

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
ANÁLISE AMBIENTAL

PROPOSTAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO DO CARSTE  
NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Joseane Biazini Mendes

Belo Horizonte

2013

Joseane Biazini Mendes

PROPOSTAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO DO CARSTE  
NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção de título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Vilma Lúcia Macagnan Carvalho.

Belo Horizonte, 2013

M538p  
2013

Mendes, Joseane Biazini.  
Propostas didáticas para o ensino do carste na educação básica  
[manuscrito] / Joseane Biazini Mendes – 2013.  
110 f.: il.(color.)

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais,  
Instituto de Geociências, 2013.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Orientadora: Vilma Lúcia Macagnan Carvalho.

Bibliografia: f. 102-109.

Inclui anexos.

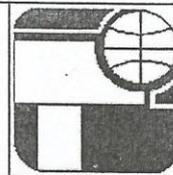
1. Carste – Teses. 2. Ensino e aprendizagem – Teses. 3.  
Educação básica – Teses. I. Carvalho, Vilma Lúcia Macagnan. II.  
Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III.  
Título.

CDU: 551.435.8(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



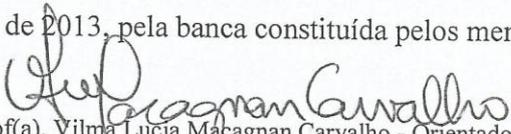
## FOLHA DE APROVAÇÃO

“Propostas didáticas para o ensino do carste na educação básica”

**JOSEANE BIAZINI MENDES**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOGRAFIA, área de concentração ANÁLISE AMBIENTAL.

Aprovada em 28 de agosto de 2013, pela banca constituída pelos membros:

  
Prof(a). Vilma Lucía Macagnan Carvalho - Orientador  
UFMG

  
Prof(a). Roberto Célio Valadão  
UFMG

  
Prof(a). Luiz Panisset Travassos  
PUC Minas

Belo Horizonte, 28 de agosto de 2013.

## **AGRADECIMENTOS**

Neste momento, encerro não somente o meu mestrado, mas uma etapa de minha vida passada dentro do IGC, que se iniciou em 2005 quando entrei no curso de graduação. Portanto, os meus agradecimentos são para todos que, diretamente ou indiretamente, fizeram parte desse percurso.

À minha orientadora, professora Vilma, que me acolheu no mestrado e contribuiu para o desenvolvimento desse trabalho. Para além do seu papel como orientadora, sempre foi uma pessoa gentil e acolhedora.

Aos membros da banca, professor Luiz Travassos e professor Célio Valadão, pela disponibilidade de participação na banca, pelos comentários e sugestões durante este percurso acadêmico.

Ao Programa de Pós-graduação em Geografia pela oportunidade de cursar o mestrado.

Aos professores e funcionários do IGC-UFMG que me acompanharam durante tanto tempo. Recebi e ainda recebo muito carinho de vocês.

À toda minha família. Em especial ao meu pai, Odilon, minha mãe, Claret, meus irmãos, Adriano e Claudia, por todo o apoio moral e financeiro. Também, aos meus parentes de Arcos, que sempre me receberam na realização dos trabalhos de campo.

Aos meus amigos que me acompanharam nesse processo: aos amigos de uma vida toda, aos amigos de graduação, aos amigos de mestrado. Vocês fizeram com que tudo ficasse mais leve!

Ao pessoal de Pains, que me recebeu e contribuiu para o desenvolvimento dessa pesquisa. Em especial ao Gilmar, ao Mário e ao Jonathan.

## RESUMO

Considerando a relevância que o conhecimento do ambiente cárstico possui para a população que vive nessas áreas e as ações que visam o ensino-aprendizagem do carste em escolas do ensino básico, o objetivo principal deste trabalho foi de propor atividades didáticas que possibilitem uma aprendizagem significativa da temática cárstica. As atividades propostas consideram a realidade do aluno, valorizando os conhecimentos prévios, conforme a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) seguem as orientações presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e partem da relação entre os conteúdos abordados na disciplina escolar de geografia relacionadas aos conteúdos da temática cárstica. Para contextualizar o estudo foi escolhido um município que está inserido na região cárstica do Alto São Francisco: Pains-MG. Entretanto, ressalta-se que a atividade proposta pode ser aplicada em qualquer escola localizada em áreas cársticas ou não, basta que os interessados sigam as orientações apresentadas. Para viabilizar a pesquisa em questão foi adotado o seguinte percurso metodológico: I) revisão bibliográfica para a construção de um arcabouço teórico dando subsídio a elaboração desta pesquisa; II) trabalho de campo realizado no município de Pains-MG, com a realização de entrevistas e questionários para a caracterização, contextualização e compreensão da área escolhida; e III) elaboração de propostas didáticas para utilização no ambiente escolar. Apesar do ensino da temática cárstica possibilitar o desenvolvimento de um raciocínio crítico ambiental por parte dos alunos e poder ser abordado em qualquer etapa que o aluno se encontra na rede de ensino, constatou-se à partir da revisão bibliográfica e do trabalho prático, que as ações existentes nessa direção ainda são realizadas de forma tímida e pontual, sem apoio de material didático o que justifica a necessidade de elaboração de propostas didático-pedagógicas que pudessem auxiliar o trabalho dos professores em sala de aula. As duas propostas apresentadas foram divididas em etapas que podem ser realizadas de forma interligada ou não. As etapas são: i) introdução/contextualização e localização; ii) trabalho prático; iii) discussão; e, iv) verificação da aprendizagem. A primeira proposta é voltada para o ensino fundamental e a segunda proposta para o ensino médio.

**Palavras-chaves:** carste, ensino do carste, proposta didática, aprendizagem significativa.

## **Abstract**

Considering the importance that knowing the karst environment has for people who live in these areas and the actions whose aims are the teaching and learning of the karst at schools, the main objective of this work is to propose didactic activities which can lead to significant learning on karst subject. Proposed activities consider the students' context, valuing prior knowledge, according to the Theory of Meaningful Learning (TML), follow the guidelines from the Brazilian National Education Parameters (PCN, in Portuguese) and are based on the correlation between the content covered in school discipline of geography related to the contents of the karst theme. To contextualize the research was chosen a city that is inserted in the karst region of the Upper São Francisco: Pains-MG. However, it is important to remark that the proposed activity can be applied to any school, wheter it is located in karst area or not. It is sufficient that those who are interested follow the guidelines presented. To facilitate the research the following methodological approach was adopted: I) literature review to construct a theoretical framework giving subsidy to the preparation of this research; II) fieldwork carried out in the city of Pains-MG with interviews and questionnaires to further characterization, contextualization and understanding of the chosen area, and III) elaboration of didactic proposals to be used in the school classes. It is true that the teaching of thematic karst can enable the development of critical thinking environment by students and can be approached at anyin whatever stage the student is in the school system; however, it was observed from the literature review and the practical work the existing actions in this direction are still held timidly and punctual without support of suitable workbooks, which justifies the need of development of didactic-pedagogic proposals that could help the teachers work in the classroom. The two proposals were divided into steps that can be performed in an interconnected way or not. The steps are: i) introduction/contextualization and localization; ii) practical work; iii) discussion; and, iv) verification of learning. The first proposal is focused on middle school and the second proposal for the high school.

**Keywords:** karst, karst teaching, didactic proposal, meaningful learning.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Localização das principais áreas carbonáticas e relevos cársticos em Minas Gerais. (Adaptado de Piló, 1997).....13
- Figura 2:** Localização: UTM: 433977,9/7750981,3 (Pains). A) Foto panorâmica mostrando duas dolinas de dissolução, próximas; ao fundo, afloramento calcário com cobertura vegetal. B) Detalhe da dolina da esquerda. C) Detalhe da dolina da direita, mais profunda. Foto: Joseane B. Mendes.....26
- Figura 3:** Localização: UTM 437236,7/7753694,2 (Arcos). A) Foto panorâmica do afloramento calcário e vegetação sobre o carste. B) Detalhe da aparência ruíniforme do maciço, presença de lapiás e fraturas. C) Grande fratura no afloramento e acamamento da rocha; à abaixo, parte de um grande bloco de calcário abatido. D) Na base do afloramento, entrada de uma caverna. Foto: Joseane B. Mendes.....28
- Figura 4:** Localização UTM: 431159,0/7740994,0 (Pains): Feições cársticas do Sítio Arqueológico Mané do Juquinha. A) entrada caverna “Gruta Norte”. B) claraboia. C) espeleotemas: estalactite, estalagmite e cortina da “Gruta Leste”. D) diaclase. Fotos: Joseane Mendes.....29
- Figura 5:** Diagrama ilustrando os fenômenos mais importantes dos sistemas cársticos. Fonte: TRAVASSOS 2010a, adaptado de FORD, D.C.; WILLIAMS, P.W. Karst geomorphology and hydrology, 1989.....31
- Figura 6:** Mapa de localização de Pains no estado de Minas Gerais, em relação à capital Belo Horizonte e em relação aos seus municípios vizinhos. Consta limite aproximado da Região Cárstica do Alto São Francisco e principais vias de acesso em relação à Belo Horizonte.....48
- Figura 7:** Mapa do Cráton do São Francisco e as faixas orogênicas que o limitam. Em verde, localização aproximada da área de estudo. Fonte: ALMEIDA, 1977, p.355.....49
- Figura 8:** Coluna estratigráfica da Bacia Intracratônica do São Francisco com destaque para o Grupo Bambuí. Em vermelho, as unidades que afloram na área de estudo. Adaptado de: MARTINS-NETO; PINTO, 2001, p.14.....50
- Figura 9:** Mapa geológico da área de estudo.....51

<b>Figura 10:</b> Esboço geológico da porção SO da bacia do São Francisco dividido em Domínios estruturais (a esquerda). Detalhe para as estruturas da região de Pains e o limite da área com calcários dobrados e com calcários horizontais (a direita). Adaptado de MUZZI-MAGALHÃES, 1989, p.41 e 70.....	52
<b>Figura 11:</b> Paisagem típica da Mata de Pains, descrita por Barbosa (1961). Maciços calcários separados pelo “fundo raso”. Divisa do município de Arcos e Pains. Foto: Joseane B. Mendes.....	53
<b>Figura 12:</b> Localização das cavernas cadastradas na base de dados do CECAV.....	54
<b>Figura 13:</b> Principais rios e altimetria da região.....	55
<b>Figura 14:</b> Sítio urbano de Pains-MG entre os maciços calcários. Foto: Chrystiam de Lima (Fonte: <a href="http://www.panoramio.com/user/1287976/tags/Pains">http://www.panoramio.com/user/1287976/tags/Pains</a> ).....	58
<b>Figura 15:</b> Exemplo de mapa conceitual elaborado à partir da relação dos conceitos cársticos com a disciplina de geografia. Elaborado pela autora.....	71
<b>Figura 16:</b> Organização geral da atividade proposta para o ensino fundamental.....	75
<b>Figura 17:</b> Foto 1 – Paisagem cárstica. Exemplo de foto que pode ser utilizada na atividade e localização.....	78
<b>Figura 18:</b> Foto 2 – Paisagem cárstica. Exemplo de foto que pode ser utilizada na atividade e localização.....	79
<b>Figura 19:</b> Foto 3 – Paisagem cárstica. Exemplo de foto que pode ser utilizada na atividade e localização.....	80
<b>Figura 20:</b> Produto da análise da foto 1.....	82
<b>Figura 21:</b> Produto da análise da foto 2.....	84
<b>Figura 22:</b> Produto da análise da foto 3.....	86
<b>Figura 23:</b> Organização geral da atividade proposta para o ensino médio.....	91
<b>Figura 24:</b> Área selecionada para exercício à partir da carta do IBGE (Disponível no site do IBGE: <a href="http://www.ibge.gov.br">www.ibge.gov.br</a> ).....	93

**Figura 25:** Croqui da bacia hidrográfica selecionada.....94

**Figura 26:** Bloco diagrama do carste. Modelo elaborado à partir das principais feições cársticas encontradas no carste de Pains.....96

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1:** síntese das principais atividades humanas no carste e seus impactos potenciais. Fonte: adaptado de Piló (1999).....35

**Quadro 2:** síntese das respostas obtidas através do questionário aplicado aos professores de geografia.....59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
CBCs	Conteúdos Básicos Comuns
CECAV	Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas
EA	Educação Ambiental
EPA	Espeleogrupo Pains
IAB	Instituto de Arqueologia Brasileira
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISS	Italian Speleological Society
MAC	Museu Arqueológico do Carste do Alto São Francisco
ONU	Organizações das Nações Unidas
PAN	Plano de Ação Cavernas São Francisco
PASF	Projeto Pré-história da Província Cárstica do Alto São Francisco
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
Petar-SP	Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, SP
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRONAPA	Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UIS	Union International de Spéléology
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciências e Cultura
USP	Universidade de São Paulo
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
PERCURSO METODOLÓGICO .....	18
CAPÍTULO 1: O CARSTE E SUA RELEVÂNCIA AMBIENTAL E SOCIAL.....	22
1.1. O carste.....	22
1.2. O carste visto como sistema.....	30
1.3. Relevância ambiental do carste.....	33
CAPÍTULO 2: O ENSINO DO CARSTE .....	38
2.1. A temática cárstica nos currículos e livros didáticos .....	38
2.2. A temática cárstica abordada nas escolas relacionada às disciplinas.....	40
2.3. A temática cárstica na Educação Ambiental .....	44
2.4. A temática cárstica nas experiências internacionais .....	46
CAPÍTULO 3: CARACTERIZAÇÃO DO CARSTE DE PAINS .....	48
3.1. Localização .....	48
3.2. Caracterização física regional e local .....	49
3.3. Caracterização histórica e socioeconômica .....	56
3.4. O ensino do carste no município de Pains-MG .....	59
CAPÍTULO 4: PROPOSTA PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DO CARSTE NAS ESCOLAS .....	63
4.1. A importância da contextualização do tema e a teoria da aprendizagem significativa como embasamento teórico.....	63
4.2. Aprendizagem significativa do tema carste para quem vive em áreas cársticas – orientações gerais .....	67
4.3. Proposta didática para ensino-aprendizagem da temática cárstica na disciplina de geografia .....	72
4.3.1. O estudo do carste através do estudo da paisagem .....	73
4.3.2. O estudo do carste através do estudo de hidrologia e questões ambientais relacionadas à água .....	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	99

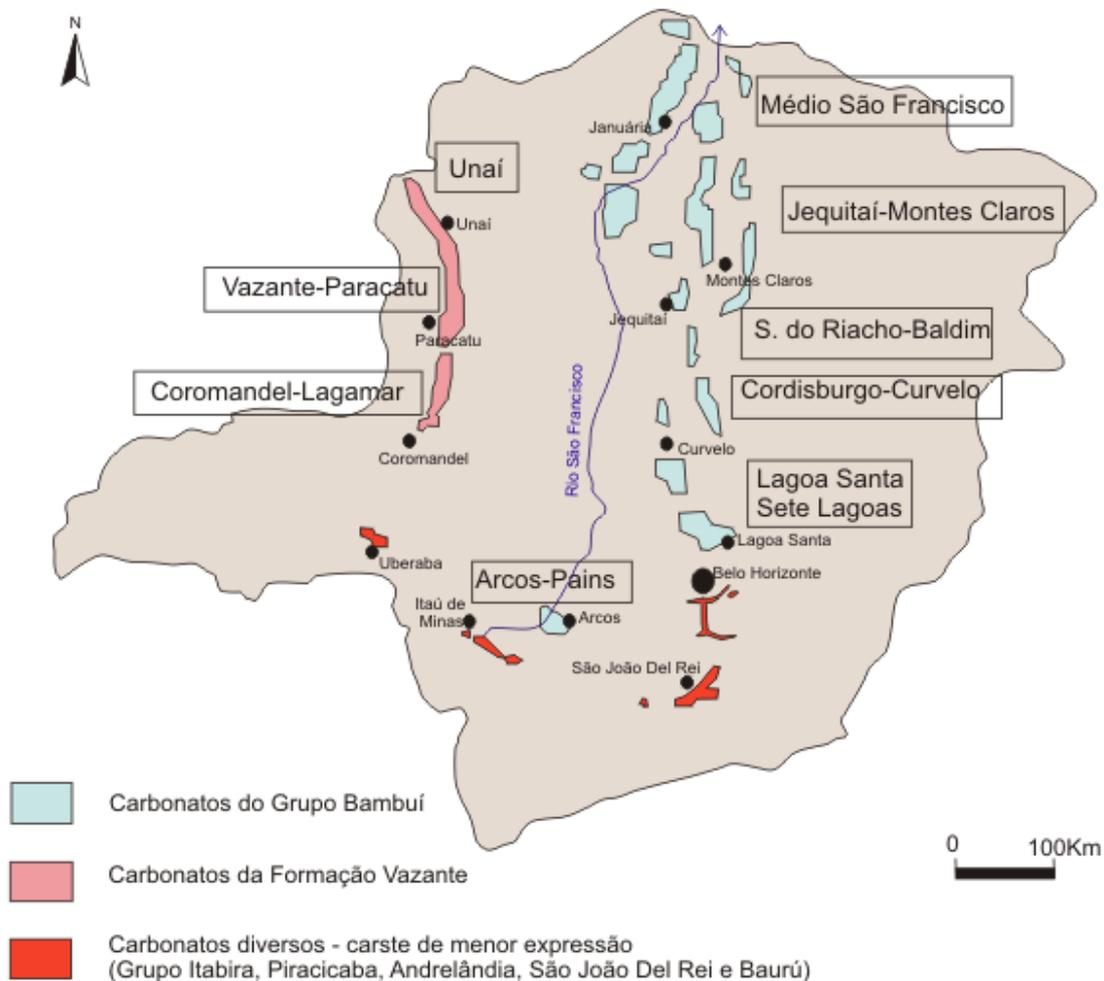
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	110

## INTRODUÇÃO

Os ambientes cársticos desenvolvidos em rochas carbonáticas estão presentes em todo o mundo, cada qual com a sua particularidade e são imbuídos de grande relevância ambiental, econômica e histórica tornando-os motivo de interesses diversos. Estima-se que 20-25% da população mundial dependa de recursos hídricos provenientes desses ambientes (FORD; WILLIAMS, 2007). Se considerarmos a utilização das rochas carbonáticas para produção de cimento e cal utilizados pelas indústrias de cerâmica, química, vidro, fertilizante, construção civil, dentre outras, o percentual da população mundial dependente dos recursos advindos dos ambientes cársticos se torna bem maior.

No Brasil, as rochas carbonáticas ocupam aproximadamente 5-7% do território nacional (KARMANN, 1994). Parece um percentual pequeno, entretanto, deve-se considerar a grande diversidade litológica existente. A sistematização das áreas carbonáticas que são favoráveis à carstificação resultou na delimitação de províncias espeleológicas e regiões carbonáticas por Karmann e Sánchez, em 1979. O resultado desse trabalho demonstrou que os estados de Minas Gerais e Bahia possuem a maior área de províncias espeleológicas e rochas favoráveis à carstificação devido à presença, do que os autores denominaram de Província Bambuí, área formada por carbonatos do Grupo Bambuí.

Em Minas Gerais, estima-se que o conjunto de rochas carbonáticas favoráveis à carstificação ocupe cerca de 3% do território mineiro. Essas áreas foram agrupadas por Piló (1997), em áreas cársticas de expressão local, que reúnem carbonatos de diversos Grupos e outras nove regiões cársticas, divididas entre os carbonatos da Formação Vazante: I) Coromandel-Lagamar; II) Vazante-Paracatu; III) Unaí; e os carbonatos do Grupo Bambuí: IV) Médio São Francisco; V) Jequitá-Montes Claros; VI) Santana do Riacho-Baldim; VII) Cordisburgo-Curvelo; VIII) Lagoa Santa-Sete Lagoas; e, IX) Arcos-Pains. (Figura 1). Cada área possui paisagens cársticas diversificadas devido sua formação, idade e contexto ambiental a qual está inserida.



**Figura 2:** Localização das principais áreas carbonáticas e relevos cársticos em Minas Gerais. (Adaptado de Piló, 1997).

