, n. 47, p. 171-189, 1998.

CHIARINI, V., DUCKECK, J. & DE WAELE, J. **A Global Perspective on Sustainable Show Cave Tourism.** Geoheritage 14, 82, 2022. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00717-5>

CIGNAAA, FORTI P. **Caves: the most important geotouristic feature in the world.** Tourism Karst Areas 6(1):9–26, 2013.

CIGNAAA. Show caves. In: Culver DC, White WB, Pipan T (eds) **Encyclopedia of caves.** Academic Press, New York, p. 909–921, 2019.

COLUMBU A, CALABRO L, CHIARINI V, DE WAELE J. **Stalagmites: from science application to museumization.** Geoheritage 13:47, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00573-9>

CPRM. **Serviço Geológico do Brasil. Mapa de Zoneamento Espeleológico da APA Carste de Lagoa Santa.** 1998. <[http://cprm.gov.br/publique/media/gestao\\_territorial/apacarste/Zoneamento\\_Espeleologico.pdf](http://cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/apacarste/Zoneamento_Espeleologico.pdf)> Accessed 12 September 2020.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geossit: cadastro de sítios geológicos.** Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/geossit/>. Acessado em 12/11/2025

CRANE R, FLETCHER L. **The speleotourist experience: approaches to show cave operations in Australia and China.** Helictite 42:1–11, 2016.

DONATO CR et al. **Análise de impacto sobre as cavernas e seu entorno no município de Laranjeiras.** Sergipe, 2011.

DONATO CR, RIBEIRO AD, SOUTO LDS. **A conservation status index, as an auxiliary tool for the management of cave environments.** Int J Speleol 43(3):8, 2014. <https://doi.org/10.5038/1827-806X.43.3.8>

DUCHENE HR. **Resource inventory: a tool for cave science, management, and restoration. Cave conservation and restoration.** National Speleological Society, Huntsville, pp 19–32, 2006.

ERIKSTAD, L. **History of geoconservation in Europe.** In: BUREK, C. V.; PROSSER, C. D. The history of geoconservation. London: Geological Society. (Special Publications, 300). 2008.

- FARSANI N.T, COELHO C.O, COSTA C.M, AMRIKAZEMI A. **Geo-knowledge management and geoconservation via geoparks and geotourism**. *Geoheritage*. 6(3):185-192, 2014.
- FETTER, A.H. - **U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceari State, NW Borborema province, NE Brazil: implications for the assembly of Gondwana**. [Tese], Department of Geology, Kansas Univ., Lawrence, KS - USA, 164 p., 1999.
- FORD, D. C.; WILLIAMS, P. W. **Karst Hydrogeology and Geomorphology**. Chichester: John Wiley & Sons, 2007.
- FOSTER DG. **Cave management in the United States: an overview of significant trends and accomplishments**. In: Proceedings of the 1999 national cave and karst management symposium, Southeastern Cave Conservancy, Chattanooga, pp. 59–63., 1999.
- GARCIA, M. da G. M., PARENTE, C. V., da SILVA F., W. F, ALMEIDA, A. R. de, **Age of magmatic events in the Eopaleozoic Jaibaras Basin, NE Brazil: Constraints from U-Pb zircon geochronology**, *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 84, Pages 113-126, 2018.
- GARCÍA-CORTÉS A. & URQUÍ L. C. - **Documento metodológico para la elaboración del inventario Español de lugares de interés geológico (IELIG)**. Version 11, 12-03-2009. Instituto Geológico y Minero de España. Disponível em: <http://w.igme.es/internet/patrimonio/>, acessado em: 23/Set/15.
- GARCÍA-ORTIZ, Esperanza; FUERTES-GUTIÉRREZ, Inés; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, Esperanza. **Concepts and terminology for the risk of degradation of geological heritage sites: fragility and natural vulnerability, a case study**. *Proceedings of the Geologists' Association*, v. 125, n. 4. 2014.
- GAROFANO M, GOVONI D. **Underground geotourism: a historic and economic overview of show caves and show mines in Italy**. *Geoheritage* 4(1–2):79–92, 2012.
- GILLIESON, D. S. **Management of caves**. In *Karst management*. Springer, Dordrecht. p. 141–158, 2011.
- GILLIESON DS, GUNN J, AULER A, BOLGER T (Eds). **Guidelines for Cave and Karst Protection. Second Edition**. International Union of Speleology/International Union for Conservation of Nature, Postojna (Slovenia)-Gland (Switzerland):p 112, 2022.
- GORAYEB, P, S. de S.; ABREU, F. de A. M. de; CORRÊA, J. A. M.; MOURA, C. A. V. **Relações estratigráficas entre o granito Meruoca e a seqüência Ubajara-Jaibaras**. In: *Congr. Bras. de Geol. 7. Belém. Anais...* Belém, SBG. v. 6. p. 2678-2688, 1988.
- GORDON J.E. **Geoheritage, geotourism and the cultural landscape: Enhancing the visitor experience and promoting geoconservation**. *Geosciences*. 8(4):136, 2018.
- GRAY, M. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. 2nd ed. London: John Wiley & Sons. 2013.
- GUZMÁN R, FERNÁNDEZ G. **Geoconservation, geotourism and speleotourism: analysis of two cave systems in Argentina**. *Tourism and Karst Areas*. 9(1):83-93, 2016.