Estes dados se tornam mais significativos quando consideramos a caverna como a morfologia mais representativa do ambiente cárstico. Pelo menos é a morfologia que desperta maior curiosidade e fascínio nas pessoas, tanto, que é o objeto principal do interesse da espeleologia. Só no estado de Minas Gerais, existem registros de mais de 5.000 cavernas prospectadas (CECAV)<sup>1</sup>. É o maior número em todo o país. Destas, mais da metade ocorrem em rochas carbonáticas. Grande parte da outra metade não tem informação sobre o tipo de rocha constituinte, o que pode aumentar ainda mais a quantidade de cavernas em rochas carbonáticas após o levantamento de mais informações. Estes dados quantitativos demonstram a relevância que os ambientes cársticos possuem para o estado de Minas Gerais.

<sup>1</sup> Base de dados CECAV (disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav>). Esta base de dados é alimentada por estudos científicos e técnicos. Ela não representa todo o universo de cavernas existentes, mas reúne pequena porção de cavidades que já foram prospectadas e georreferenciadas.

Entretanto, a importância dos ambientes cársticos para Minas Gerais não está apenas na sua distribuição e representatividade em área, mas também devido a outros fatores que estão diretamente relacionados com a sua representatividade espacial. Uma delas é a constituição de paisagens peculiares, que atraem olhares curiosos para sua beleza cênica proporcionada, principalmente, pela sua configuração morfológica. Essa característica faz com que os ambientes cársticos possuam grande potencial para a exploração turística. Alguns são intensamente explorados mas, muitos outros, completamente desconhecidos. Dentre as áreas mais tradicionais para o turismo cárstico estão: a Gruta do Maquiné (Cordisburgo - MG), a Gruta Rei do Mato (Sete Lagoas - MG) e Gruta da Lapinha (Lagoa Santa - MG), além de diversas cidades que fazem parte de Circuitos Turísticos<sup>2</sup> definidos pelo estado de Minas Gerais, tais como, o Circuito Turístico das Grutas (formado por 11 municípios da área cárstica de Lagoa Santa-Sete Lagoas), e Circuito Turístico Grutas e Mar de Minas (formado por 9 municípios da área cárstica do Alto São Francisco).

As áreas carbonáticas também possuem grande importância para a indústria e agricultura. O calcário pode ser utilizado como matéria prima para a construção civil, para a fabricação de cal, cimento, corretivos de solos ácidos, bem como pode ser utilizado como ingrediente nas indústrias de papel, plásticos, química, siderúrgica, vidros, refratários e outras. A indústria do calcário está presente em quase todo o Brasil e o estado de Minas Gerais é o maior produtor de calcário bruto, com 22,3% e o maior produtor de calcário beneficiado, com 34,6% da produção nacional, além de possuir a maior reserva lavrável, 22,5% (AMB, 2006<sup>3</sup> *apud* SILVA, 2009). Além da exploração sobre o recurso mineral, a indústria do calcário exerce pressão sobre os recursos hídricos, na medida em que utiliza da água em seu processo de produção e pode ocasionar diminuição do nível freático ou até mesmo o esgotamento dos recursos hídricos, a contaminação dos aquíferos cársticos, devido a rápida circulação das águas no sistema, dentre outros impactos negativos.

A relevância dos ambientes cársticos também está na relação que os seres humanos têm com esses ambientes. Desde a pré-história eles fazem parte da vida humana fornecendo abrigo e constituindo locais de celebração de rituais. Além da importância arqueológica, os ambientes cársticos proporcionam condições específicas para a conservação de fósseis, portanto são áreas importantes de estudos para a

---

<sup>2</sup> Os "Circuitos Turísticos" são associações de municípios com algum tipo de afinidade que se unem para organizar e desenvolver a atividade turística regional. As Associações de Circuitos Turísticos foram implementadas à partir de 2003, por meio do Decreto de Lei nº 43.321. Fonte: <http://www.turismo.mg.gov.br/circuitos-turisticos/informacoes-administrativas>.

<sup>3</sup> Anuário Mineral Brasileiro, 2006 – Departamento Nacional de Produção Mineral.

paleontologia. Neste quesito, as regiões cársticas de Minas Gerais se destacam. Muito se deve aos estudos pioneiros do naturalista dinamarquês Peter Lund (1801-1880) que viveu em Minas Gerais, na região cárstica de Lagoa Santa e deu projeção internacional à essa região, desde o século XIX.

As características destes ambientes cársticos e o desenvolvimento dos estudos científicos internacionais relacionados à espeleologia motivaram o surgimento de grupos interessados na exploração esportiva e científica destes ambientes. Em 1937, alunos da Escola de Minas de Ouro Preto - MG, se tornam pioneiros na constituição de um grupo de espeleologia organizado na América Latina, fundando a SEE – Sociedade Excursionista Espeleológica. Seu objetivo principal é de explorar, desenvolver e divulgar estudos em cavernas e sobre o ambiente que a cerca. Desde então, diversos outros grupos surgiram dentro ou fora dos centros acadêmicos, possibilitando a exploração e o estudo científico das cavernas.

Quanto ao desenvolvimento dos estudos acadêmicos com a temática cárstica deve-se destacar os trabalhos de Heinz Charles Kohler (1945-2010) realizados na região cárstica de Lagoa Santa - MG, o que culminou, em 1989, na primeira tese de doutorado sobre o tema, intitulada de 'Geomorfologia Cárstica na Região de Lagoa Santa – MG'<sup>4</sup> pela USP (Universidade de São Paulo). Este trabalho se configura como um importante referencial teórico para o desenvolvimento do estudo moderno do carste tropical brasileiro (TRAVASSOS, 2010b). No período de 1945 a 2005 o estado de Minas Gerais se constituiu como o segundo maior centro produtor de pesquisa científica nesta área de conhecimento, perdendo apenas para o estado de São Paulo (FIGUEIREDO *et al.* 2005).

Além disso, muitas cidades mineiras foram formadas e se desenvolveram sobre áreas cársticas. Parte da área cárstica mais tradicional de Minas Gerais (Lagoa Santa-Sete Lagoas) está dentro da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Isso significa que as populações dessas cidades têm que produzir seu alimento, trabalhar, se divertir, conviver e lidar com as peculiaridades do sistema cárstico em seu dia a dia. Essa interação entre o homem e o meio cárstico muitas vezes desconsidera suas fragilidades e especificidades, fato que pode gerar graves impactos ambientais com prejuízos naturais e sociais tais como, poluição, degradação, fragmentação e perda de habitats, perda de espécies vegetais e animais, destruição do patrimônio histórico, dentre outros.

---

<sup>4</sup> KOHLER, H.C. 1989. Geomorfologia cárstica na região de Lagoa Santa - MG. Tese (doutorado) USP.

Assim, o conhecimento sobre o ambiente cárstico torna-se essencial para que dele seja feito uso consciente e sustentável, aproveitando as vantagens que tais áreas possuem. Um dos modos de fazer do sistema cárstico algo conhecido ou melhor compreendido, é por meio da educação escolar, principalmente do ensino básico, já que a escola é disseminadora de conhecimento e tem como função social a formação de cidadãos críticos e autônomos.

Por ser um tema interdisciplinar o ensino do carste pode ser feito em diversas disciplinas, tais como a geografia, a história, a biologia, a educação artística, dentre outras dentro das escolas, mas também por meio de ações de educação ambiental não-formal, ou seja, fora do ambiente escolar. Também, pode ser feito em diversos níveis do ensino. Por exemplo, para quem vive em áreas cársticas a introdução ao assunto poderia ser feita nas séries iniciais da vida escolar do aluno, através de histórias infantis que abordassem as cavernas. O aprofundamento desse conhecimento ocorreria à medida que o aluno fosse progredindo nos estudos, permitindo abordar o assunto com maior profundidade, à partir dos conhecimentos científicos. Tais ações podem ser oferecidas pelo poder público, empresas privadas, grupos espeleológicos, museus, etc. Ou seja, didaticamente, existem diversas formas e oportunidades de se trazer esse conhecimento para a sala de aula e para o cotidiano do aluno e, conseqüentemente, para a sociedade, em geral. Entretanto, a temática cárstica não é muito utilizada como conteúdo escolar para o ensino básico, mesmo nas escolas que estão inseridas em ambientes cársticos.

Desde modo, considerando a relevância que o conhecimento do ambiente cárstico possui para a população que vive em áreas cársticas e a escassez de propostas didático-pedagógicas sobre o tema, o objetivo principal deste trabalho é de propor atividades que possibilitem a aprendizagem significativa da temática cárstica. Estas atividades consideram a realidade do aluno, valorizando os conhecimentos prévios, conforme a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), a adequação da proposta aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e sua relação com a disciplina escolar de geografia, na medida em que se utiliza de conceitos geográficos e cartográficos. Como objetivos secundários, pode-se destacar a investigação da relação entre a temática cárstica e o seu ensino-aprendizagem, tema pouco abordado na literatura e a elaboração de orientações gerais para o ensino do carste podendo ser aplicadas em outras disciplinas escolares, que não a geografia.

Para contextualizar este estudo e servir de subsídio para a elaboração das atividades didáticas foi escolhido o município de Pains – MG, o qual está inserido em uma importante região cárstica, a Província Cárstica do Alto São Francisco. A escolha

da área justifica-se pela abrangência do sistema cárstico e pela importância econômica que a exploração mineral tem para a economia da região, pela possibilidade de promover outras atividades econômicas na área e, também, pela autora já ter um conhecimento prévio e afinidade com a Província Cárstica do Alto São Francisco. Entretanto, ressalta-se que as propostas didáticas apresentadas, apesar de utilizarem dos ambientes cársticos do município de Pains - MG podem ser aplicadas em qualquer escola localizada em área cárstica ou não, pois as propostas fazem uso de conteúdos da disciplina de geografia.

Desde modo, no **Capítulo 1** procurou-se abordar o conceito de carste, caracterizando-o fisicamente como um sistema complexo e a partir da sua relevância ambiental como um tema para ser usado no ensino. No **Capítulo 2** procurou-se abordar todo referencial teórico encontrado sobre o ensino-aprendizagem do carste. Portanto, considerou-se o ensino do carste nos currículos e nos livros didáticos, mas também o ensino da temática cárstica nas escolas, no âmbito das disciplinas, na Educação Ambiental Formal e Não-Formal e nas experiências internacionais mais divulgadas. No **Capítulo 3** procurou-se realizar a caracterização da área de estudo à partir das suas características físicas, histórica e econômica, destacando o ensino do carste no município de Pains - MG, a partir dos dados obtidos nos trabalhos de campo. No **Capítulo 4**, considerando a importância da contextualização do ensino e da abordagem do processo de ensino-aprendizagem à partir da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), procurou-se traçar orientações gerais para o ensino do carste nas escolas de ensino básico e elaborar as propostas didáticas que possam ser aplicadas no ensino básico, mais precisamente no ensino fundamental e no ensino médio.

## PERCURSO METODOLÓGICO

A metodologia deste trabalho consiste em práticas distintas que, combinadas, vão gerar um caminho investigativo (ASCENÇÃO, 2009) motivado pelo fato desta autora possuir interesse pela temática cárstica e na sua aplicação como um conteúdo de ensino-aprendizagem no ambiente escolar, para quem vive em áreas cársticas. Desde modo, as práticas executadas podem ser divididas em três etapas distintas, mas não segregadas: I) revisão bibliográfica para a construção de um arcabouço teórico dando subsídio a elaboração desta pesquisa; II) trabalho de campo para reconhecimento da área e elaboração de entrevistas e questionários possibilitando a caracterização, contextualização e compreensão da área escolhida; e III) elaboração de propostas didático-pedagógicas que pudessem ser utilizadas no ambiente escolar.

A elaboração dessa pesquisa exigiu revisão bibliográfica para composição do arcabouço teórico durante todo o seu percurso. Primeiro, fez-se necessário uma revisão bibliográfica a cerca da temática cárstica. Foram pesquisadas referências teóricas sobre o conceito e a caracterização do carste, sua abordagem como um sistema complexo e sua relevância ambiental. Posteriormente, realizou-se revisão bibliográfica sobre a temática cárstica utilizada como um conteúdo de ensino-aprendizagem evidenciando a abordagem que é dada ao tema tanto no cenário nacional, quanto internacional. Após a escolha da área de estudo, elaborou-se revisão bibliográfica com o intuito de caracterizar e contextualizar a pesquisa. Outra etapa de revisão bibliográfica fez-se necessária para dar embasamento à elaboração de uma proposta de atividade didática sobre a temática cárstica para possibilitar o ensino do carste como um conteúdo escolar, principalmente para as escolas localizadas em áreas cársticas. Nesta etapa foram utilizados conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e orientações constantes nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), da educação básica.

A segunda etapa metodológica consistiu na realização de trabalhos de campo. Foram realizados quatro trabalhos de campo entre os anos de 2012 e 2013, no município de Pains - MG. A escolha desse município ocorreu devido a sua localização em uma importante área cárstica, suas características físicas, socioeconômicas e facilidade de acesso. Além disso, os habitantes deste município possuem uma relação direta e corriqueira com o ambiente cárstico local. Portanto, o objetivo dos trabalhos de campo foi de compor um cenário que possibilitasse o entendimento do município no

contexto a qual se insere, tanto em relação às suas características físicas, socioeconômicas e históricas, quanto a sua situação na abordagem da temática cárstica como um conteúdo escolar. Para isso, foram utilizadas as seguintes cartas do IBGE (1970): Arcos, Escala 1:50.000 – Folha SF-23-C-I-4 e Piuí (*sic*), Escala 1:50.000 – Folha SF-23-C-I-3. Também foi realizado mapeamento temático utilizando o *software* ArcGis 10.1, preferencialmente na escala de 1:150.000, para caracterização da área, mas que também subsidiaram a escolha dos locais visitados de onde foram retiradas fotografias da paisagem cárstica. Também, foram realizadas visitas à Escola Estadual Padre José Venâncio que possui ensino fundamental (3º e 4º ciclos) e ensino médio. Visitou-se também, o Museu Arqueológico do Carste do Alto São Francisco (MAC) e a Secretaria Municipal de Educação e Secretaria Municipal de Meio Ambiente onde foram realizadas entrevistas semiestruturadas com diversos profissionais. A entrevista semiestruturada consiste na elaboração de um roteiro com perguntas principais complementadas por outras questões que vão surgindo durante a entrevista (MANZINI, 2004). Além disso, o conteúdo possibilita que os membros envolvidos possam manifestar seus pontos de vistas (ALMEIDA; FERREIRA, 2009). O objetivo das entrevistas foi de tentar entender a relação com a temática cárstica tanto por esses profissionais individualmente, quanto como funcionários públicos ligados à administração pública municipal, à prática discente e ao museu, que reúne acervo arqueológico da Província Cárstica do Alto São Francisco e desenvolve práticas de educação ambiental e patrimonial. Também, houve conversa com espeleólogo do Espeleogrupo Pains (EPA) sobre a atuação do grupo na educação ambiental não-formal.

Como o interesse dessa pesquisa é a abordagem da temática cárstica como conteúdo escolar, especial atenção foi dada ao ambiente escolar. Nesse sentido, foi aplicado questionário com os professores de geografia (Anexo). A opção por se trabalhar apenas com professores de geografia ocorreu pela linguagem comum entre a temática cárstica e os conceitos geográficos, mas principalmente por esta ser a formação acadêmica da autora desta pesquisa. O questionário é um método de pesquisa qualitativa que consiste em uma série de perguntas que devem ser respondidas pelo informante, sem a ajuda do pesquisador (MATOS; PESSÔA, 2009). Portanto, as respostas fornecidas dependem da interpretação que o informante faz da pergunta. O intuito desse questionário foi o de verificar se os professores conhecem e abordam a temática cárstica dentro de sala de aula e se utilizam de algum material didático que possa dar suporte para esta prática. Como não foram observadas propostas ou práticas que utilizem a temática cárstica no município a última etapa

deste percurso metodológico constitui-se na apresentação de orientações gerais para a abordagem da temática cárstica pelas disciplinas escolares, além da elaboração de atividades didáticas pautadas na relação desta temática com a geografia escolar. A primeira proposta é voltada para o ensino fundamental e parte da análise da paisagem pela geografia escolar, conforme apresentado em Le Sann *et al.* (2002) e Ferreira (2011). Portanto, os conteúdos da temática cárstica apresentados são preferencialmente, os do exocarste. Desde modo, o trabalho prático da proposta constitui análise de mapas temáticos, na realização de trabalho de campo, obtenção de imagens e análise das mesmas utilizando de fotografias e croquis para representação espacial. Após o trabalho prático, é proposta discussão teórica. Como verificação da aprendizagem, propõe-se que os alunos realizem mapa conceitual, baseado na abordagem da Teoria da Aprendizagem Significativa.

A segunda proposta é voltada para o ensino médio e parte dos conteúdos sobre hidrologia e hidrografia abordados no ensino médio. Neste caso, os conteúdos da temática cárstica apresentados são preferencialmente os da circulação da água no sistema cárstico, o que mobiliza conhecimentos do endocarste e de elementos que participam da passagem de fluxos entre superfície/subterrâneo. O trabalho prático da proposta constitui na localização através de mapas, e na representação do espaço pelos alunos através de elaboração de croqui de uma bacia hidrográfica. Posteriormente, é proposto um momento de discussão das tarefas realizadas e apresentação de conceitos e relações que possibilitam a circulação de água no sistema cárstico, além de abordar as questões ambientais pertinentes. Nesta etapa propõe-se a utilização de bloco-diagrama confeccionado à partir das características mais marcantes do ambiente cárstico de Pains percebidas nos trabalhos de campo e nos mapas utilizados nessa pesquisa. O trabalho com bloco-diagrama, dentro de sala de aula, se estrutura em proposta de uso apontada por Vieira (2005), na qual os alunos partem da observação e interpretação da realidade do espaço geográfico para a identificação dessa realidade no bloco diagrama chegando a síntese de conceitos. Como verificação da aprendizagem e organização conceitual, propõe-se que os alunos elaborem mapa conceitual, baseado na abordagem da Teoria da Aprendizagem Significativa.

As duas propostas levam em consideração os conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e as orientações apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs, 1998; 2000) em relação ao nível do conteúdo abordado (ensino fundamental e ensino médio) e ao material utilizado. Considerou-se consideração também, o desenvolvimento das habilidades dos alunos apresentadas

pelos PCNs. Apesar das propostas dialogarem com os conteúdos de geografia, salienta-se que a sua utilização também pode ser feita por outras disciplinas afins, dado ao carácter interdisciplinar que a temática cárstica possui.

# 1. O CARSTE E SUA RELEVÂNCIA AMBIENTAL E SOCIAL

## 1.1. O carste

Termo pouco comum na língua portuguesa, a palavra **carste** foi traduzida do alemão *karst*. Tem origem na palavra eslovena *Krs*, que evoluiu para *Kras*, que significa 'pedra' e nomeia um planalto do oeste da Eslovênia (JENNINGS, 1971). Essa região apresenta paisagem cárstica formada em rochas calcárias e foi a primeira a ser sistematicamente estudada, no final do século XIX, por Jovan Cvijić (1865-1927), geógrafo sérvio. Como consequência, toda região com paisagem semelhante formada em rochas calcárias recebeu a denominação de karst.

Durante muito tempo o carste foi conceituado como uma paisagem desenvolvida unicamente em rochas carbonáticas. Isso pode ser constatado em diversos autores, tal como Christofolletti (1980, p. 153) que explica o conceito como possuindo um “sentido amplo para designar as áreas calcárias ou dolomíticas que possuem uma topografia característica, oriunda da dissolução de tais rochas”. Assim, qualquer paisagem com formas de relevo e processos de formação semelhantes, elaboradas em outras litologias não eram consideradas cársticas e foram chamadas de pseudo-cársticas.

Entretanto, com o avançar do conhecimento científico tal termo se mostrou ultrapassado e atualmente, a tendência é que o termo pseudo-carste seja considerado apenas para ambientes, de qualquer litologia, em que existam formas similares ao carste, mas que não sofreram a ação de dissolução química originando tais formas. Ou, quando há a ação química, mas ela tenha sido irrisória na origem de formas similares ao carste (HARDT, 2004). Por exemplo, o termocarste, também conhecido como criocarste que é elaborado em região de permafrost (solo permanentemente congelado) e o vulcanocarste, associado à topografia oriunda de materiais vulcânicos (SUGUIO, 2010). Nestes casos há a predominância de processos físicos na formação das feições que tomam formas parecidas com as feições cársticas.

Mais recentemente, Andreychuk *et al.* (1992; 2009) passou a classificar o carste desenvolvido em rochas predominantemente silicatadas, em minério de ferro ou o carste hidrotermal, dentre outros, como “carste não-tradicional” em oposição ao carste tradicional, desenvolvido em rochas carbonáticas. Nestes casos, este termo tem sido bastante aceito. É importante ressaltar que a utilização do termo pseudo-carste

permanece polêmica e essa discussão é bastante atual entre os especialistas da área, principalmente os carstólogos<sup>5</sup> e espeleólogos<sup>6</sup>, portanto são encontradas opiniões diversas sobre o assunto. Neste trabalho, trataremos de uma paisagem cárstica desenvolvida em rochas carbonáticas, o que se convencionou a chamar de 'carste tradicional'.

Além desta questão da litologia, a definição do conceito de carste engloba outros elementos, mas como o termo possui origem morfológica (PILÓ, 1998), optou-se por utilizar a definição apresentada em Piló (1998) que o caracteriza como um tipo de relevo. Assim, o relevo cárstico pode ser considerado como:

particularmente desenvolvido sobre rochas carbonáticas, podendo se referir a paisagens similares elaboradas em outras rochas, **carbonáticas ou não** onde se destaca uma **morfologia específica** associada a atuação predominantes **dos processos de dissolução** (PILÓ, 1998). (Grifo da autora).

Nesta definição de Piló (1998) além da extensão do termo carste para qualquer tipo de litologia, estão destacados dois elementos essenciais para a definição do termo: morfologia específica e processos predominantes de dissolução.

O processo de dissolução referido, no carste tradicional, se inicia com a presença de água da chuva (H<sub>2</sub>O) que absorve o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) presente na atmosfera ou no solo tornando-se um ácido fraco, o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Essa reação de acidulação da água é expressa de acordo com a fórmula:



Esse ácido, em contato com o carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) presente nas rochas calcárias, reagem dissolvendo a rocha e formando o bicarbonato de cálcio (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), através da fórmula:



---

<sup>5</sup> Considera-se um carstólogo o profissional que se dedica ao estudo da carstologia. A carstologia agrega diversas áreas científicas que objetivam o estudo do carste tais como, geomorfologia cárstica, geologia cárstica, hidrologia cárstica, espeleologia, arqueologia, dentre outras.

<sup>6</sup> Espeleólogo é o especialista que se dedica ao estudo da espeleologia. A espeleologia é considerada uma ciência, mas também um esporte que objetiva o estudo e exploração de cavidades naturais.

O bicarbonato de cálcio é um sal extremamente solúvel sendo então, facilmente carregado. Através dessas reações químicas têm-se o início do processo de carstificação, no qual os minerais das rochas vão sendo alterados promovendo inicialmente, uma alteração sem perda de massa (isovolumétrica) e posteriormente lixiviados. Nesta etapa do processo de carstificação a estrutura da rocha é muito importante, pois representa o caminho para a percolação da água acidulada. A estrutura da rocha pode ser primária (porosidade entre os grãos, planos de acamamentos, etc.) ou secundária (juntas, fraturas, diáclases, falhas e diversas descontinuidades). No caso das rochas carbonáticas, geralmente de estrutura maciças a porosidade secundária é quem favorece a percolação da água.

Além do ácido carbônico, outros ácidos podem participar do processo químico de corrosão das rochas potencializando a carstificação, principalmente no desenvolvimento do endocarste profundo. Esse é o caso do ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) oriundo da oxidação do sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) ou da oxidação de outros sulfetos, particularmente a pirita ( $FeS_2$ ) (PILÓ, 2000).

Entretanto, os processos químicos e a presença de minerais solúveis por si só não bastam para gerar a paisagem cárstica, pois são necessários outros elementos, tais como, a porosidade da rocha, clima favorável (disponibilidade hídrica e temperatura), tempo, formação vegetal e os solos; estes últimos menos influenciadores na carstificação. A porosidade da rocha é importante na medida em que representa o caminho de percolação da água para fora do sistema. Nas rochas carbonáticas as falhas, fraturas, diáclases e outras descontinuidades (porosidade secundária), vão se alargando à medida que a água vai infiltrando, alterando quimicamente a rocha e lixiviando o material alterado. Com o alargamento contínuo dessas fissuras são formados condutos cada vez maiores.

A condição climática é importante considerando a disponibilidade hídrica e a temperatura. Estudos realizados por Smith e Atkinson<sup>7</sup> (1976 *apud* PILÓ, 2000) revelaram que a precipitação é a variável principal na velocidade da evolução cárstica. Águas em temperaturas mais baixas possuem maior potencial de alteração da rocha, pois conseguem reter maior quantidade de gás carbônico ( $CO_2$ ). Águas em temperaturas mais altas retém menor quantidade de  $CO_2$ , entretanto, aceleram a reação química de dissolução da rocha. Assim, podemos inferir que em climas mais úmidos, devido à abundância de chuvas, o sistema cárstico se desenvolve mais rapidamente que nos climas mais áridos.

---

<sup>7</sup> SMITH, D.I.; ATKINSON, T.C. Process, landforms and clima in limestone regions. In: DEBYSHIRE, E. (ed.) London: Wiley, 1976, p. 369-409.

Os solos “controlam a infiltração e a armazenagem de água atuando como gerador de CO<sub>2</sub>,” prolongando a dissolução (HARDT, 2004, p.25). A vegetação contribui com matéria orgânica acidificando o solo, corroendo e alargando qualquer descontinuidade por onde as raízes penetram. Também, vegetações muito densas podem diminuir a infiltração nos solos e na rocha carbonática subjacente devido à perda de umidade na transpiração (JENNINGS, 1971). Com menos água no sistema o desenvolvimento das feições cársticas fica comprometido. Além dessas condições apresentadas acima é necessário tempo suficiente para que esses elementos possam propiciar o desenvolvimento do carste.

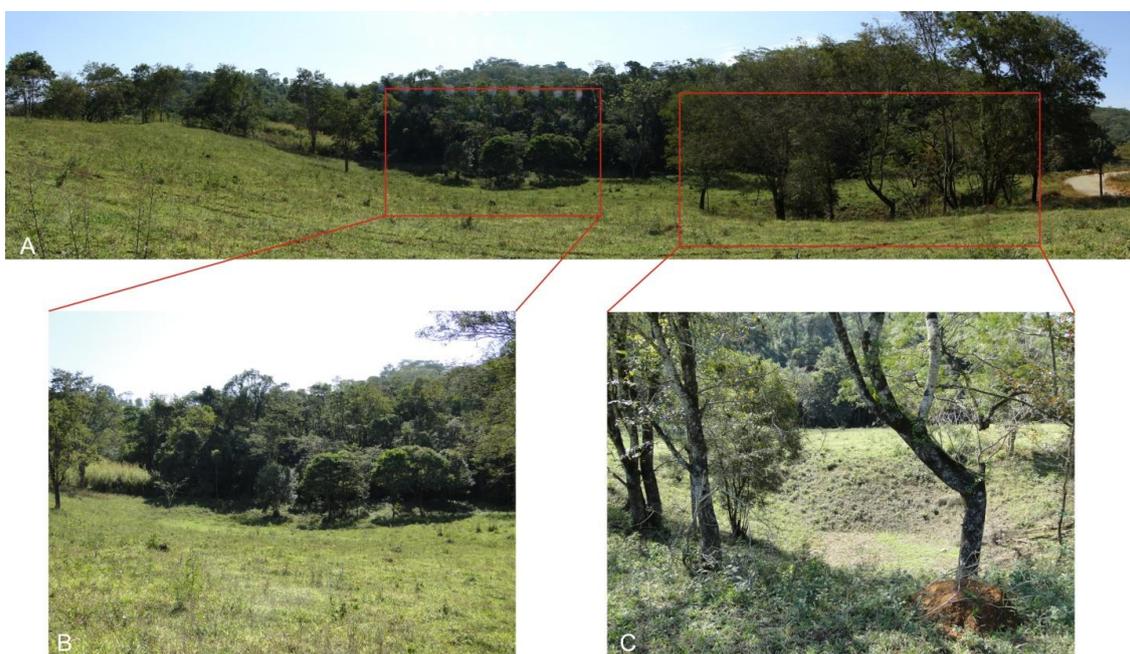
O outro elemento importante destacado na definição de Piló (1998) é a presença de morfologia específica. O processo de alteração química aliado a processos de alteração físicos (abatimentos de vazios subterrâneos e de desabamentos de blocos) interagem entre si (KOHLENER, 1989) resultando em morfologias específicas da paisagem cárstica. As morfologias mais recorrentes na paisagem cárstica e conseqüentemente, mais abordadas pela literatura, são os lapiás, os tubos (pipes), as depressões (dolinas, uvalas e poljés), os sumidouros e (res)surgências, os vales secos, cegos ou semicegos, as formas residuais (torres, cones, paredões) e as cavernas. Tais morfologias cársticas podem se localizar tanto na superfície do terreno (exocarste), quanto no contato entre rocha e solo (epicarste) e no subterrâneo (endocarste). Exocarste, epicarste e endocarste não são classificações genéticas já que várias morfologias cársticas podem ser expostas ou soterradas, mudando de uma zona para outra ao longo de seu desenvolvimento. Por exemplo, lapiás podem ter sido formados no epicarste e, posteriormente exumados.

Os lapiás (também chamados de karren) são microformas caracterizadas como pequenas caneluras formadas em ambiente aéreo, em rocha aflorada, pelo dissolução química ocasionada pelo escoamento de águas pluviais ou também, em subsuperfície, no contato da rocha com o solo. Neste caso, “supõe-se que o ataque químico se efetue através da ação de ácidos húmicos” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.154). Podem ser verticais, inclinados, horizontais, alveolares, sendo as propriedades litológicas do substrato rochoso, a presença de xistosidade, a espessura do acamamento e a porosidade primária os elementos definidores dos tipos de lapiás desenvolvidos (HARDT, 2004).

Os tubos (ou pipes), como o próprio nome já diz, são pequenos canais responsáveis pela passagem de fluxo laminar para turbulento, quando atingem dimensões entre 0,5 e 1 cm. Quando o fluxo de escoamento em subsuperfície da água acidulada torna-se turbulento, o desenvolvimento das cavidades é acelerado (HARDT,

2004). Jennings (1971) considera os pipes apenas como um processo de formação do carste e não uma forma, tanto que usa o termo em inglês “piping”.

As depressões de dissolução ou abatimento são características do carste (Figura 2). Elas podem ser classificadas como dolinas, uvalas e poljés. As dolinas são depressões fechadas de forma circular ou oval, com contornos sinuosos e não angulosos (BIGARELLA *et al.*, 1994). A profundidade e o tamanho são extremamente variáveis. Jennings (1971) as subdividem em tipos, de acordo com a origem: dissolução (dissolução da rocha propiciada por um ponto favorável, tal como uma intersecção de fraturas), abatimento ou colapso (quando ocorre o colapso do teto de uma caverna, por exemplo, o que lhe proporciona paredes verticalizadas), abatimento ou colapso devido ao carste subjacente (neste caso, há a presença de uma rocha, que não a carbonática, ou depósito de sedimentos sobre a rocha carbonática, que forma o carste), subsidência (quando há movimento localizado de subsidência no terreno podendo produzir uma dolina, neste caso tem que haver uma espessa camada de solo) e sumidouro aluvial (neste caso, o curso d’água penetra através de um o sumidouro carreando o solo superficial).



**Figura 2:** Localização: UTM: 433977,9/7750981,3 (Pains). A) Foto panorâmica mostrando duas dolinas de dissolução, próximas; ao fundo, afloramento calcário com cobertura vegetal. B) Detalhe da dolina da esquerda. C) Detalhe da dolina da direita, mais profunda. Foto: Joseane B. Mendes.

Já as uvalas possuem contornos sinuosos, de maior amplitude e podem se formar à partir da coalescência de várias dolinas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

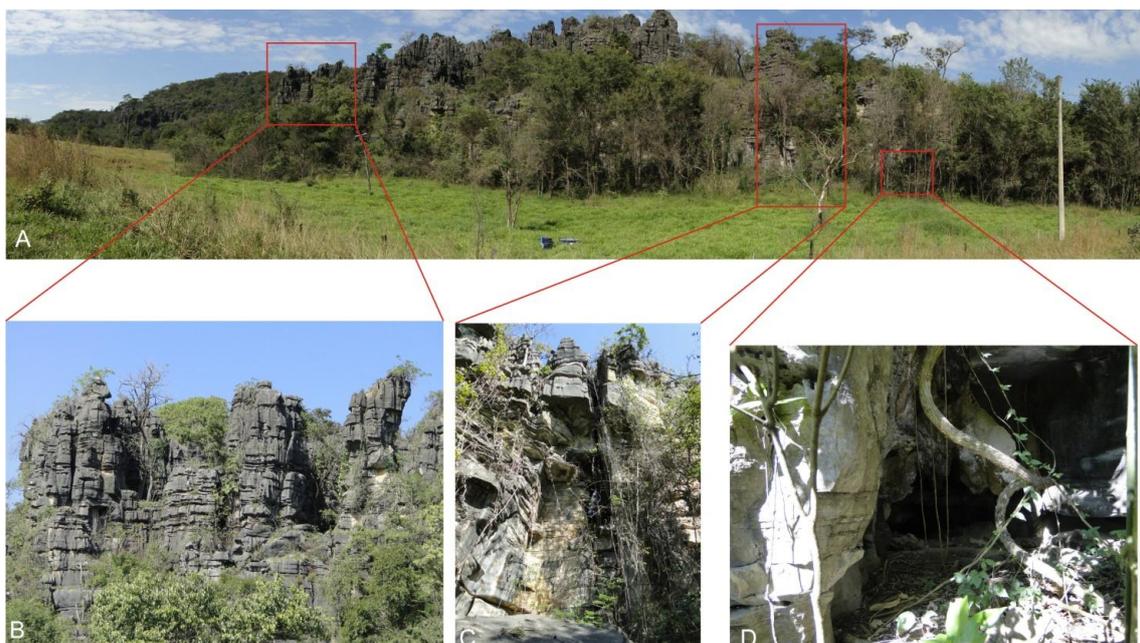
Normalmente agrega mais de um ponto de captação de água em seu conjunto (HARDT, 2004).

Os poljés são grandes depressões normalmente alongadas nas direções de eixos tectônicos, mas podem ser compactos e de forma irregular. Normalmente, há uma ruptura de declive entre o piso e as laterais fazendo com que o poljé seja limitado por vertentes escarpadas (JENNINGS, 1971). No fundo do poljé originam bacias fechadas cobertas de aluvião ou solo. Por isso, são historicamente utilizados para agricultura, a exemplo dos grandes poljés da Europa. Normalmente são atravessados por um curso d'água que pode ressurgir ou desaparecer, mas quando em superfície, a drenagem pode desembocar numa caverna. Esse ponto de saída de água, também pode funcionar como uma entrada e pode ser denominado de ponor (CHIRSTOFOLETTI, 1980).

Sumidouros são pontos de captação fluvial, onde o fluxo de água deixa de ser superficial e passa a ser subterrâneo. Nas surgências (ou ressurgências) ocorre o contrário, pois neste caso, é o ponto em que a água deixa de ser subterrânea e emerge para a superfície. Sumidouros e (res)surgências são definidos conforme sua função e não propriamente a sua forma, desde modo, uma dolina pode funcionar como sumidouro e a entrada de uma caverna pode funcionar como (res)surgência ou sumidouro.

Os vales cársticos normalmente são de três tipos: secos, cegos ou semicegos. Possuem formas e dimensões variáveis. Os vales secos são similares aos vales de rio superficial, mas neste caso, não existe curso d'água superficial. Já os vales cegos, em determinado ponto, possuem um sumidouro que absorve totalmente a vazão do rio e os semicegos ocorrem quando o sumidouro não absorve totalmente a vazão do rio e parte do fluxo de água continua percorrendo em superfície (HARDT, 2004).

As formas residuais (torres, paredões, maciços, cones) são remanescentes rochosos do processo de dissolução diferencial da rocha e, normalmente, apresentam-se como ruiformes (Figura 3). Não são formas exclusivas do carste, mas normalmente, aparecem cobertas por lapiás (PILÓ, 1998). Por suas dimensões, normalmente, grandes não passam despercebidos na paisagem cárstica.



**Figura 3:** Localização: UTM 437236,7/7753694,2 (Arcos). A) Foto panorâmica do afloramento calcário e vegetação sobre o carste. B) Detalhe da aparência ruiniforme do maciço, presença de lapiás e fraturas. C) Grande fratura no afloramento e acamamento da rocha; à abaixo, parte de um grande bloco de calcário abatido. D) Na base do afloramento, entrada de uma caverna. Foto: Joseane B. Mendes.

As cavernas fazem parte do endocarste e são as formas mais conhecidas e comuns na paisagem cárstica, tanto que elas são objeto de interesse dos espeleólogos. Devido ao fascínio que o ambiente subterrâneo causa nas pessoas, é comum que algumas cavernas sejam utilizadas como atrações turísticas, recebendo estruturas de iluminação e de acesso aos visitantes.

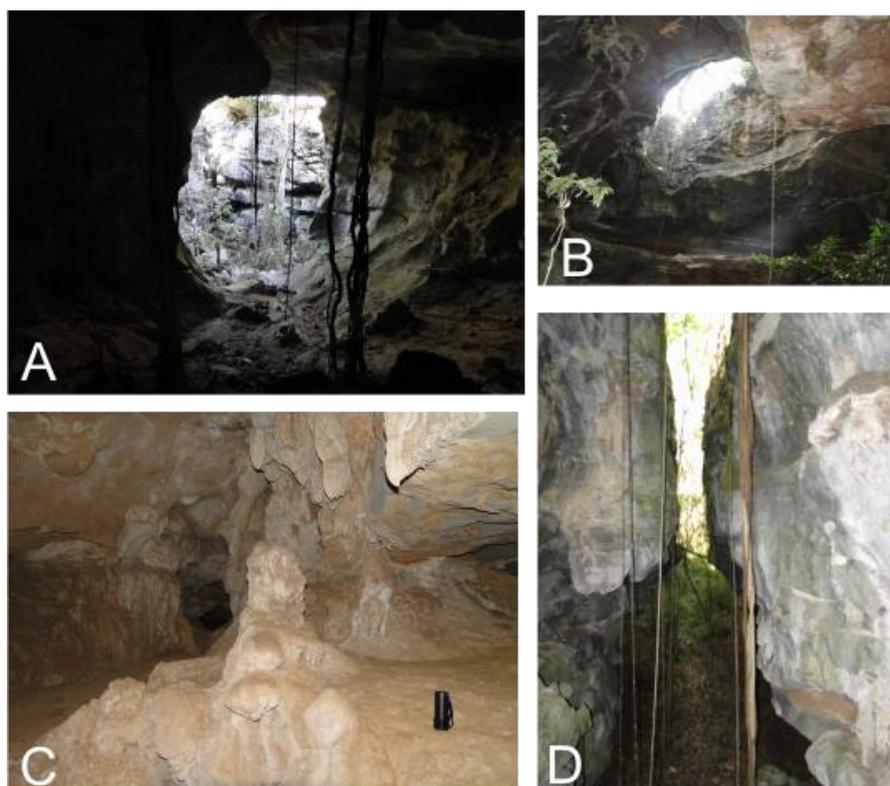
Em relação ao conceito, a definição oficial utilizada é a do Decreto nº 6.640 de 07/11/08, que traz outros sinônimos para caverna, tais como, gruta, lapa, toca, abismo, furna, buraco ou o termo cavidade natural subterrânea sendo então caracterizada como “todo e qualquer espaço subterrâneo acessível pelo homem, com ou sem entrada identificada (...)”. Nota-se que a definição é antropocêntrica já que, ela é dada em função do acesso pelo homem e não muito clara, já que as dimensões do “homem” são variáveis. Entretanto, esta definição também está presente na maioria dos dicionários e é a reconhecida pela União Internacional de Espeleologia (FORD; WILLIAMS, 2007).