HENRIQUES M.H, dos REIS R.P, BRILHA J, MOTA T. **Geoconservation as an emerging geoscience**. *Geoheritage*. 3(2):117-128, 2011.

HSIOU A.S., OLIVEIRA P.V. de, XIMENES C.L., and VIANA M.S.S. **Lizards and snakes (Lepidosauria, Squamata) from the late Quaternary of the state of Ceara' in northeastern Brazil**. *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 74, no. 3, p. 262–270, 2012. DOI: 10.4311/2011PA0239

HOFFMANN DL, STANDISH CD, GARCÍA-DIEZ M, PETTITT PB, MILTON JA, ZILHAO J, ALCOLEA-GONZÁLEZ JJ, CANTALEJO-DUARTE P, COLLADO H, de BALBÍN R, LORBLANCHET M, RAMOS-MUNOZ J, WENIGER G-C, PIKE AW. **U-Th dating of carbonate crusts reveals Neandertal origin of Iberian cave art**. *Science* 359(6378):912–915, 2018.

HARLEY GL, POLK JS, NORTH LA, REEDER PP. **Application of a cave inventory system to stimulate development of management strategies: the case of west-central Florida, USA**. *J Environ Manage* 92(10):2547–2557, 2011. [https:// doi. org/ 10. 1016/j. jenvm an. 2011.05. 020](https://doi.org/10.1016/j.jenvm.2011.05.020)

HOSE T.A. **Geotourism and interpretation**. In *Geotourism*,. London: Elsevier. P. 221-241, 2006.

HOSE, T. A. **Geotourism – selling the earth to Europe**. Engineering geology and the environment. Amsterdam. 1997.

HVIZDÁK L, MOLOKÁČ M, DREVKO S, KRŠÁK B, HLAVÁČOVÁ L, SUKKE A. **Utilization possibilities of attractions of Slovak Karst to create Geopark**. In: Štrba L. (Ed), *Conference Proceedings Geotour & Irse*:p 72–80, 2014.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Planos de Manejo Espeleológico: diretrizes e orientações técnicas**, 2023. <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/parna-de-ubajara/arquivos/plano-de-manejo-parna-ubajara.pdf> Accessed 06 July 2025

KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. E. **Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil**. *EspeleoTema*, n.13: 105- 167, 1980.

KEMPE S, HUBRICH HP. **Inscriptions of some historically known persons in Postojnska jama**. *Acta Carsologica* 40(2):397–415, 2011.

KEMPE S, DUNSCH B, FETKENHEUER K, NAUMANN G, REINBOTH F. **Die Baumannshöhle bei Rübeland/Harz im Spiegel der wissenschaftlichen Literatur vom 16 bis zum 18 Jahrhundert: Lateinische quellentexte**. *Braunschweiger Naturkundliche Schriften* 7(1):171–215, 2004.