Para Ford e Willians (2007) a gênese das cavernas são tão variadas que nenhuma teoria genética foi capaz de englobar todas elas. Entretanto, para facilitar a

compreensão utilizou-se a explicação contida em Hardt (2004) elaborada à partir de leituras de Sweeting (1973)<sup>8</sup>, Jennings (1985)<sup>9</sup> e White (1988)<sup>10</sup>:

a origem de tais formas está associada à existência de uma porosidade que, no calcário, é secundária, permitindo a atividade de dissolução em profundidade, dando origem aos tubos (pipes), os quais, quando alargados, levam à abertura de espaços suficientemente amplos para serem considerados cavernas. (SWEETING, 1973; JENNIINGS, 1985; WHITE, 1988 *apud* HARDT, 2004, p.35)

Dentro das cavernas são encontradas diversas feições específicas deste ambiente que dizem respeito à sua evolução (paleopisos, alvéolos, cúpulas, canais de teto, etc.) ou que são formadas à partir da deposição de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), que são os espeleotemas (estalactite, estalagmite, cortinas, etc.). Muitas vezes os espeleotemas podem encobrir vestígios da gênese da caverna, entretanto, conferem beleza cênica atraindo a curiosidade das pessoas, em geral. (Figura. 4).



**Figura 4** – Localização UTM: 431159,0/7740994,0 (Pains): Feições cársticas do Sítio Arqueológico Mané do Juquinha. A) entrada caverna “Gruta Norte”. B) claraboia. C) espeleotemas: estalactite, estalagmite e cortina da “Gruta Leste”. D) diaclase. Fotos: Joseane Mendes.

<sup>8</sup> SWEETING, M.M. Karst Landforms. New York, Columbia University Press, 1973.

<sup>9</sup> JENNINGS, J.N. Karst Geomorphology. Glasgow, Basil Blackwell (ed.), 1985.

<sup>10</sup> WHITE, W.B. Geomorphology and hidrology of karst terrains. New York, Oxford University Press, 1988.

Outra característica importante do carste é a que diz respeito à sua hidrologia, já que a permeabilidade secundária das rochas calcárias permite que a água se infiltre rapidamente e percorra seu caminho em subsuperfície ou até (re)surgir em algum ponto.

De acordo com Jennings (1971) o carste é marcado por drenagem intermitente, ou de fluxo interrompido que é quando a drenagem passa a ser subterrânea (vales cegos ou semicegos) ou por vales sem canais de drenagem (vales secos). Entretanto, isso não quer dizer que há uma substituição completa da drenagem superficial pela drenagem subterrânea. A questão da ausência de drenagem superficial está mais relacionada com as condições climáticas, já que no carste de áreas úmidas pode predominar a drenagem superficial. Desde modo, também dizemos que os aquíferos cársticos são regidos por características próprias, diferenciando-se dos aquíferos em outros meios, já que em subsuperfície o fluxo de água não segue as mesmas leis da superfície (WHITE, 2002; HARDT, 2004). Ford e Williams (2007) usam o adjetivo 'incomum' para caracterizar a hidrologia cárstica subterrânea.

## **1.2. O carste visto como um sistema complexo**

Para a compreensão de um sistema comumente separamos as partes e as estudamos isoladamente. Essa abordagem analítica é importante para o desenvolvimento da ciência, pois assim, pode-se compreender todas as partes que compõem o conjunto. No estudo do carste não é diferente. Normalmente separam-se as formas, os processos e os outros elementos do sistema a fim de facilitar o entendimento do carste, conforme foi realizado no item anterior. Entretanto, é importante resaltar que, mesmo estudando as partes separadamente, sua compreensão deve ser holística.

Há uma vasta literatura sobre sistemas e sistemas ambientais disponível, entretanto não é interesse deste capítulo adentrar na discussão do conceito. Para tanto, usaremos a definição de sistema de Haigh<sup>11</sup>, (HAIGH, 1985 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999, p.5) que diz que:

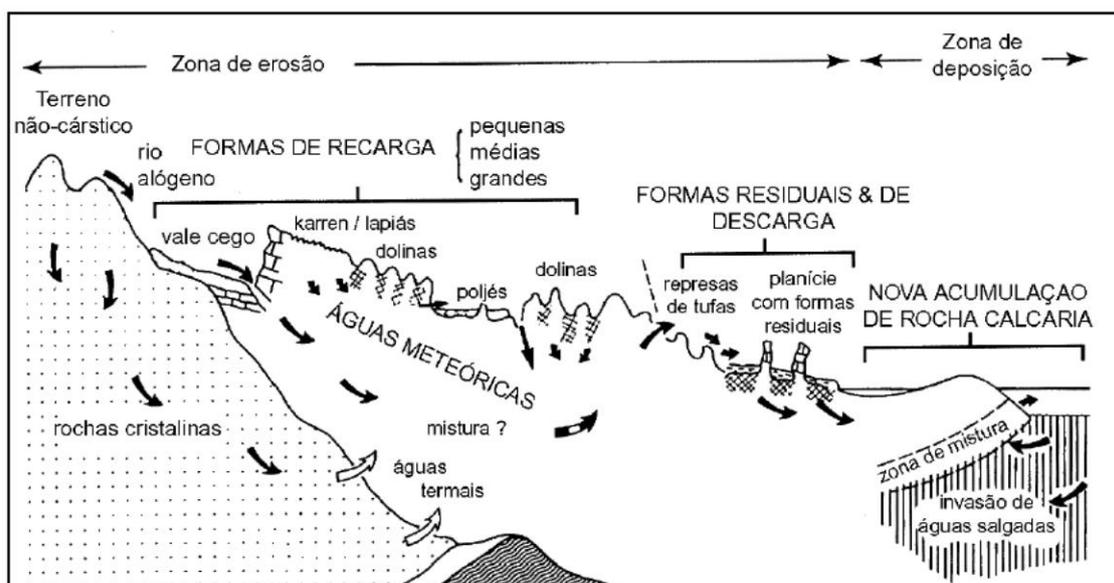
---

<sup>11</sup> HAIGH, M.J. Geography and general system theory, philosophical homologies and current practice. Geoforum. Special Issue: links between the natural and social sciences, v.16, n. 2, p.1919-203, 1985.

“Um sistema é uma totalidade que é criada pela integração de um conjunto estruturado de partes componentes, cujas interrelações estruturais e funcionais criam uma inteireza que não se encontra implicada por aquelas partes componentes quando desagregadas (HAIGH, 1985 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999, p.5).”

Essas interrelações estruturais e funcionais dizem respeito aos processos que resultam em fluxo de matéria e energia pelo sistema. Hardt (2011) ressalta que no caso do carste a matéria movimentada compõe-se dos minerais dissolvidos da rocha em suspensão no meio aquático e também de resíduos insolúveis ou não dissolvidos. Ambos são transportados pelo aquífero cárstico movido pela energia da gravidade. O resultado dessas interrelações é o desenvolvimento de diversas feições características deste tipo de paisagem.

O sistema cárstico pode ser abordado de acordo com a posição de suas formas na paisagem (conforme apresentado no subitem anterior) em exocarste, epicarste e endocarste. Ford e Williams (2007) apresentam as principais características do sistema cárstico em um diagrama dividido em zona de erosão e zona de deposição. Na zona de erosão ocorre a retirada de material e as morfologias de entrada de matéria (água) e de energia predominam. Na zona de deposição, representada por um nível de base do sistema, predominam morfologias sedimentares (Figura 5). De modo geral, Rodet (2011) classifica os elementos presentes na zona de erosão como carste de introdução e os elementos presentes na zona de deposição como carste de restituição.



**Figura 5:** Diagrama ilustrando os fenômenos mais importantes dos sistemas cársticos. Fonte: TRAVASSOS 2010a, adaptado de FORD, D.C.; WILLIAMS, P.W. Karst geomorphology and hydrology, 1989.

Além da relação sistêmica entre morfologias e processos, a totalidade do sistema cárstico abrange outras partes, tais como os elementos biológicos (fauna e flora). No que diz respeito à fauna, as cavernas (principalmente as macrocavernas) podem ser destacadas na função de habitat para diversos organismos que se desenvolvem apenas nesse ambiente ou que mantêm uma relação muito próxima com o ambiente subterrâneo. Deste modo, a fauna cavernícola pode ser dividida em três grupos. Essa subdivisão é advinda do sistema Schinner-Racovitza, modificado em Holsinger e Culver (1988)<sup>12</sup> citado por FERREIRA (2011): troglóxenos, troglófilos e troglóbios. Os troglóxenos são organismos encontrados no ambiente subterrâneo, mas que cumprem uma parte do seu ciclo de vida fora das cavernas. Ocorrem normalmente próximos às entradas. Os morcegos são exemplos de animais troglóxenos, pois utilizam a caverna para abrigo e reprodução. Os troglófilos são os organismos que podem completar todo o seu ciclo de vida dentro das cavernas. Esses organismos podem eventualmente se tornar troglóxenos sob certas circunstâncias. Como exemplo, pode-se citar algumas espécies de aranhas, escorpiões, diplópodes e opiliões. E os troglóbios são os organismos que se restringem ao ambiente cavernícola e apresentam especializações morfológicas, fisiológicas e comportamentais como processo de evolução no ambiente subterrâneo. Nessa classe estão inseridas espécies novas de peixes, insetos e crustáceos (dentre outras), totalmente adaptados às características do ambiente cavernícola, vivem na zona afótica (sem luz), alta umidade e temperatura diferenciada da superfície (FERREIRA, 2011).

A vegetação sobre o carste é variada e depende muito do bioma a qual está inserida. Entretanto, no bioma Cerrado as características litológicas proporcionam uma variação vegetacional, chamada de Mata Seca em Solo Calcário ou Mata Calcária, classificada como “Floresta Estacional Decidual de Encosta (NASCIMENTO *et al.*, 2004). A principal característica desse tipo de vegetação é a perda de folhas, por pelo menos 50% dos indivíduos durante a estação seca. A drenagem no carste, predominantemente subterrânea, proporciona uma diminuição de umidade na estação seca e a existência de solos abundantes de elementos como o cálcio e o magnésio favorecem este tipo de formação vegetal.

Essa diversidade de elementos em conjunto e interrelacionados fazem do carste um sistema complexo o que possibilita a sua abordagem além da fisionomia da

---

<sup>12</sup> HOLSINGER, R; CULVIER, D.C. The invertebrate cave fauna of Virginia and a part of eastern Tennessee: zoogeography and ecology. *Brimleyana*, v. 14, p.1-162, 1988.

paisagem. Como demonstrado, existem outras variáveis que contribuem para que essa paisagem seja recorrentemente considerada como peculiar.

### **1.3. Relevância ambiental do carste**

As áreas cársticas possuem características e recursos importantes conforme seu contexto ambiental, econômico e histórico. Até o momento, abordou-se a caracterização dos ambientes cársticos levando em consideração suas características físicas e biológicas, portanto, neste momento, torna-se necessário compreender o carste como recurso. A caracterização do sistema cárstico como recurso ocorre quando o ser humano passa a utilizar os elementos do carste para o seu desenvolvimento enquanto sociedade. Os principais conceitos aqui apresentados foram discutidos por Veni *et al.* (2001). Esses autores abordam a importância do carste como recurso hídrico, mineral, ecológico, histórico da Terra, história da humanidade (arqueológico e cultural) e recreativo. Entretanto, a utilização do carste como um recurso deve ser feita de forma sustentável, o que nem sempre acontece. Por isso, serão apresentados impactos ambientais passíveis de ocorrerem quando este recurso é mal utilizado. Os impactos ambientais abordados estão presentes em Piló (1999).

Regiões cársticas são sistemas peculiares e frágeis e a convivência neles requer atenção especial da população urbana ou rural e do poder público. A vivência em áreas cársticas e sua conseqüente exploração é bem antiga pois, o homem pré-histórico já usufruía do que o carste lhe proporcionava. Primeiro, as cavernas serviram como abrigo e local para manifestações religiosas e sua utilização pelos pré-históricos deixou rastros, seja através das pinturas rupestres feitas nas entradas das cavernas, ou na deposição de material utilizado, tais como lenha, restos de animais que serviram de alimento, pedras utilizadas como instrumentos, utensílios domésticos e diversos outros resíduos levados para dentro das cavernas. Como as cavernas também eram utilizadas para manifestações religiosas ou culturais, também são encontrados vestígios dessas cerimônias, tais como os sepultamentos. Esses vestígios, muitos deles frágeis, foram preservados por tanto tempo, pois as cavernas em rochas carbonáticas e os sedimentos depositados ajudam no processo de fossilização, na medida em que protege o corpo do contato com a atmosfera e da ação de decompositores. Vale resaltar que a decomposição de um determinado material

orgânico inviabiliza a formação de fósseis. Por isso, fósseis de animais pré-históricos também são recorrentes nos ambientes cársticos. E são através deles que se conhece um pouco mais sobre o processo de evolução da vida.

Ainda numa perspectiva histórica, o carste adquire importância na condição de local para estudo de ambientes e condições climáticas do passado. Sedimentos e espeleotemas, entre outros depósitos minerais são boas fontes de informações sobre flutuações na temperatura e umidade regional, presença de gases atmosféricos, eras glaciais, alterações do nível do mar, etc.

As áreas cársticas, principalmente as cavernas, possuem grande importância ecológica sendo ela hábitat de diversas formas de vida. Os morcegos que vivem nas cavernas prestam um grande serviço ambiental devido à sua função polinizadora e muitas espécies vegetais não sobrevivem sem eles. Os micróbios também têm a sua contribuição e estão cada vez mais sendo estudados para, por exemplo, a elaboração de medicamentos e também, para a biorremediação<sup>13</sup> de resíduos tóxicos (Veni *et al.*, 2001).

As áreas cársticas também são utilizadas como recursos minerais e o mais comumente extraído é a própria rocha. Calcário, dolomita, mármore, dentre outras, são utilizados na indústria das mais variadas formas desde a produção de cimento, cal, produto utilizado na correção de pH de solo, na pavimentação, na decoração, até como fundente em metalurgia, na fabricação de vidro, dentre diversos outros usos. Além desses, por muito tempo, o salitre foi intensamente explorado para a fabricação de pólvora, o guano (fezes de morcegos) foi utilizado como fertilizante até surgirem os fertilizantes químicos e outros depósitos minerais passíveis de exploração, (como, chumbo, zinco, alumínio, petróleo e gás natural) que foram soterrados no paleocarste.

Talvez, o recurso mais importante e utilizado no carste tenha sido a água, tanto a superficial, como a de subsuperfície. Muitas cidades em áreas de climas áridos desenvolveram-se utilizando as águas subterrâneas do carste e cada vez mais, vão se aprimorando as tecnologias para utilização desse recurso.

É fato que as cavernas são vistas como um ambiente misterioso o que acaba atraindo a atenção de muitas pessoas. Por essa razão, a recreação também é vista como um recurso nos ambientes cársticos seja por sua exploração turística ou religiosa, seja pela prática esportiva ou acadêmica exercida pelos espeleólogos e diversos interessados. Além disso, suas belas paisagens proporcionadas pelas

---

<sup>13</sup> É a utilização de seres vivos, tais como os micróbios, para a recuperação de áreas contaminadas.

morfologias superficiais constituem motivo de atração e podem ser utilizadas para atividades de recreação ou visitação turística.

Por ter características físicas, biológicas diversas e por ser utilizado como recurso de determinadas atividades humanas os ambientes cársticos estão expostos a muitos impactos ambientais, que são comuns a qualquer ambiente natural. Utilizando a Resolução 01/86 do CONAMA<sup>14</sup> para definir o que se entende por 'impacto ambiental', Piló (1999) lista os principais impactos ambientais passíveis de ocorrerem nos ambientes cársticos. As informações foram adaptadas e sintetizadas no quadro abaixo.

**Quadro 1:** síntese das principais atividades humanas no carste e seus impactos potenciais.

<b>Atividades</b>	<b>Impactos potenciais</b>
Desmatamento	Fragmentação de habitat, perda de espécies vegetais e animais, erosão e assoreamento de corpos hídricos, alteração do biótopo cavernícola, exposição e consequente degradação de inscrição rupestre por supressão da vegetação próxima a paredes e cavernas.
Agropecuária	Contaminação de aquífero por pesticida, superexploração dos aquíferos, aumento da erosão e degradação do solo, salinização de solo, desmatamento.
Mineração	Degradação visual, interferência nas rotas de drenagem subterrânea, poluição de aquíferos, vibrações nas cavernas decorrentes das detonações podendo ocasionar quedas de blocos e espeleotemas, sobrepressão acústica, perdas de feições cársticas subterrâneas e superficiais.
Urbanização/industrialização (obras de engenharia)	Contaminação e superexploração de aquíferos, abatimentos induzidos, poluição e contaminação pelo destino inadequado do lixo, erosão e assoreamento de corpos hídricos, chuva acidificada, poluição atmosférica, inundações, sobrepressão acústica, alteração do sistema de drenagem.

---

<sup>14</sup> Resolução 01/86 do CONAMA, Art. 1º: (...) considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam: I – a saúde, a segurança e o bem estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais.

Turismo e recreação	Depredação de pinturas rupestres e espeleotemas, liquefação e compactação do piso das cavernas, alteração do biótopo cavernícola, geração e abandono de lixo em local inadequado, poluição de corpos hídricos, alteração dos depósitos sedimentares e químicos.
Aproveitamento hidrelétrico	Aumento dos processos de abatimento, fugas d'água, perda total e parcial de feições cársticas superficiais e subterrâneas, alteração de topografia, perda de solo, supressão de habitat.

Fonte: adaptado de Piló (1999).

A utilização do sistema cárstico como recurso é essencial para a sociedade moderna, por exemplo, como pensar nas construções de nossas casas sem a utilização de cimento que tem como um dos componentes, o calcário? Ou até mesmo na produção de alimentos em solos ácidos, tão abundantes no cerrado brasileiro, sem a utilização de corretivos de acidez à base de calcário (calagem)? Entretanto, assim como qualquer recurso natural, sua utilização excessiva e mal planejada pode acarretar problemas ambientais graves e muitas vezes irreversíveis e neste caso, as pessoas diretamente afetadas são as que vivem em áreas cársticas. Para minimizar os problemas, visando a utilização sustentável do carste é essencial que a população diretamente afetada tenha conhecimento desse sistema, das suas características ambientais, do seu valor para as atividades econômicas e da sua importância histórica. Considerando que as populações que vivem em áreas cársticas já possuem um conhecimento de senso comum ou prático deste sistema, é necessário fornecer informações com bases científicas à essas populações.

Uma forma de propiciar o conhecimento do sistema cárstico é a introdução desta temática nas escolas, seja através das disciplinas ou através de projetos de educação ambiental. A escola se configura como disseminadora de conhecimento e possui como função social o desenvolvimento das potencialidades do indivíduo no âmbito físico, cognitivo e emocional, objetivando o desenvolvimento de cidadãos críticos e autônomos. Por esse motivo, o ensino deve ser contextualizado propiciando aos alunos a capacidade de serem participativos na sociedade em que vivem. Assim, o ensino da temática cárstica abordada nas escolas possibilita o desenvolvimento de um raciocínio crítico ambiental por parte dos alunos tornando-os capazes de tomarem decisões relativas a sua vida conforme a sociedade e o contexto ambiental vivenciado.

Neste momento da pesquisa, torna-se importante saber, através de revisão bibliográfica, como o ensino da temática cárstica vem sendo realizado nas escolas.

## **2. O ENSINO DO CARSTE**

### **2.1. A temática cárstica nos currículos e livros didáticos**

O currículo escolar contém os conteúdos, experiências e habilidades que devem ser desenvolvidos no percurso educativo do aluno servindo como referência para a comunidade escolar. No Brasil, os currículos da educação fundamental e média devem ter uma base nacional comum, mas devem ser complementados por uma parte diversificada, de acordo com as características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e da clientela, conforme consta no Artigo 26 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (BRASIL, Lei 9.394/1996). Em relação à educação infantil, a Resolução nº 5, de 17 de dezembro de 2009, fixa as diretrizes curriculares nacionais se articulando com as diretrizes para o ensino fundamental e médio. Esta resolução determina que o currículo articule as experiências e saberes da criança com os conhecimentos que fazem parte do patrimônio cultural, artístico, ambiental, científico e tecnológico de modo a promover o desenvolvimento integral da criança (BRASIL, Resolução nº5, 2009).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) são a coleção de documentos que estabelecem referências para a base curricular nacional comum e servem como parâmetros para as escolas e para a elaboração dos livros didáticos. Por conter orientações gerais, os PCNs não abordam a temática cárstica especificamente. Os estados e municípios e a unidade escolar podem estabelecer bases curriculares comuns mas, sempre em concordância com os PCNs. O estado de Minas Gerais apresenta as suas orientações curriculares para o ensino através dos Conteúdos Básicos Comuns (CBCs). Os CBCs são organizados em eixos temáticos e trazem tópicos obrigatórios e tópicos complementares. Assim como os PCNs, os CBCs não abordam a temática cárstica, mas esclarecem que as orientações não esgotam os conteúdos a serem abordados na escola. Em relação às orientações curriculares nos municípios, são poucos, normalmente as capitais, que elaboram algum tipo de documento e quando fazem, seguem as orientações dos PCNs. Quanto à elaboração de proposta curricular em cada instituição de ensino, algumas fazem, outras não. De modo geral, as escolas que possuem algum documento relativo às orientações curriculares seguem abordagens teóricas dos processos de ensino-aprendizagem ou pedagogias específicas, mas subordinadas às orientações gerais dos PCNs. A intenção aqui não é de iniciar uma discussão sobre o currículo escolar, mas deixar

claro que além do conteúdo comum, os documentos permitem e incentivam um conteúdo diversificado, baseado nas necessidades da comunidade escolar e sociedade em geral. Portanto, a temática cárstica abordada nas escolas localizadas em áreas cársticas pode ser incentivada como parte diversificada do currículo considerando a importância que esse conhecimento tem para a sua população, seja no contexto de alguma disciplina ou através de projetos educacionais interdisciplinares.

A Educação Ambiental (EA) é parte integrante das diretrizes curriculares em diversos níveis e modalidades do processo educativo conforme consta na Lei 9.795/1999, PNEA (que institui a Política Nacional de Educação Ambiental) e deve ser abordada de forma holística articulada com as questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais. Pode ser desenvolvida no ensino formal, ou seja, no âmbito dos currículos das instituições de ensino ou de maneira não-formal, que são as ações e práticas educativas desenvolvidas fora do âmbito escolar voltadas à sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais (BRASIL, Lei 9.795/1999). A temática cárstica é, em sua essência, um tema de caráter ambiental. São seus aspectos físicos, econômicos e históricos, dentre outros, que o caracterizam como um sistema complexo e viabiliza a sua abordagem como um conteúdo da Educação Ambiental, tanto formal quanto não-formal. Portanto, a temática cárstica pode ser (e comumente é) abordada no âmbito da EA, com mais frequência na Educação Ambiental não-formal do que na formal.

O livro didático está presente de forma gratuita em toda a rede pública de educação através do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e constitui elemento básico da organização do trabalho docente na rotina escolar. Muitas vezes é o único material didático que o professor possui dentro de sala de aula. Morais (2007) analisou a abordagem do tema espeleologia/carste e também, temas afins nos livros didáticos de geografia adotados por algumas escolas do ensino médio da cidade de Ouro Preto - MG. Foram analisados quatro livros distintos, todos eles, bem avaliados pelo PNLD 2009 - Ensino Médio e largamente utilizados na rede educacional pública mineira. Após a análise, o autor conclui que a temática cárstica não é abordada nos livros didáticos. Algumas expressões e conceitos relacionados com esta temática estavam presentes nos livros analisados, tais como, calcário, gruta, rocha sedimentar e fóssil, entretanto, tais termos foram utilizados em diferentes contextos que não para abordar o tema carste/espeleologia. Termos importantes para a explicação da espeleogênese, tais como dolinas, carste, lapíás, não foram encontrados nos livros analisados.

Na literatura disponível encontramos trabalhos que abordam o tema carste e o seu ensino dentro das escolas. De modo geral, esses trabalhos encontram-se

divulgados em publicações que abordam a temática cárstica e não são encontrados em publicações sobre ensino/educação o que, talvez, possa ser um fator que contribua para que esse assunto não chegue aos professores, alunos e profissionais ligados diretamente à área educativa, mesmo convivendo diretamente com o carste. Pode-se deduzir que o tema carece de uma transposição didática adequada para que ele possa ser abordado nas escolas e também, de materiais que auxiliem o professor a trabalhar com a temática cárstica, já que o conjunto conceitual referente ao tema utiliza termos pouco comuns na língua portuguesa. Este também é um dos objetivos desse estudo e será abordado no Capítulo 4.

De modo geral, os trabalhos que abordam a relação entre o carste e a educação são produzidos à partir de experiências dos autores em dois meios de atuação: o primeiro, mais comum, fora das escolas, no âmbito da educação ambiental não-formal, normalmente realizadas em museus, por grupos espeleológicos, por órgãos públicos ligados a questão do carste/espeleologia, patrocinados por empresas privadas ou relacionada a alguma atividade turística. Por isso, estes trabalhos não se constituem o foco principal deste estudo. Embora muitas vezes, este público seja formado basicamente de alunos, o público atendido não se restringe especificamente a alunos em horário de aula, mas à população em geral. O segundo meio é aquele dentro da escola que tem como sujeito da educação o aluno, mediado pelo professor no âmbito da educação ambiental formal ou como conteúdo das disciplinas escolares. Nestes dois casos, o ensino só ocorre por motivações pessoais dos professores, que se interessam pelo assunto e/ou que já fizeram ou fazem parte de grupos espeleológicos e está relacionado com as disciplinas escolares de cunho ambiental, principalmente a geografia e a biologia, ou de modo geral, ao ensino das ciências<sup>15</sup>.

## **2.2. A temática cárstica abordada nas escolas relacionada às disciplinas**

A percepção e o conhecimento prévio dos alunos sobre o carste foram abordados em alguns trabalhos. Morgado *et al.* (1996) publicaram artigo que apresenta uma sugestão para ensinar espeleologia em escolas de 1º e 2º graus (ensino fundamental e médio). O breve artigo parte do princípio de que os alunos já possuem conhecimento informal sobre o assunto, oriundo de fontes diversas, que não a escola, tais como filmes, desenhos, etc. e propõe que esse deveria ser o ponto de

---

<sup>15</sup> Nas escolas de ensino fundamental, principalmente nos anos iniciais, é comum lecionar uma disciplina chamada “ciências” que nada mais é do que a junção de conteúdos de biologia, física e química que possuem como metodologia a investigação científica.

partida para a abordagem do carste nas escolas. Os autores orientam que o professor utilize desse conhecimento informal do aluno e à partir daí, forneça o conhecimento formal sobre o carste, relacionando-o com as disciplinas escolares. Em Costa *et al.* (2007) foi apresentada uma pesquisa, baseada em questionário, visando avaliar o conhecimento prévio de alunos do ensino fundamental de duas escolas particulares de Belo Horizonte - MG sobre cavernas e os seres vivos que as habitam, assim como a importância de preservá-los. Os questionários foram aplicados antes da realização de uma visita escolar a uma caverna turística. O estudo conclui através das respostas dos alunos que eles pouco sabem sobre o ambiente cavernícola. Suas respostas foram baseadas no senso comum, demonstrando que tal tema não é abordado pelas escolas. O estudo aponta também um grande interesse por esse ambiente, mesmo sendo algo pouco conhecido. Tal resultado foi semelhante ao encontrado por Morgado *et al.* (1996). Já em Travassos *et al.* (2007) foi realizado ensaio exploratório para diagnosticar a visão que um grupo de alunos do ensino médio e de uma escola particular de Belo Horizonte - MG possuem da paisagem cárstica. Como resultado foi constatado que os alunos atribuíam conotações negativas para o endocarste e conotações positivas para o exocarste. Tal resultado foi explicado pelo fato dos alunos receberem informação de atividades espeleológicas dos meios de comunicação ou através de informações equivocadas disseminadas ao longo de suas vivências demonstrando a necessidade deste tema ser tratado de modo científico. Esses estudos comprovam que os alunos possuem conhecimento informal sobre o carste adquirido em ambiente externo ao escolar, principalmente através de filmes e desenhos. Há de se considerar também que as pesquisas foram realizadas com alunos que moram em cidades que não são cársticas, portanto, não convivem diretamente com esse tipo de paisagem. Neste caso, além desse conhecimento informal propiciado por fontes diversas, os alunos que vivem em áreas cársticas possuem uma ligação mais direta e subjetiva com este ambiente, pois o carste está presente em seu cotidiano.

As formas pelas quais o tema carste pode ser abordado em sala de aula, de modo científico, foram tratadas por alguns trabalhos que trazem proposta de ensino, relacionadas às disciplinas escolares. Morgado *et al.* (1996) fazem algumas sugestões para ensinar espeleologia em escolas de 1º e 2º graus (ensino fundamental e médio) associadas as disciplinas escolares. Os autores indicam que os conteúdos sobre a água nas cavernas e os seres vivos podem ser abordados pela biologia, os conteúdos sobre morfologia e topografia de cavernas podem ser abordados pela geografia, os conteúdos sobre formação de espeleotemas, lanterna de carbureto utilizada pelos espeleólogos podem ser abordados pela química, a espeleologia como esporte

(exploração, escalada, etc.) podem ser abordados pela educação física, entre outros exemplos, reforçando assim, a temática cárstica como um tema interdisciplinar. Os autores reforçam a necessidade de o professor adquirir conhecimentos científicos para compor o seu discurso formal sobre o carste dentro da sala de aula e utilizar como ponto de partida o conhecimento informal do aluno. Rodrigues (2001) usa como tema para sua monografia o relevo cárstico como alternativa para o ensino da disciplina de geografia no ensino básico. Ao final, o autor sugere alguns recursos didáticos, tais como, maquetes, visitas à campo, cartilhas, etc. para tornar a disciplina mais dinâmica e atraente.

Berbert-Born (2004), à partir de uma experiência pessoal, apresenta a ideia de um curso experimental de espeleologia direcionado à alunos do ensino médio, da rede de ensino de Brasília. Os alunos participaram de várias etapas da pesquisa espeleológica, que foram: aquisição de conceitos básicos e fundamentação teórica com exercícios práticos (englobando conhecimentos das disciplinas escolares), realização de estudos de casos, prática de campo (visita em caverna) e prática de gabinete finalizando com a produção de um artigo científico. Travassos e Travassos (2005) abordaram a espeleologia como um fator de motivação escolar também à partir de um relato de experiência pedagógica com alunos de uma escola particular de Belo Horizonte, no âmbito de uma disciplina escolar. O texto relata o envolvimento dos alunos no processo de elaboração de todas as etapas de um trabalho de campo realizado em caverna não turística, além do trabalho de análise da paisagem cárstica e a elaboração de relatório final.

Em Bezerra e Sobreira (2007) e em Bezerra (2007) baseados na ausência do tema carste nos livros didáticos propõem a abordagem do carste à partir do estudo do ciclo hidrológico na esculturação de rochas e na dinâmica externa do relevo terrestre, na disciplina de geografia, para as escolas com o ensino médio de São Paulo. O trabalho mostra que o tema carste é desconhecido pelos alunos e pelos professores. Estes alegam que, por não possuírem conhecimento específico sobre o tema, não o abordam em sala de aula o que leva os autores a cogitar a elaboração de um curso de capacitação para os professores. Assim, os autores elaboraram um minicurso voltado aos professores para que o conhecimento sobre o carste seja repassado aos alunos. O minicurso foi experimentado com alunos de graduação, mas não se tem notícia se houve continuidade do projeto. Já Machado e Ribeiro (2010) utilizam o tema cavernas e conceitos afins para promover e contextualizar o ensino de química para alunos do ensino médio em uma escola pública de Goiás. As autoras elaboram um minicurso onde são desenvolvidas diversas atividades, que abordam a química do carste como tema principal.

Com relação ao estudo das disciplinas de ciências e biologia, Custódio *et al.* (2012) tecem algumas reflexões sobre o ensino destas disciplinas através do uso de recursos didáticos tecnológicos e a espeleologia demonstrando a necessidade de trabalhar o ambiente cavernícola contextualizado com a realidade local e as possibilidades de abordagem no ensino fundamental e médio para estas disciplinas.

É interessante notar que a maioria dos trabalhos citados parte do princípio de que o aluno (no contexto escolar) já possui algum tipo de conhecimento, mesmo que informal, sobre o carste/espeleologia. Esses conhecimentos foram adquiridos a partir de filmes, desenhos, visitas a cavernas turísticas, entre outros meios. Ao mesmo tempo, pode-se constatar que os alunos não possuem um conhecimento científico sobre o tema, pois ele não é abordado nas escolas, nem em livros didáticos. Os trabalhos relatam, também, que mesmo sendo um assunto pouco conhecido ou completamente desconhecido para alguns, os alunos apresentam grande interesse de conhecê-lo. Tal interesse pode ser justificado, em grande parte, pelo fascínio que a paisagem cárstica provoca nos alunos. Também é possível observar também que os trabalhos fazem uma relação da temática cárstica com algumas disciplinas escolares, entre elas, a geografia, a biologia e a química. Dessas três, a abordagem mais recorrente é a relação do carste com a disciplina de geografia. Portanto, a temática cárstica constitui fator relevante e motivador de aprendizagem e pode ser bastante utilizada nas diversas disciplinas escolares ou em projetos de Educação Ambiental nas escolas.

Apesar de algumas pesquisas utilizarem do trabalho de campo em áreas cársticas como prática para verificação da teoria abordada no contexto das disciplinas, os trabalhos não foram orientados especificamente para a população residente em áreas cársticas. Portanto, pode-se considerar que os alunos que moram em cidades localizadas em áreas cársticas possuem conhecimento informal sobre o carste, oriundos de sua vivência, além dos conhecimentos adquiridos através de filmes, desenhos e etc. Muitos possuem afeição, pois convivem diretamente com a paisagem cárstica, já que ela constitui cenário de vivência diária do aluno. Em cidades que possuem a atividade econômica ligada a exploração do carste como recurso, esses alunos podem ter até seu sustento familiar advindo da exploração da paisagem cárstica pois, é comum os pais trabalharem em alguma atividade relacionada com a mineração ou com o turismo. Portanto, ensinar esse conteúdo em sala de aula e partir das experiências dos alunos, além de ser um fator motivador da aprendizagem e constituir conteúdo importante para a educação e vivência dos alunos, é também um fator facilitador da aprendizagem na medida em torna a aprendizagem significativa.

### 2.3. A temática cárstica na Educação Ambiental

O agravamento das alterações ambientais produzidas pelo crescente desenvolvimento econômico fez surgir um movimento internacional de preocupação ambiental. A década de 1970 foi marcada por importantes eventos ambientais que destacavam a Educação Ambiental (EA), tais como a Conferência de Estocolmo (Conferência da ONU sobre o Ambiente Humano) realizada em 1972, na Suécia, o Encontro Internacional de Educação Ambiental (promovida pela UNESCO) em Belgrado, Iugoslávia, realizada em 1975 e a Primeira Conferência Intergovernamental em Educação Ambiental (organizada pela UNESCO e PNUMA), realizada em Tbilisi, Geórgia (na época, membro da URSS), em 1977. A partir daí, foram definidos e divulgados os princípios, as estratégias e as recomendações para o desenvolvimento da EA no mundo (DIAS, 1994). O Brasil só passou a ter uma política nacional de educação ambiental através da Lei 9.795/1999, que a definiu como:

os processos por meio dos quais os indivíduos e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (Art. 1º, Lei 9795, 27 de abril de 1999).

Desde modo, a EA passa a ser um componente essencial e permanente da educação devendo estar presente de forma articulada em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal dada a sua transversalidade e interdisciplinaridade. Mesmo sendo essencial para a formação humana dos alunos, a educação ambiental não está arraigada no cotidiano escolar. Muitas vezes, ela aparece de forma fragmentada e conservadora em momentos pontuais da rotina escolar.

A temática cárstica também é abordada através da educação ambiental tanto de modo formal, quanto não-formal. No que se refere à educação ambiental sobre o carste em caráter formal, as experiências coletas em trabalhos divulgados em eventos e publicações relacionadas a temática cárstica, espeleológica, educação ambiental e educação pode-se verificar que, de modo geral, os trabalhos se constituem como projeto interdisciplinar, o que não poderia ser diferente. São, comumente, propostos por professores de disciplina de cunho ambiental que já possuem alguma relação com o carste/espeleologia e realizados em áreas cársticas ou próximas a elas possibilitando, além da abordagem teórica do tema carste, a abordagem prática através da realização de visitas a campo na qual as questões ambientais, principalmente sobre a preservação do carste, são abordadas. Por exemplo, Figueira *et al.* (2004) relatam projeto de oficinas de levantamento de espécies de mamíferos na

APA Carste de Lagoa Santa - MG realizados com alunos do ensino fundamental do Centro Pedagógico da UFMG. A experiência foi um projeto piloto com o intuito de ser realizado nas escolas de Lagoa Santa - MG. Rodrigues (2007) relata um estudo de caso através de trabalho realizado no Petar - SP (Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, SP) com alunos do ensino fundamental de uma escola com pedagogia Waldorf<sup>16</sup>, misturando conteúdos de física (processos físicos cársticos), química (processos químicos cársticos), geografia (observação de condições socioeconômicas, culturais e direitos entre os povos) e educação artística (realizada dentro das cavernas e após os trabalhos de campo no parque). Neste trabalho, é interessante notar a abordagem do carste através de suas características socioeconômicas, culturais e artísticas, possibilitada pela orientação pedagógica da escola. Oliveira e Rehme (2010) relatam a experiência do Projeto Sujeitos Pesquisadores que utiliza o ambiente cárstico do Parque Estadual de Campinhos – PR como laboratório natural para produção de pesquisa científica interdisciplinar com os alunos do ensino fundamental do Paraná, culminando com a produção de vídeo de cunho didático, como demonstrado em Rehme *et al.* (2011). É interessante notar, que a abordagem da temática cárstica no âmbito da educação ambiental formal, foram realizadas em escolas localizadas em áreas cársticas, diferente das abordagens no contexto das disciplinas escolares. As experiências demonstram que além da abordagem teórica do carste dentro da escola por equipe interdisciplinar, neste caso, é essencial o trabalho de campo, possibilitando que o aluno a verifique a teoria na prática.

A abordagem da temática cárstica na Educação Ambiental não-formal é mais recorrente do que nas escolas. Ela é desenvolvida pelo governo, em suas diversas instâncias através de órgãos ambientais e educacionais, grupos espeleológicos além de entidades não governamentais e empresas privadas que, de alguma forma, estão inseridas ou atingem as áreas cársticas. Alguns trabalhos que abordam projetos nesta área podem ser visto em: Deus *et al.* (1997); Motta (2001); Karnopp *et al.* (2007); Neiman e Rabinovich (2008a, 2008b); Ferreira *et al.* (2008); Santos *et al.* (2008); Hora e Figueiredo (2012).

Em Minas Gerais, as duas principais áreas cársticas nas quais são desenvolvidos boa parte dos trabalhos sobre educação ambiental não-formal com a temática cárstica são: a região cárstica de Lagoa Santa e adjacências, da qual faz parte a APA Carste de Lagoa Santa e a região da Província Cárstica do Alto São

---

<sup>16</sup> A pedagogia Waldorf foi desenvolvida pelo austríaco Rudolf Steiner (1861-1925) e se baseia na concepção de desenvolvimento criada pelo próprio Steiner, a qual leva em conta as diferentes características das crianças e adolescentes segundo sua idade aproximada. É uma pedagogia holística, encarada do ponto de vista físico, anímico e espiritual (Disponível em: <http://www.sab.org.br/pedag-wal/pedag.htm>).