LOBO, H.A.S.; BOGGIANI, P.C.; PERINOTTO, J.A. de J. **Espeleoturismo no Brasil: Panorama Geral e Perspectivas de Sustentabilidade**. *Revista Brasileira de Ecoturismo*, v. 1, n. 1, p. 62-83, 2008.

LOBO HAS, MORETTI EC. **Tourism in caves and the conservation of the speleological heritage: the case of Serra da Bodoquena (Mato Grosso do Sul State, Brazil)**. *Acta Carsologica* 38(2–3):265–276, 2009.

LOBO H.A.S, TRAJANO E, de Alcântara MARINHO M, BICHUETTE M.E, SCALEANTE J.A.B, SCALEANTE O.A.F, ... & LATERZA F.V. **Projection of tourist scenarios onto fragility maps: Framework for determination of provisional tourist carrying capacity in a Brazilian show cave**. *Tourism Management*. 35:234-243, 2013.

MAKSoud KMA, BAGHDADI MI, RUBAN DA. **Caves as geoheritage resource in remote desert areas: a preliminary evaluation of Djara Cave in the Western Desert of Egypt.** *Geologos* 27(2):105–113, 2021.

MARRA RJC. **Crêterios de relevância para classifica o de cavernas no Brasil**, 2009

MEIRA, S. A., DANTAS, T. B., Leite do NASCIMENTO, M. A., & Da SILVA, E. V. **Geoconserva o no Geossítio Trilha Ubajara-Araticum, Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil.** *Revista Do Departamento De Geografia*, 38, 42-57, 2019. <https://doi.org/10.11606/rdg.v38i1.156027>

MEIRA, S. A.; SILVA, E. V. da ** ndice de geodiversidade do parque nacional de Ubajara, Ceará, Brasil.** *Revista de Geociências do Nordeste*, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 35–40, 2021. DOI: 10.21680/2447-3359.2021v7n2ID20534. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/20534>. Acesso em: 22 set. 2025.

MEIRA, S. A.; SILVA, E. V. Da; NASCIMENTO, M. A. L. Do. **Avalia o do potencial geoturístico do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil.** *Boletim de Geografia*, v. 41, p. 213-230, e64718, 28 jun. 2023.

MELEG IN, ROBU M, BORDA DR, GHEMIŞ C, M TY SI L, LASCU VT. **Show Caves of Romania.** In: Ponta GML, Onac BP (eds) *Cave and Karst Systems of Romania*. Springer, Cham, pp 519–535, 2019.

MENIN, D. de S., & BACCI, D. de L. C. **Avalia o de inventários e mecanismos de qualifica o de cavernas pela perspectiva do uso educativo e da divulga o científica.** *Geologia USP. Série Científica*, 22(3), 3-17, 2022. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v22-184311>

MENIN DSD, TOGNETTA LRP, BACCI DDLC. **As cavernas como tema interdisciplinar no ensino fundamental.** *Revista Brasileira de Educa o Ambiental (RevBEA)* 17(3):72–91, 2022. <https://doi.org/10.34024/revbea.2022.v17.13432>

MENIN, D. S., BACCI, D. C. **Qualification of Caves for Educational Use and Scientific Dissemination: a Methodological Proposal.** *Geoheritage* 15, 29, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00789-x>

MENIN, Daniel de Stefano,. **Inventário espeleológico e proposta educativa para geoconserva o e educa o baseada no lugar no Alto do Ribeira, SP.** 2024. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44144/tde-29012025-120955/>. Acesso em: 23 set.

MOURA-F , M. M. **Evolu o Geomorfológica da Ibiapaba setentrional, Ceará: G nese, Modelagem e Conserva o.** Tese de Doutorado apresentado ao PPGG da UFC, Fortaleza-CE, p. 307, 2015.