Francisco. Quanto à região de Lagoa Santa, isso se deve ao fato da área cárstica estar inserida na região metropolitana de Belo Horizonte, facilitando o acesso e sendo palco de diversos conflitos ambientais gerados pelo crescente desenvolvimento da região. Além disso, a região juntamente com os municípios de Curvelo e Cordisburgo, é considerada o berço da paleontologia brasileira, devido estudos pioneiros do naturalista dinamarquês Peter W. Lund (1801 – 1880), tomando-a uma região tradicional para estudos do carste atraindo o interesse científico. Depois, a área Cárstica do Alto São Francisco, que mais recentemente tem sido bastante explorada economicamente e cientificamente, principalmente pelo projeto PAN Cavernas São Francisco (Plano de Ação Cavernas São Francisco) projeto encabeçado pelo CECAV (Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas) e com participação da sociedade civil organizada.

#### **2.4. A temática cárstica nas experiências internacionais**

No cenário internacional os trabalhos que relacionam a temática cárstica com a educação predominam a abordagem nos projetos de educação ambiental. É interessante notar que os artigos apresentados em eventos e publicações internacionais, necessariamente, abordam o ensino do carste voltado para pessoas que moram em áreas cársticas ou que estão diretamente envolvidas com atividades desenvolvidas nessas áreas. Portanto, eles objetivam uma convivência harmônica com ambiente cárstico.

Entre as referências consultadas (principalmente artigos internacionais) destacam-se as experiências de dois países: Estados Unidos da América e Itália. Nos Estados Unidos, destaca-se o Project Underground, desenvolvido no estado de Virgínia, EUA. O projeto visa promover o conhecimento sobre o carste através da capacitação de pessoas que vivem ou estão envolvidas diretamente com o carste (agricultores, governos e cidadãos de modo geral) para divulgar e promover uma vivência mais harmônica com este ambiente. Mais recentemente, o projeto foi estendido para as escolas e o tema carste, passou a fazer parte do currículo escolar do estado de Virgínia, EUA como atividade de educação ambiental formal (ZOKAITES; ORNDORFF, 2009). Na Itália, foi percebida a falta de interesse das novas gerações em assuntos espeleológicos, portanto, um grupo espeleológico desenvolveu um projeto denominado de “Speleo a Scuola” (Espeleólogo na Escola) o qual leva espeleólogos até as escolas. A intenção é divulgar conhecimentos sobre o carste e sensibilizar os alunos para a questão da vulnerabilidade da água subterrânea. Até

2009, 300 escolas italianas já haviam participado do projeto, atingindo mais de 18.500 alunos (BANDINO *et al.*, 2009). É importante apontar que a Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) mantém um projeto semelhante, denominado de 'SBE vai à escola,' no qual são realizadas palestras, exposições e seminários conforme a solicitação das escolas. Outra experiência relevante na Itália é o projeto "Teaching Resources in Speleology and Karst" desenvolvido pela Sociedade Espeleológica Italiana (ISS – Italian Speleological Society) e a União Internacional de Espeleologia (UIS – Union International de Spéléology). O projeto tem como objetivo a produção de material didático em formato de slides com diversos assuntos sobre o carste (DE WAELE, 2010). As aulas são disponibilizadas em diversas línguas e disponível para consulta mediante acesso a página da ISS na internet.

Essas experiências internacionais partiram da iniciativa de grupos espeleológicos locais e se expandiram a ponto de receberem a colaboração de governos e organizações espeleológicas nacionais e internacionais demonstrando então, possíveis caminhos a serem seguidos para que o tema carste se torne parte dos conhecimentos escolares e do cotidiano da população que vive em áreas cársticas.

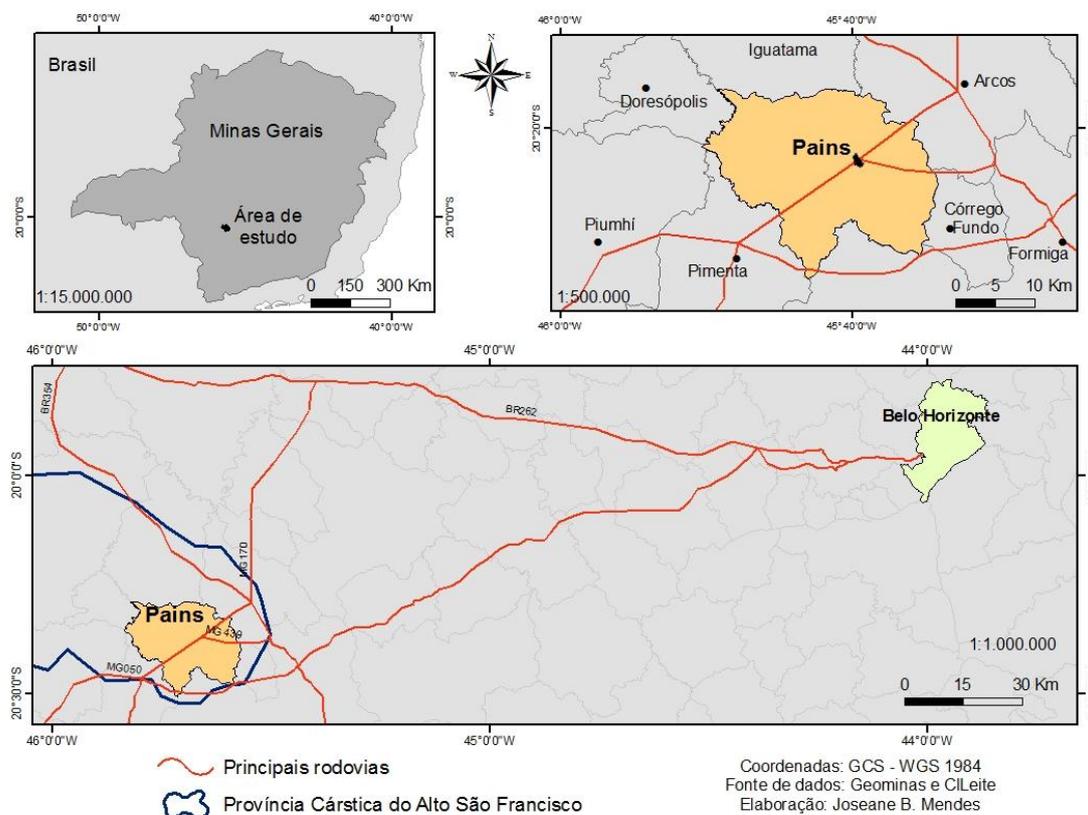
Após realização da revisão teórica sobre o ensino-aprendizagem do tema carste verificou-se a necessidade de elaborar propostas de atividades didáticas, que pudessem ser aplicadas nas escolas, visando a aprendizagem do carste. Neste caso, partindo do princípio de que a abordagem da temática deve ser feita de forma contextualizada e significativa foi escolhida uma escola pública em um município localizado em área cárstica para aprofundar a pesquisa. Antes da elaboração das propostas, foi necessário caracterizar e contextualizar o município escolhido e saber se a temática cárstica faz parte da realidade educacional dos alunos. Caso o tema seja abordado como isso é feito? Caso não seja abordado, como isso pode ser feito?

### 3. CARACTERIZAÇÃO DO CARSTE DE PAINS

#### 3.1. Localização

O município escolhido para elaboração desta parte da pesquisa foi Pains-MG. O motivo de sua escolha é devido a este município fazer parte de uma importante área cárstica, denominada de Província Cárstica do Alto São Francisco (inserida na Região Cárstica do Grupo Bambuí). Estando o município de Pains totalmente inserido em área cárstica sua população possui uma relação direta com esse tipo de paisagem. Essa relação é tanto objetiva quanto subjetiva já que os habitantes desta região nascem, crescem, se divertem, trabalham, ou seja, vivem em meio à paisagem cárstica e por vezes possuem sentimentos de valoração e pertencimento do local em que vivem.

Pains está localizado na região oeste do estado de Minas Gerais e distando da capital Belo Horizonte, 217 km. As principais vias de acesso são pelas rodovias BR-262, BR-353, MG-170, MG-050 e MG-439 (Figura 6).

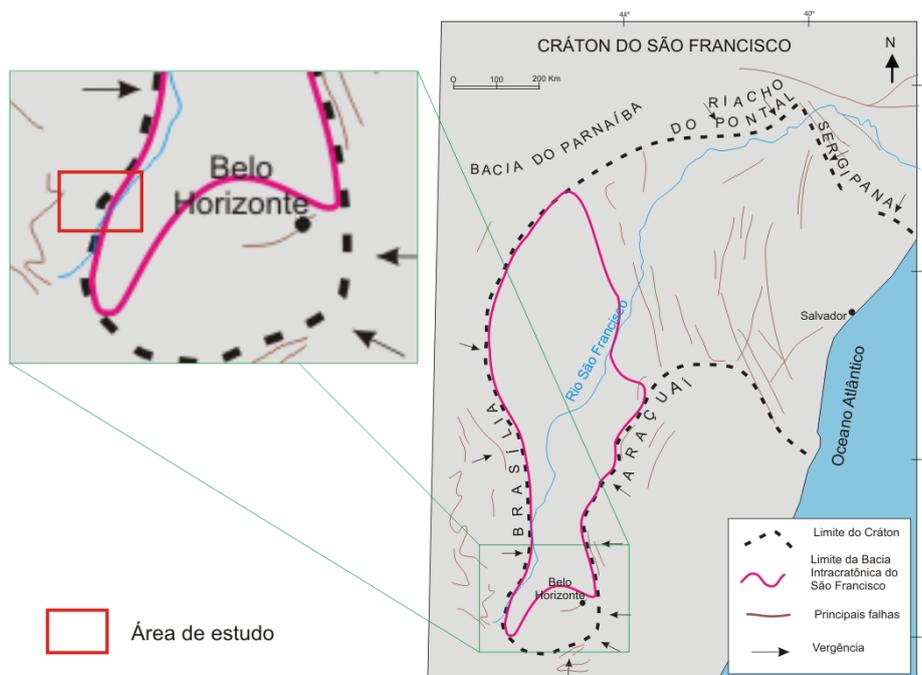


**Figura 6:** Mapa de localização de Pains no estado de Minas Gerais, em relação à capital Belo Horizonte e em relação aos seus municípios vizinhos. Consta limite aproximado da Região Cárstica do Alto São Francisco e principais vias de acesso em relação à Belo Horizonte.

### 3.2. Caracterização física regional e local

De acordo com o IBGE (2002) o clima da região é classificado como subtropical e semi-úmido com 4 a 5 meses secos. A temperatura média anual é de 20,7°C, sendo julho o mês mais frio (média de 16,3°C) e janeiro o mês mais quente (média de 23,3°C). A precipitação média anual local é de 1.344 mm (MENEGASSE *et al.* 2002).

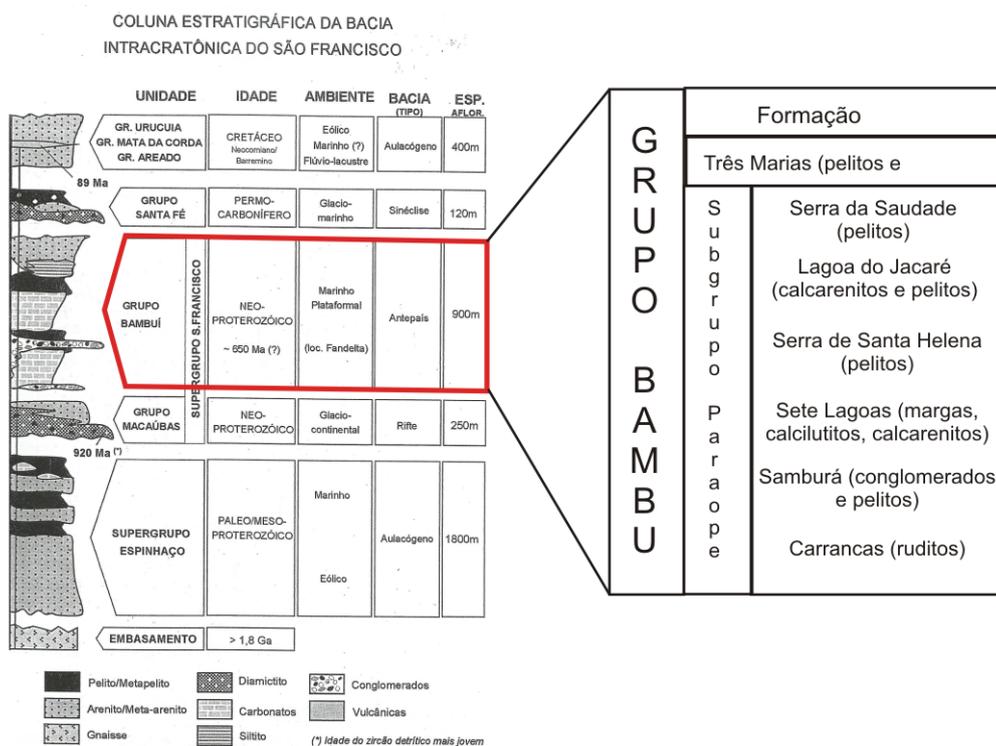
O município de Pains está inserido em uma região denominada de Cráton do São Francisco. De acordo com Almeida (1977), o Cráton do São Francisco é uma unidade tectônica que compreende parte dos estados da Bahia, Minas Gerais, Sergipe, Pernambuco e Goiás. Seu embasamento foi consolidado ao término do ciclo orogênico Transamazônico, permanecendo estável durante o Ciclo Brasileiro, no Neoproterozóico. É circundado por faixas de dobramento desenvolvidas durante o Ciclo Brasileiro que apresentam estruturas geralmente paralelas às suas bordas e que manifestam vergências em direção ao interior do Cráton (Figura 7). A delimitação a leste ocorre pela Faixa Araçuai; a oeste e sul, Faixa Brasília; noroeste, Faixa Rio Preto; e a norte, as faixas Riacho do Pontal e Sergipana. Inserida na parte sul do Cráton está a Bacia Intracratônica do São Francisco, que atuou como bacia sedimentar em tempo posterior a 1,8Ga, sendo os limites leste e oeste o mesmo do Cráton (MARTINS-NETO; PINTO, 2001). A área de estudo está localizada no sudeste do cráton e da bacia intracratônica do São Francisco.



**Figura 7:** Mapa do Cráton do São Francisco e as faixas orogênicas que o limitam. Em verde, localização aproximada da área de estudo. Fonte: ALMEIDA, 1977, p.355.

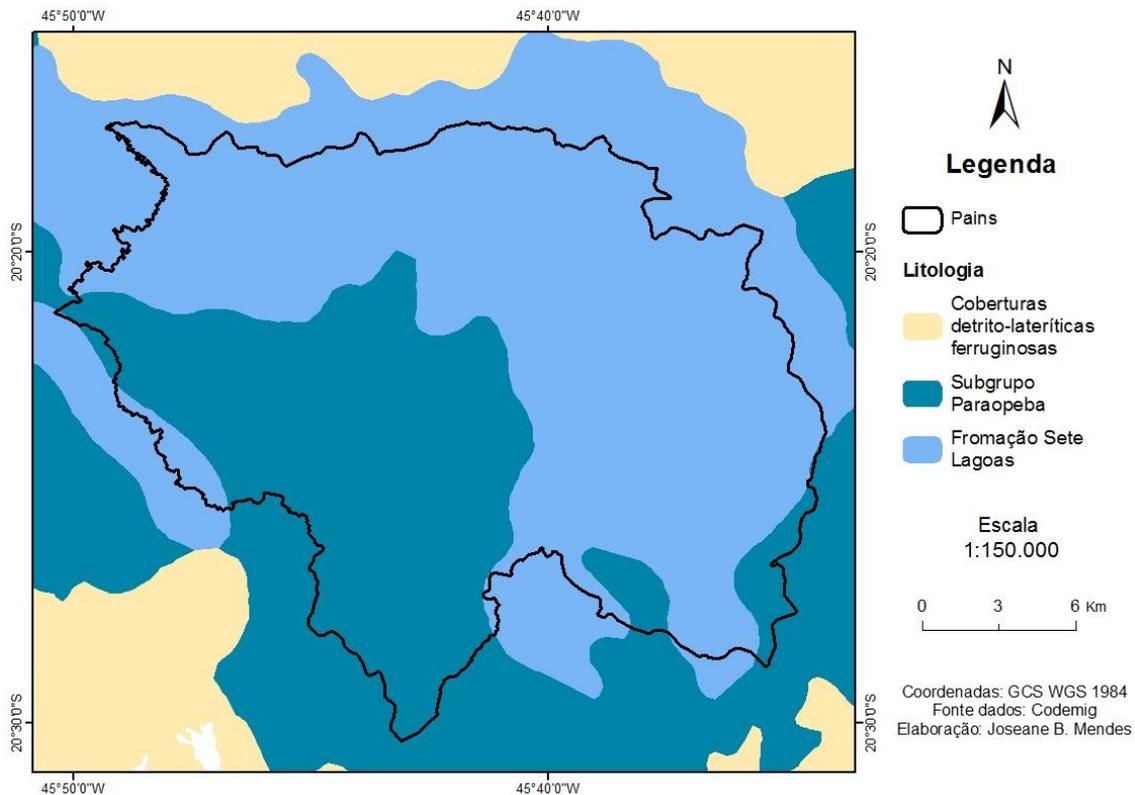
A estratigrafia da região de estudo é composta por um embasamento, pelo Supergrupo Espinhaço, o Supergrupo São Francisco e a Sequência Sanfranciscana. Deste apenas o Supergrupo São Francisco aflora na área de estudo.

O Supergrupo São Francisco (Neoproterozóico) pode ser dividido em dois Grupos: Macaúbas e Bambuí. O Grupo Bambuí constitui uma sequência sedimentar marinha e é o objeto de interesse deste estudo, pois aflora no município de Pains. De modo geral, é formado por sedimentos carbonáticos, pelítico-carbonáticos e terrígenos (MAGALHÃES, 1988). De acordo com Martins-Neto e Pinto (2001) o Grupo Bambuí constitui a unidade característica da bacia e exibe a maior área de afloramento em todas as unidades, sendo dividido nas Formações: Carrancas (ruditos), Sete Lagoas (margas, calcilutitos, calcarenitos, biolilitos), Samburá (conglomerados e pelitos), Serra de Santa Helena (pelitos), Lagoa do Jacaré (calcarenitos, pelitos), Serra da Saudade (pelitos), e Três Marias (pelitos e arenitos). Em mapeamento realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2003) a estratigrafia utilizada é a proposta pelo projeto RadamBrasil (1982)<sup>17</sup>, pois aparece o Subgrupo Paraopeba Indiviso que compreende as Formações Lagoa do Jacaré, Serra de Santa Helena, Sete Lagoas, Samburá e Carrancas (Figura 8 e 9).



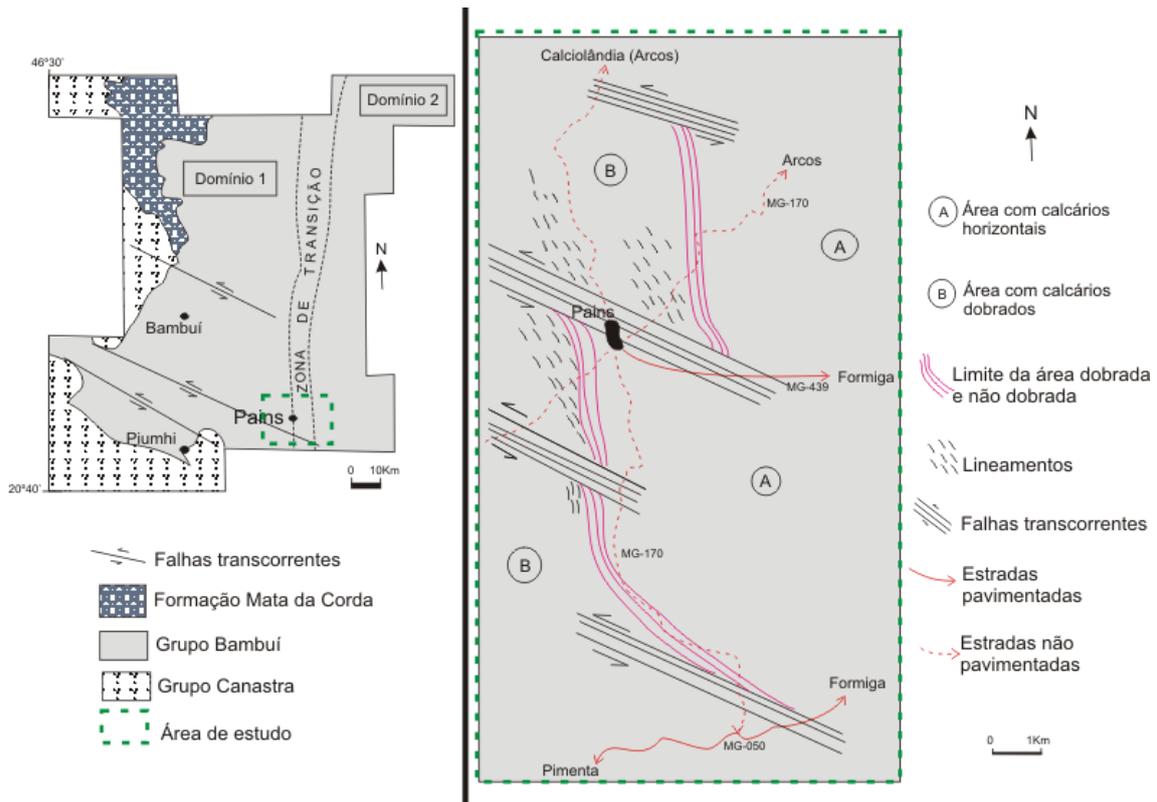
**Figura 8:** Coluna estratigráfica da Bacia Intracratônica do São Francisco com destaque para o Grupo Bambuí. Em vermelho, as unidades que afloram na área de estudo. Adaptado de: MARTINS-NETO; PINTO, 2001, p.14.

<sup>17</sup> Projeto RadamBrasil. Folha SD.23 Brasília. Levantamento de Recursos Minerais. Rio de Janeiro, v.29, p.1-660, 1982.



**Figura 9:** Mapa geológico da área de estudo.

Muzzi-Magalhães (1989) analisou as estruturas tectônicas do Grupo Bambuí em área que incluem a região de estudo. De modo geral, a área apresenta “um acervo estrutural dominado por falhas inversas/de empurrão e de rejeito direcional” (MUZZI-MAGALHÃES, 1989, p.V) com uma diminuição da magnitude de deformação de W-E, sendo identificados dois domínios estruturais separados por uma faixa de transição. O município de Pains está localizado no Domínio 1 (a sudeste) onde prevalecem falhas de rejeito direcional promovendo a rotação das estruturas mais antigas, próximo a Zona Transição (Figura 10, esquerda). Pode-se observar, em detalhe (Figura 10, direita) que a sede do município de Pains está localizada sobre um sistema de falhas transcorrentes denominado de Sistema Doresópolis-Pains por Muzzi-Magalhães (1989). Essas falhas se expressam morfologicamente por nítidos lineamentos de morros, serras e drenagens.



**Figura 10:** Esboço geológico da porção SO da bacia do São Francisco dividido em Domínios estruturais (a esquerda). Detalhe para as estruturas da região de Pains e o limite da área com calcários dobrados e com calcários horizontais (a direita). Adaptado de MUZZI-MAGALHÃES, 1989, p.41 e 70.

Saadi (1991) faz uma relação desses lineamentos com as feições geomorfológicas. De acordo com este autor, os lineamentos do Sistema Doresópolis-Pains estão impressos nos calcários que se encontram “fatiados como pão de forma” e as feições do exocarste presentes são submetidas ao seu controle. Ocorrem grábens com blocos basculados em direção à noroeste evidenciados pela associação de padrões de drenagem, morfologias e lineamentos N50W.

Em um clássico artigo publicado em 1961, Barbosa faz uma caracterização da geomorfologia cárstica da Mata de Pains impulsionado pela falta de informações geográficas da região. “Sobre o ponto de vista puramente geomorfológico ela [Mata de Pains] é praticamente desconhecida.” (BARBOSA, 1961, p.5). Utilizando como comparação um texto escrito por Tricart (1956)<sup>18</sup>, para a região cárstica ao norte de Belo Horizonte (Lagoa Santa e adjacências), Barbosa (1961) divide a área em duas unidades geomorfológicas: maciços/escarpamentos calcários e fundos rasos (Figura 11). Os maciços e escarpamentos são frequentes na paisagem e aparecem com

<sup>18</sup> TRICART, J. O Karst das vizinhanças Setentrionais de Belo Horizonte. Revista Brasileira de Geografia, nº 4 – Ano XVIII, out-dez. Conselho Nacional de Geografia: Rio de Janeiro, 1956.

grandes dimensões, isolados e escarpados. Possuem um lado ou um estreito setor com encosta côncavo-convexa e campos de lapiás localizados preferencialmente no topo e não no *front* dos escarpamentos. Os fundos rasos são planos e extensos, compostos por material alterado. Eles separam os maciços calcários e possuem poucas e pequenas irregularidades topográficas. Concentram grande quantidade de dolinas algumas com concavidades suaves, sendo identificadas pela presença de água ou vegetação e outras mais abruptas com fundo em forma de funil.



**Figura 11:** Paisagem típica da Mata de Pains, descrita por Barbosa (1961). Maciços calcários separados pelo “fundo raso”. Divisa do município de Arcos e Pains. Foto: Joseane B. Mendes.

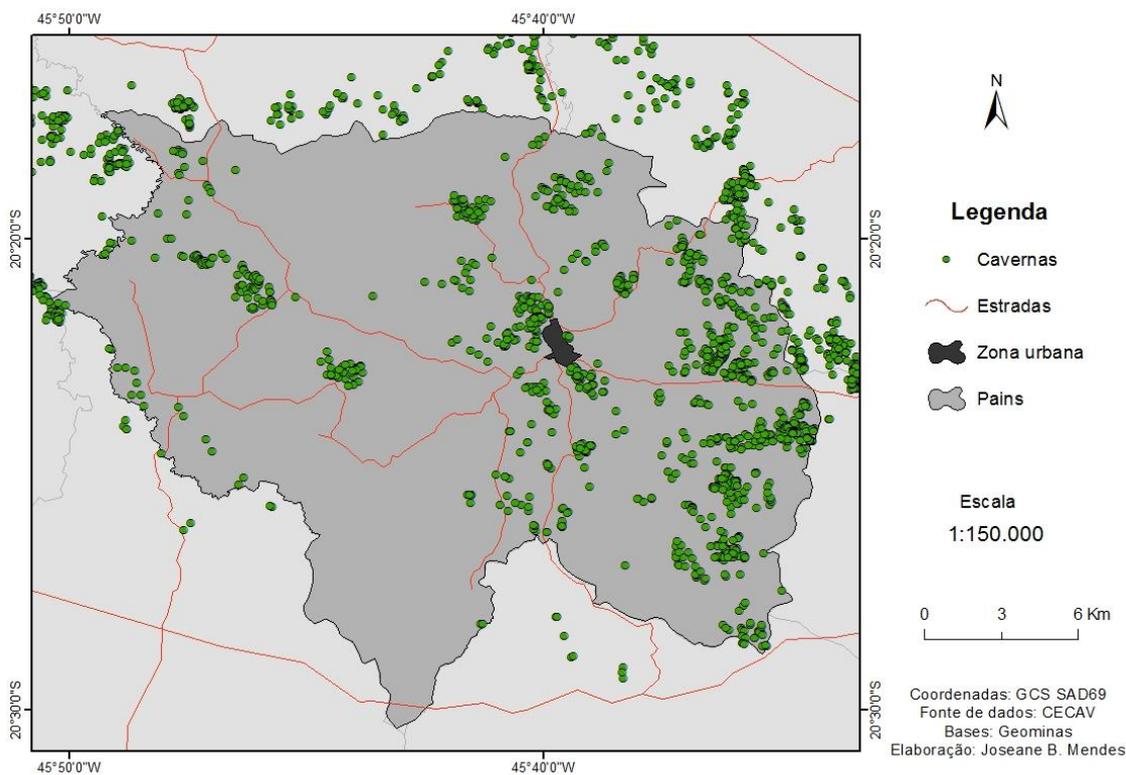
Regionalmente, Penteado e Ranzani (1973)<sup>19</sup> citado por Saadi (1991) inseriram a área entre as unidades geomorfoestruturais do Planalto do Alto Rio Grande (ou Planalto Sul de Minas) e da Depressão do Alto São Francisco.

Localmente, Saadi *et al.* (1998) dividem a região da Província Cárstica em três grandes unidades geomorfológicas: I) Cristas Quartzíticas da Serra da Pimenta, II) Alto Vale do Rio São Francisco e, III) Áreas de Concentração do Relevo Cárstico. Esta última foi subdividida em Unidade de Pains, Unidade de Arcos e Unidade de Dorésópolis. O município da área de estudo está inserido na Unidade de Pains. Conforme Morais (2002), a Unidade de Pains apresenta maciços calcários e escarpamentos, coberturas de topo de morro e fundos rasos como elementos topográficos marcantes.

Pains possui um carste bem desenvolvido, com grande quantidade e diversidade de feições, muita delas exuberantes e marcantes na paisagem. Dentre as mais recorrentes estão os maciços calcários, as torres, lapiás, dolinas, uvalas, sumidouros, ressurgências, vales secos e grande quantidade de cavernas conforme Figura 12. No mapa, pode-se observar a distribuição das cavernas cadastradas na base de dados do CECAV (Centro Nacional de Pesquisas e Conservação de Cavernas).

---

<sup>19</sup> PENTEADO, M.M. & RANZANI, G. Relatório de viagem ao médio vale do rio São Francisco. Série Geomorfologia, São Paulo, USP/Instituto de Geografia, n.40, 1973.



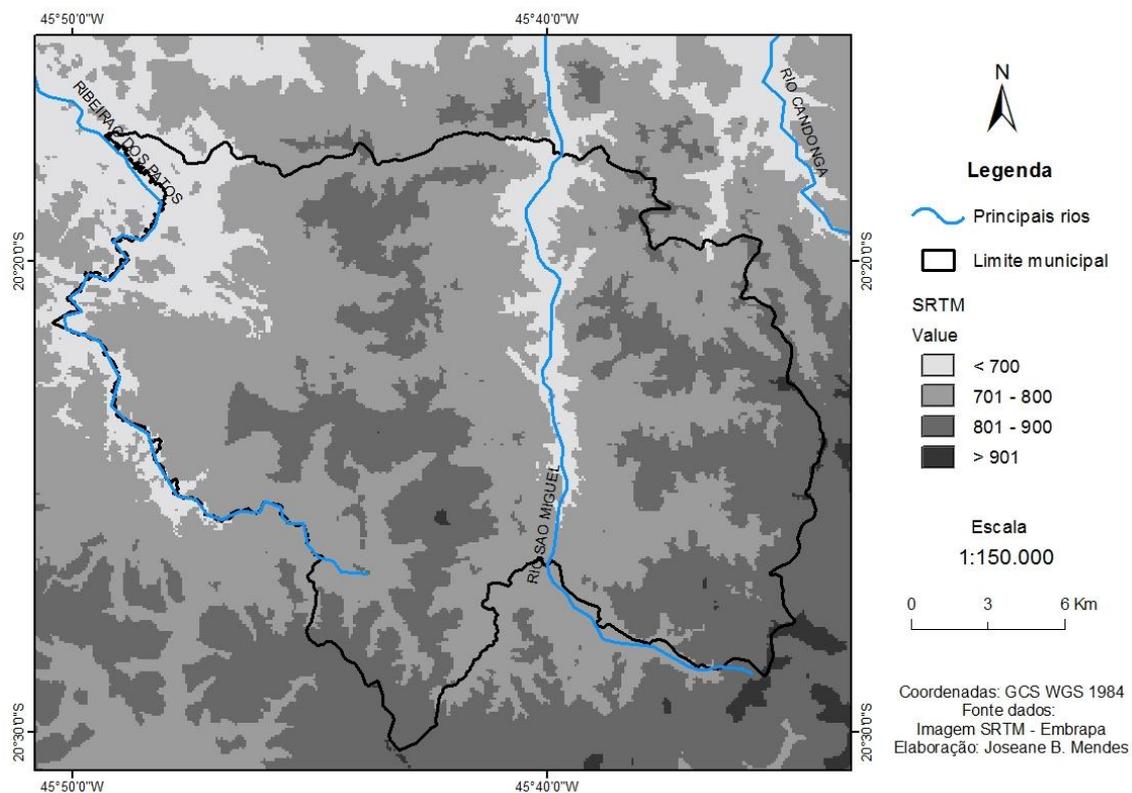
**Figura 12:** Localização das cavernas cadastradas na base de dados do CECAV.

Nos últimos anos, mapeamentos mais localizados das formas de relevo foram elaborados por diversos autores, tais como, Campos (1998) que fez uma análise morfoestrutural e elaborou cartografia geomorfológica na bacia do rio Candonga (divisa de Pains-Arcos/MG); Cardoso (1998) que tratou da evolução morfológica da Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis; Penido (2004), que realizou um levantamento, mapeamento e análise das feições exocársticas do alto curso da bacia do córrego Santo Antônio, da bacia hidrográfica do rio Candonga (leste do município de Pains, divisa com Arcos). Ressalta-se que estes trabalhos foram realizados em diversas escalas e focam áreas específicas, sendo que agrupados, não cobrem todo o território do município. Mais recentemente, Martins (2013) realizou mapeamento geomorfológico da Folha Piumhí (SF-23-V-B-II), na escala de 1:100.000.

A área de estudo está inserida em área de transição dos biomas Cerrado e Mata Atlântica. Possui formação vegetal de floresta estacional decidual e de savana gramíneo-lenhosa (campo). A estacionalidade climática induz os elementos arbóreos dominantes da floresta ao repouso fisiológico durante o período seco em mais de 50% das árvores do conjunto florestal (IBGE, 2004). Por isso, a diferença vegetacional entre as estações secas e úmidas são nítidas. Localmente, a vegetação é denominada de Mata de Pains. Barbosa (1961) a caracterizou como “grandes árvores de folhas

úmidas e caules desbotados” (BARBOSA, 1961, p.11) com raízes que se inserem diretamente no calcário seguindo diaclases e planos de estratificação. Sobre os maciços em formas de ruínas encontram-se “cactáceas, bromélias e ervas rastejantes, donde despontam alguns arbustos raquíticos.” (BARBOSA, 1961, p.11). Atualmente, a vegetação encontra-se bastante alterada devido às atividades econômicas desenvolvidas ao longo do tempo, principalmente a pecuária e agricultura realizadas nos “fundos rasos” e a exploração mineraria, nos maciços calcários.

A região faz parte da bacia hidrográfica do rio São Francisco, na porção alto curso, margem direita. Os principais afluentes são ribeirão dos Patos, que constitui fronteira oeste do município de Pains com seus vizinhos, Pimenta, Piumhi e Doloresópolis; rio São Miguel, principal curso da região, localizado no centro do município; e, Rio Candonga que possui a maior parte de sua bacia no município de Arcos, mas drena o noroeste de Pains (Figura 13).



**Figura 13:** Principais rios e altimetria da região.

Em Pains, o rio São Miguel apresenta direção N-S, drenando boa parte dos cursos d'água do município. Ao sul, a drenagem é endorréica, pois ocorrem grande número de dolinas e uvalas que funcionam como sumidouros (MORAIS, 2002). A

bacia do ribeirão dos Patos possui geometria derivada da tectônica Cenozóica, controlada por lineamentos estruturais.

Apesar da área de estudo está localizada em região cárstica, a drenagem predominante é superficial e seus principais rios são perenes. Entretanto, alguns canais de menor ordem são intermitentes. Existem grandes quantidades de feições de captação de águas superficiais que abastecem os aquíferos e feições de descarga que as levam de volta à superfície. Neste caso, as saídas se dão, principalmente, no contato com rochas impermeáveis ou menos solúveis (DIAS, 2002).

A região da Mata de Pains apresenta solos bastante férteis e foi considerada como um dos melhores de todo o estado de Minas Gerais conforme relata Barbosa (1961). Lages *et al.* (2005) realizaram mapeamento pedológico<sup>20</sup> em região situada entre os centros urbanos de Pains e Arcos (total de 320 km<sup>2</sup> mapeados) e identificaram sete unidades de solos dando origem ao mapeamento das classes de aptidão agrícola. O mapeamento demonstrou que mais de 80% da área mapeada é formada por solos aptos para a lavoura e apenas uma classe foi considerada inapta. Seguindo uma ordem decrescente de representatividade espacial, os solos mapeados foram: Podzólico Vermelho Escuro encontrado próximo aos afloramentos, em áreas de relevo mais movimentado; Podzólico Vermelho Escuro Latossólico também próximos aos afloramentos, mas com relevo menos movimentado; Os afloramentos rochosos com inclusão de Podzólico Vermelho Escuro (estes, inaptos para lavoura) também foram mapeados; Associação de Latossolo Vermelho Escuro com o Latossolo Vermelho Amarelo que aparecem na faixa de contato do calcário com o embasamento cristalino; Latossolo Vermelho Escuro o qual ocorre associado ao embasamento cristalino; Cambissolos, subdivididos em Cambissolo Glei com inclusão de Glei Pouco Húmico, observado na várzea e Cambissolo com inclusão de Latossolos Vermelho Amarelo.

### **3.3. Caracterização histórica e socioeconômica**

A região cárstica a qual se insere o município da área de estudo possui centenas de locais que guardam vestígios arqueológicos de culturas pré-históricas e vestígios paleontológicos que, quando analisados a partir de uma escala regional, possuem aspectos comuns entre si e entre outros locais (HENRIQUES JÚNIOR,

---

<sup>20</sup> Classificação de solos baseada no Antigo Sistema de Classificação de Solos, de 1999.

2006). As primeiras pesquisas arqueológicas na região foram realizadas na década de 1970, pelo Instituto de Arqueologia Brasileira (IAB), sediada no Rio de Janeiro e vinculada ao Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas (PRONAPA) e, posteriormente, pelo Setor de Arqueologia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Desde então, diversos estudos de impacto ambiental para licenciamento contratados por empresas mineradoras foram elaborados e novos sítios arqueológicos, paleontológicos e espeleológicos foram encontrados. A partir de 2001 foi elaborado o Projeto Pré-história da Província Cárstica do Alto São Francisco (PASF) com o objetivo de realizar um levantamento sistemático de sítios arqueológicos. (BAETA *et al.* 2002).

Na pré-história recente, a ocupação dessa região se deu pela presença de grupos indígenas, como os Kaiapós do Sul e os Cataguás, dentre outros, escravizados, expulsos ou extintos à partir da chegada das primeiras fontes de colonização (BAETA *et al.* 2002). A passagem de bandeirantes pela região, vindos de São Paulo em direção ao interior ocorreu a partir do século XVII. É interessante notar que a toponímia do município de Pains está associada às bandeiras. Os primeiros moradores do local foram parte da família Pamplona<sup>21</sup> e outros que deram origem à família Paim-Pamplona. Desde modo, a sesmaria ficou conhecida como Fazenda dos Paim, originando o nome da cidade (IBGE, 2010).

A região foi visitada por naturalistas desde o século XIX. Entre eles, o botânico francês August de Saint-Hilaire (1779-1853) que fez a primeira descrição científica da região quando cruzou a Mata de Pains, de Formiga à Canastra. É responsável pelos primeiros achados fósseis de Pains, descritos em 1816. O austríaco Johann Emanuel Pohl (1782-1834), também botânico, esteve na região por volta de 1817. Partindo de Formiga cruzou o rio São Miguel e a Mata de Pains em direção ao rio São Francisco em Iguatama (chamado de Porto Real, na época). Wilhelm Ludwig von Eschwege (1777-1855) visitou uma caverna nesta região e, posteriormente, em 1833, relatou o seu percurso e características (VIEIRA, 2001). Joahann Baptiste von Spix (1781-1826) e Carl F. P. von Martius (1794-1868) passaram pela região no percurso da expedição que fizeram pelo Brasil, de 1817 a 1820.

Pains possui 8.014 habitantes distribuídos numa área de 421,862 km<sup>2</sup>. (IBGE, 2010). É um município pouco populoso e possui um pequeno sítio urbano onde está concentrada a maior parte de sua população (Figura 14).