MOURA-F , M.M.. **Caracteriza o geológica-geomorfológica da Ibiapaba Setentrional (Ceará-Brasil).** *Revista de Geociências do Nordeste*. v.5(1):p1-21, 2019. DOI: 10.21680/2447-3359.2019v5n1ID15427

MOURA-F , M.M. **Análise das unidades geomorfológicas da Ibiapaba setentrional (noroeste do estado do Ceará, Barsil).** *Caminhos da Geografia*. v. 18 n. 63. pp.1-29, 2017. <https://doi.org/10.14393/RCG186311>

NEWSOME, D.; DOWLING, R. **Geoheritage and geotourism**. In: REYNARD, E.; BRILHA, J. **Geoheritage: assessment, protection and management**. Amsterdam: Elsevier. cap. 17, p. 305-318, 2018.

OLIVEIRA, P. V. & SALES, M. & Luiz, VIANA<sup>2</sup> & SIMONE, Luiz. **Eoholocene malacofauna (gastropoda, pulmonata) from a cave of national park of ubajara, ceará state, brazil**. Estudos Geológicos. 21. 85-93, 2011.

OLIVEIRA, P. V. Et Al. **Tayassuidae, cervidae e tapiridae da gruta do urso fóssil, holoceno, parque nacional de ubajara, ceará, brasil**. Revista brasileira de Paleontologia, v. 17, n. 3, p. 417-434, 2014.

PEPPOLONI S, BILHAM N, Di CAPUA G. **Contemporary Geoethics Within the Geosciences**. In Exploring Geoethics, pp. 25-70, 2019. Cham: Palgrave Pivot.

PEREIRA, P., PEREIRA, D., CAETANO Alves, M. I. **Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal)**. Geographica Helvetica 62, 2007. Basel.

PNUD Atlas Brasil (2010) - Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil – disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/231360#idhm-all> – acessado em 23/10/2025

PONTES HS, MASSUQUETO LL, FERNANDES LA, FOLTRAN AC, de MELO MS, MOREIRA JC. **Caves geodiversity evaluation as an instrument to the management of the Campos Gerais National Park, Southern Brazil**. Geoheritage 11:641–651, 2019. [https:// doi.org/ 10.1007/ s12371- 018- 0317-9](https://doi.org/10.1007/s12371-018-0317-9)

Portaria GM/MMA nº 300, de 13 de dezembro de 2022: **Reconhece a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção**.

Portaria ICMBIO Nº 2.301, de 23 de agosto de 2023: **Aprova a revisão do Plano de Manejo do Parque Nacional de Ubajara**.

PRALONG, J. P. **A method for assessing the tourist potential and use of geomorphological sites**. Géomorphologie. Relief, processus, environnement 3, 2005. Paris.

REYNARD, E., FONTANA, G., KOZLIK, L., SCAPOZZA, C. **A method for assessing “scientific” and “additional values” of geomorphosites**. Geographica Helvetica 62-3, 2007. Basel.

REYNARD, E.: **Scientific research and tourist promotion of geomorphological heritage**. Geografia física e dinamica quaternaria 31-2, 2008. Turin.

RUBAN D.A. **Karst as Important Resource for Geopark-Based Tourism: Current State and Biases**. Resources.7(4):82, 2018.

SANTOS DJ. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental das áreas cársticas da região entre os municípios de Lagoa Santa e Monjolos MGN**, 2013.

SANTOS PLA. **Patrimônio Geológico na área do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), Vale do Ribeira, SP – Brasil: a capacidade de carga na definição de estratégias de gestão para o uso público de sítios geológicos**, 2019

SANTOS, T. J. S. dos, FETTER, A. H., HACKSPACHER, P. C., VAN SCHMUS, W. R., NOGUEIRA N., J. de A., - **Structural and geochronological studies of the Médio Coreaú Domain, NE Brazil: Constraints on Brasiliano/Pan-African tectonic evolution in the NW part of the Borborema Province** - Journal of the Virtual Explorer, 2004, Volume 17, Paper 7, p. 2, 2004.

SÁNCHEZ-BOTELLO C.R, JIMÉNEZ-VELANDIA G, RÍOS- REYES C.A. **Geological occurrence of the ecce homo hills cave, chimichagua (cesar), Colombia: an alternative for socio-economic development based on geotourism.** International Journal of Hydrology. 2(5):618-628, 2018.

SHAW TR. **History of cave science: the exploration and study of limestone caves, to 1900** (Vol. 1). Sydney Speleological Society, 2nd Edition, Sydney, p 338, 1992

SIAL AN, FERREIRA VP, ALMEIDA AR AND MOURA CVA. **C-, O- and Sr isotope composition and age of the carbonates of the Frecheirinha Formation, NW Ceará, Northeastern Brazil.** IX Congresso Brasileiro de Geoquímica. Belém-Pará. Resumos Expandidos, p. 410-411. 2003

SIAL AN, FERREIRA VP, ALMEIDA AR, ROMANO AW, PARENTE CV, COSTA ML AND SANTOS VH. **Carbon isotope fluctuations in Precambrian carbonate sequences of several localities in Brazil.** An Acad Bras Cienc 72: 539-558. 2000.

.

SILVA MS, MARTINS RP, FERREIRA RL. **Cave conservation priority index to adopt a rapid protection strategy: a case study in Brazilian Atlantic rain forest.** Environ Manage 55(2):279–295, 2015.

SILVA, T. C. L., FERREIRA, B., DINIZ, M. T. M., & SILVA, A. L. L. **Avaliação Quantitativa do Valor Educativo da Geodiversidade do município de Maceió, Alagoas.** Revista Contexto Geográfico, 7(15), 60–72, 2023. <https://doi.org/10.28998/contegeo.7i15.14546>

STEPHENS M, HODGE S, PAQUETTE J. **Geoconservation of Volivoli cave, Fiji: a prehistoric heritage site of national significance.** Geoheritage. 5(2):123-136, 2013.

TIČAR J, TOMIĆ N, VALJAVEC MB, ZORN M, MARKOVIĆ SB, GAVRILOV MB. **Speleotourism in Slovenia: balancing between mass tourism and geoheritage protection.** Open Geosci 10(1):344–357, 2018.

TOMIĆ N, ANTIĆ A, MARKOVIĆ S.B, ĐORĐEVIĆ T, ZORN M, BREG VALJAVEC M. **Exploring the potential for speleotourism development in eastern Serbia.** Geoheritage. 11(2):359-369, 2019.

TOMIĆ, N. AND BOŽIĆ, S. **A modified Geosite Assessment Model (M-GAM) and its Application on the Lazar Canyon area (Serbia)** - International Journal of Environmental Research, 8(4):1041-1052, 2014.

TRAJANO, E. & FERRAREZZI, H. **A fossil bear from northeastern Brazil, with a phylogenetic analysis of the South American extinct Tremarctinae Ursidae),** Journal of Vertebrate Paleontology, 14:4, 552-561, 1995.

VUJIČIĆ, M. D., VASILJEVIĆ, DJ. A., MARKOVIĆ, S. B., HOSE, T. A., LUKIĆ, T., HADŽIĆ, O. AND JANIĆEVIĆ, S. **Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruška Gora Mountain, potential geotourism destination of Serbia.** Acta Geographica Slovenica, 51, 361-377, 2011.

WATSON J, HAMILTON-SMITH E, GILLIESON D, KIERNAN K. **Guidelines for cave and karst protection.** IUCN World Conservation Union Report, Cambridge, UK, 1997.

WILLIAMS P. **World heritage caves and karst.** Gland: IUCN, 2008.

WOO KS, & KIM L. **Geoheritage evaluation of caves in Korea: a case study of limestone caves.** In *Geoheritage* p. 373–386, 2018. Elsevier.

ZIEMANN, D. R., & FIGUEIRÓ, A. S. **Avaliação do Potencial Geoturístico no Território da Proposta Geoparque Quarta Colônia.** *Revista do Departamento de Geografia*, 34, 137-149, 2017.

ZOUROS, N.C. **Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece Case study of the Lesvos island – coastal geomorphosites.** *Geographica Helvetica* 62-3, 2007. Basel.