---

<sup>21</sup> Parentes de Inácio Correia Pamplona, envolvido na delação da Inconfidência Mineira, século XVIII.



**Figura 14:** Sítio urbano de Pains - MG entre os maciços calcários. Foto: Chrystiam de Lima (Fonte: <http://www.panoramio.com/user/1287976/tags/Pains>)

A principal atividade econômica é a indústria derivada da exploração do calcário. Conforme dados de 2008 da Secretaria de Estado de Fazenda do Estado de Minas Gerais, do total de arrecadação estadual de receita no município de Pains, as atividades econômicas ligadas à extração e industrialização de produtos oriundos das rochas carbonáticas representaram 97% da arrecadação estadual naquele município. Destes 97%, as atividades ligadas à fabricação de cimento, cal e gesso, representam 92% e atividades ligadas à a mineração das rochas carbonáticas representam 5% da arrecadação estadual total naquele município.<sup>22</sup> Não foram obtidos dados confiáveis da arrecadação municipal entretanto, os dados da arrecadação estadual nos dá uma boa ideia da representatividade das atividades econômicas ligadas à extração e industrialização do calcário. Mais de 15% de sua população economicamente ativa (PEA) empregada nesse segmento (IBGE, 2010).

Possui como atividade tradicional a agricultura e a pecuária leiteira, historicamente desenvolvidas nos solos férteis derivados da alteração da rocha carbonática. Sua estrutura fundiária<sup>23</sup> é predominantemente formada por pequenas e médias propriedades, com trabalho familiar e/ou informal.

---

<sup>22</sup> Os dados apresentados são referentes ao ano de 2008, extraídos do site da Secretaria de Estado de Fazenda – MG (<http://www.fazenda.mg.gov.br>), da Tabela Evolução da Arrecadação por município agrupada por CNAE (Classificação Nacional de Atividade Econômica).

<sup>23</sup> O módulo fiscal, unidade de medida agrária, na cidade de Pains é de 35 ha.

### 3.4. O ensino do carste no município de Pains - MG

A rede municipal de educação de Pains possui duas escolas com educação infantil, sendo que uma delas também possui o ensino fundamental (anos iniciais). Na rede estadual, também são duas escolas, sendo uma com ensino fundamental (anos finais) e ensino médio e outra escola na zona rural com ensino fundamental completo, sem ensino médio.

Dentre essas escolas foram escolhidas as que ofertam ensino fundamental e/ou ensino médio para a realização da pesquisa. Essa escolha foi feita em função dos alunos já possuírem a geografia como disciplina escolar estabelecida no currículo.

O quadro de professores que lecionam geografia na rede estadual para o ensino fundamental e médio é formado por quatro profissionais, sendo que um deles estava de licença e não participou da pesquisa. Outro professor, que trabalha na escola localizada na zona rural estava cobrindo o período de licença deste professor e, portanto, respondeu o questionário considerando a sua atuação nas duas escolas, tanto da escola da zona rural, quanto na escola da zona urbana. O questionário aplicado a estes professores foi sistematizado abaixo para que suas informações fossem analisadas.

**Quadro 2:** síntese das respostas obtidas através do questionário aplicado aos professores de geografia.

<b>Questões</b>	<b>Professor 1</b>	<b>Professor 2</b>	<b>Professor 3</b>
Formação profissional (graduação)	Licenciatura em geografia	Não respondeu	Licenciatura em geografia
Nível de ensino que trabalha	Ensino fundamental	Ensino médio	Ensino fundamental
Material didático utilizado em sala de aula, além do livro didático	Globo, mapas	Globo, mapas e revistas	Revistas
Realização de trabalho de campo	Sim	Não	Sim
Local em que foi realizado o trabalho de campo	Serra da Canastra	—	Ao redor da escola (atividade multidisciplinar)
Possui conhecimento do termo 'carste'	Sim	Sim	Sim

Já trabalho com o tema 'carste' com os alunos	Sim	Não	Não
De que forma?	Abordando o relevo da região	_____	_____

A questão referente à formação profissional e ao nível de ensino no qual os professores lecionam foram elaboradas objetivando entender a formação destes profissionais. Pode-se observar que dentre os professores que responderam a essa questão, são licenciados em geografia, em faculdade localizada na região e lecionam para o ensino médio e o ensino fundamental.

Em relação ao material didático, os professores utilizam em suas aulas, além do livro didático, o globo terrestre, mapas e revistas. Não foi verificado nenhum material didático que englobe a temática cárstica ou o estudo da região na qual o município pertence.

Quanto à temática cárstica, os professores declaram possuir conhecimento do tema, entretanto, apenas um deles indicou que já abordou o tema com seus alunos, dentro de sala de aula. Isso foi feito através do estudo do relevo da região cárstica. Entretanto, o trabalho de campo realizado por este professor não se relaciona à temática cárstica. É interessante notar que o professor 3 demonstra conhecer o tema do carste e informou que já realizou trabalho de campo com seus alunos ao redor da escola, mas que não trabalhou com a temática cárstica. Isso deve ter ocorrido pelo caráter transdisciplinar do trabalho de campo realizado ao redor da escola, que mesmo ocorrendo em área cárstica, deve ter tido outros interesses.

A partir da análise dos questionários foi possível constatar que a maioria dos professores conhecem o termo "carste", mas desconhecem o arcabouço conceitual da temática cárstica como um conteúdo científico passível de ser abordado em sala de aula. Mesmo sendo pequena a quantidade de questionários aplicados, eles representam o total de professores que lecionam a disciplina de geografia no município e as respostas vem a corroborar com o que foi encontrado por Bezerra e Sobreira (2007) e em Bezerra (2007incompleto) em estudo realizado em São Paulo, no qual os professores alegam que não trabalham a temática cárstica por falta de conhecimento específico e por não conhecerem as relações entre o carste e a disciplina de geografia. Portanto, conforme trabalho de campo em Pains - MG e revisão bibliográfica, pode-se constatar que o ensino do carste ocorre de forma tímida e pontual e quando ocorre é por motivações pessoais dos professores não existindo

incentivos ou orientações para que isso ocorra. Materiais didático-pedagógicos que possam auxiliar o trabalho dos professores também são inexistentes.

Outros locais foram visitados e entrevistas foram realizadas objetivando compreender o cenário regional e identificar ações que possibilitem o ensino da temática cárstica na rede de ensino.

A Secretaria Municipal do Meio Ambiente desenvolve diversas atividades de educação ambiental. Entretanto, pode-se verificar que essas atividades não tem como tema principal o carste. O tema mais abordado se refere à questão dos resíduos sólidos, principalmente a poluição causada pelo descarte incorreto desses resíduos e também, a contaminação dos cursos fluviais ocasionada pelo descarte de esgoto. A Secretaria de Educação desenvolve projeto sobre educação patrimonial, que remete a temática cárstica pois, em 2010, o projeto teve como tema o Conjunto Paisagístico do Cálice, forma cárstica localizada na entrada da cidade e tombada em 2008 pela administração municipal. Não foi constatada ação ou orientação que objetivem a abordagem da temática cárstica nas escolas. Além disso, o município é sede do Espeleogrupo Pains (EPA), um grupo que reúne pessoas interessadas na questão da espeleologia da região e que também desenvolve atividades de educação ambiental não-formal voltadas para um público abrangente que vive em regiões cársticas ou não.

O município de Pains possui um museu que foi criado em 2008 e implementado em 2010. O Museu Arqueológico do Carste do Alto São Francisco<sup>24</sup> (MAC) objetiva guardar materiais provenientes de pesquisa arqueológica da região e expor algumas peças em sua mostra permanente. Também possui laboratório que possibilita o desenvolvimento de estudos na área de arqueologia e afins e desenvolve atividades educacionais através da capacitação de professores da região sobre o patrimônio arqueológico e através de visitas guiadas ao acervo do museu. O museu é aberto a todo o público e promove visitas guiadas. Entre o principal público atendido, estão as escolas de ensino fundamental da região. Apesar de recente, o MAC se configura como um importante difusor de conhecimento sobre a arqueologia da região e conseqüentemente, o ambiente cárstico. Mais recentemente, o município foi objeto de interesse de alguns programas de televisão aberta, abordando o ambiente cárstico.

O trabalho de campo realizado no município possibilitou observar um ambiente rico e diverso quando se considera o carste, tanto em suas características físicas, quanto econômicas e históricas. Verificou-se a existência de um grupo de pessoas preocupadas com a questão ambiental do ambiente cárstico local e que desenvolvem

---

<sup>24</sup> Informações sobre o MAC estão disponíveis em: <http://mac-asf.blogspot.com.br/>

projetos que proporcionam um conhecimento ambiental e patrimonial relacionado com o carste. Entretanto, pode-se observar que esse tipo de conhecimento é desenvolvido, principalmente, no âmbito da educação ambiental não-formal, pois o conteúdo da temática cárstica não está estruturado como um conteúdo escolar a ser abordado dentro das escolas e de modo científico. Assim, fez-se necessário elaborar propostas gerais e específicas que abordassem a temática cárstica como um conteúdo escolar, partindo do ambiente cárstico de Pains.

## 4. PROPOSTAS PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DO CARSTE NAS ESCOLAS

### 4.1. A importância da contextualização do tema e a teoria da aprendizagem significativa como embasamento teórico

Uma das grandes dificuldades enfrentadas pelas escolas e professores é contextualizar o ensino de determinado conteúdo para que o aluno se sinta interessado e motivado por sua aprendizagem e realmente assimile o conteúdo abordado. Em diversos momentos os PCNs orientam que os professores tornem o ensino-aprendizado mais contextualizado e significativo para o aluno considerando que

o contexto que é mais próximo do aluno e mais facilmente explorável para dar significado aos conteúdos da aprendizagem é o da **vida pessoal, cotidiano e convivência**. (...) o cotidiano e as relações estabelecidas com o ambiente físico e social devem permitir dar significado a qualquer conteúdo curricular, fazendo a ponte entre o que se aprende na escola e o que se faz, vive e observa no dia-a-dia. (PCNs, 2000, p.81)

A importância da contextualização dos conteúdos escolares encontra respaldo em teorias do processo de ensino-aprendizagem, mais precisamente na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), formulada por David Ausubel (1918–2008) e colaboradores, à partir da década de 1960. Vale ressaltar, que o processo de ensino-aprendizagem é complexo e pessoal, envolve elementos concretos e subjetivos e ocorre de várias formas. Portanto, as teorias de ensino-aprendizagem desenvolvidas inicialmente no âmbito das pesquisas em psicologia influenciaram a pedagogia e os pensadores educacionais. Qualquer proposta educativa deve se embasar em alguma teoria (ou em fragmentos de mais de uma teoria) do processo de ensino-aprendizagem, mesmo que o embasamento não seja explícito.

A aprendizagem significativa é o conceito central abordado pela teoria de aprendizagem de Ausubel que, de modo geral, procura compreender como os significados são construídos através da estrutura cognitiva e assim, utilizar de táticas que facilitem a aprendizagem. Antes de abordarem a teoria propriamente dita, Ausubel *et al.* (1980)<sup>25</sup> destacam que a aprendizagem pode ocorrer por recepção ou por descoberta e pode ser significativa ou automática (mecânica). Na aprendizagem por recepção o conteúdo é apresentado sob a forma final para se tornar acessível ou reproduzível futuramente. É desde modo que ocorre grande parte da aprendizagem

---

<sup>25</sup> Edição original em inglês, em 1968.

escolar. Ela pode ser significativa quando a tarefa é compreendida ou adquire significado durante o processo de aquisição, portanto, não implica numa passividade do aluno ou pode ser automática, quando não adquire significado. Na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal do que vai ser aprendido não é dado, mas deve ser descoberto. Esse tipo de aprendizagem normalmente está relacionado a solução de problemas cotidianos e também pode ser significativa ou automática.

Ausubel é um representante do cognitivismo e como tal se baseia na concepção de que a estrutura cognitiva é representada pelo conteúdo total de ideias de um certo indivíduo. A estrutura cognitiva é organizada, possui uma hierarquia conceitual e informações advindas de representações sensoriais do indivíduo. Neste caso, a aprendizagem resulta na reorganização e integração do material ou informação nova na estrutura cognitiva. Para que a aprendizagem seja significativa, a nova informação deve relacionar-se com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo através de um conceito subsunçor. O conceito subsunçor é representado por conceitos, ideias e proposições relevantes preexistentes na estrutura cognitiva. Essa relação entre a nova informação e o conceito subsunçor deve ser não arbitrária e não literal (substantiva) a ponto de a nova informação ser modificada e ao mesmo tempo modificar o subsunçor (MOREIRA, 1985)<sup>26</sup>. Desde modo, a aprendizagem significativa ocorre.

Os subsunçores podem ter três origens principais: através da aprendizagem mecânica, da formação de conceitos e de organizadores prévios. A aprendizagem mecânica (ou automática) não é um oposto indesejável da aprendizagem significativa, ela às vezes, é necessária, pois é a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação a conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, por isso, a aprendizagem mecânica pode representar uma origem para a formação de um conceito subsunçor, o qual o indivíduo não possui em sua estrutura cognitiva. Entretanto, deve-se ter cuidado para que o aluno não aprenda somente através da aprendizagem mecânica, utilizando o conhecimento somente para realizar uma avaliação e esquecendo-o pouco tempo depois (MOREIRA, 1985).

Os subsunçores também podem ser adquiridos através da formação de conceitos, que é o processo pelo qual as crianças pequenas adquirem os primeiros conceitos. Este processo envolve generalizações de instâncias específicas. Porém quando a criança atinge a idade escolar ela já possui um conjunto adequado de conceitos e esse processo passa a ocorrer com menor frequência ou então, através de outros processos (por exemplo, assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação

---

<sup>26</sup> Texto original publicado em "Melhoria do Ensino", nº15, PADES/UFRGS, 1981.

integrativa). A outra forma de adquirir conceitos subsunçores é através de organizadores prévios que são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si, tendo como principal função “preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer” (AUSUBEL *et al.* 1980, p.144). Ausubel propõe o uso de organizadores prévios como a principal estratégia para manipular a estrutura cognitiva do aluno (AUSUBEL *et al.*, 1980; MOREIRA, 1985).

Conforme Moreira (1985) Ausubel ainda fala da assimilação (ou ancoragem), processo que ocorre quando um conceito, potencialmente significativo é assimilado sob uma ideia ou conceito mais inclusivo, subsunçor, já existente na estrutura cognitiva. Assim, não só a nova informação, mas o conceito subsunçor com a qual se relaciona são modificados pela interação formando um novo conceito. A assimilação facilita a retenção da informação, entretanto, inicialmente, essas informações, tanto a nova quanto a do subsunçor, permanecem dissociáveis por um tempo variável. No momento após a aprendizagem significativa ocorre um segundo estágio da assimilação, denominado de assimilação obliteradora, que é o processo ao qual a informação nova e o subsunçor vão se tornando indissociáveis, se modificam e se ampliam. Portanto, a assimilação obliteradora além de auxiliar na retenção de novos conceitos possui uma função de sintetizar as informações através do esquecimento da informação do subsunçor sem modificação (informação primária) e manutenção da nova informação modificada pelo subsunçor através da liberação da capacidade cognitiva com o objetivo de armazenar outros tipos de informações mais complexas.

Existem alguns determinados tipos de aprendizagem significativa. O tipo mais básico é a aprendizagem representacional que envolve atribuição de significado a determinados símbolos (palavras), ou seja, a palavra passa a ser identificada como seu referente (objeto, evento, conceito, etc.). A aprendizagem de conceitos, de certa forma, é uma aprendizagem representacional, o que a difere é que os símbolos são genéricos ou categóricos e representam abstrações dos atributos essenciais dos referentes. Ao contrário da aprendizagem representacional, na aprendizagem proposicional o que é aprendido é o significado de ideias em forma de proposição, ou seja, é o significado que está além da soma dos significados das palavras e dos conceitos que compõem a proposição. A aprendizagem proposicional pode ser subordinada (derivativa ou correlativa), superordenada ou combinatória. É subordinativa quando uma proposição está relacionada a determinadas preposições superordenada na estrutura cognitiva (é derivativa se o material exemplifica ou reforça uma ideia já existente ou correlativa se for extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições anteriores). É superordenada quando um conceito ou proposição pode ser relacionado a um conjunto amplo de ideias. Quando nenhuma

dessas relações são observadas, a aprendizagem é considerada combinatória. Neste caso, a nova informação é potencialmente significativa, por se relacionar com um conteúdo relevante de maneira geral, ou seja, com a estrutura cognitiva como um todo e não com a interação com um determinado subsunçor (AUSUBEL *et al.*, 1980).

Na aprendizagem subordinativa a recorrência do processo de modificação do subsunçor leva à diferenciação progressiva do conceito subsunçor, tornando-o mais complexo. Esse processo é denominado de diferenciação progressiva e propõe que na programação do conteúdo as ideias mais gerais e inclusivas sejam apresentadas em primeiro lugar para depois serem diferenciadas progressivamente em termos de detalhe e especificidade (AUSUBEL *et al.* 1980). Moreira (2010) destaca que a diferenciação progressiva não se trata de um enfoque dedutivo, mas sim um modelo ao qual o conteúdo mais relevante deve ser introduzido primeiro e retomado periodicamente favorecendo a sua progressiva diferenciação.

Já na aprendizagem superordenada e na combinatória as ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem ser reconhecidas como relacionadas, no curso de novas aprendizagens e essa relação deve ser explorada. Assim, elementos existentes na estrutura cognitiva podem reorganizar-se e adquirir novos significados. Essa recombinação é denominada por reconciliação integrativa. Desde modo, na apresentação de um conteúdo o professor deve ter especificadas e esclarecidas as semelhanças e diferenças entre ideias quando estes são encontrados em vários conteúdos. (AUSUBEL, 1968<sup>27</sup> *apud* MASINI *et al.* 1993).

Os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa pressupõem que as disciplinas possuem estrutura conceitual organizada hierarquicamente que podem ser identificadas e representadas através de um mapa conceitual. De maneira simplificada, defini-se um mapa conceitual como um diagrama hierárquico que indica relações entre conceitos. Podem ser usados para refletir a estrutura cognitiva de determinado sujeito à respeito de um tema qualquer ou para a organização conceitual de uma disciplina. As concepções teóricas que envolvem os mapas conceituais são baseadas na TAS entretanto, foi desenvolvida mais profundamente por Novak e Moreira, à partir da década de 1970.

Por fim, a teoria de Ausubel ainda fala das condições para que a aprendizagem significativa exista. Para que ela ocorra, as ideias tem que ser relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, aos subsunçores, que podem ser: uma imagem, um símbolo, um conceito, qualquer coisa considerada um “material potencialmente significativo”. É necessária também,

---

<sup>27</sup> AUSUBEL, David. Education psychology. A cognitive view. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.

uma disposição do aprendiz para selecionar o novo material e relacioná-lo com a estrutura cognitiva. Neste caso, elementos emocionais são considerados. Outra condição é que o material seja potencialmente significativo, ou seja, que ele seja adequado a um objetivo claro e a capacidade cognitiva do aluno. Essas três condições se inter-relacionam e por isso, são necessárias que ocorram em conjunto (MOREIRA, 1985).

A teoria da Aprendizagem Significativa privilegia, mas não torna exclusivo, o papel da linguagem verbal no processo de ensino-aprendizagem, pois enfatiza a aprendizagem por recepção. Essa característica é importante, pois demonstra como o ensino-aprendizagem pode ser facilitado e eficaz sem recorrer a recursos tecnológicos, métodos de descoberta, projetos complexos, profissionais especializados ou sofisticadas técnicas de ensino, que muitas vezes não estão presentes nas escolas brasileiras. Portanto, as proposições de Ausubel se aplicam ao cotidiano da sala de aula tal como ela é na grande maioria das escolas, isto é, aquela sala de aula convencional onde predomina o ensino expositivo voltado para a aprendizagem receptiva, mas não passiva (MOREIRA, 1983).

#### **4.2. Aprendizagem significativa do tema carste para quem vive em áreas cársticas – orientações gerais.**

A partir das referências à Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) abordada anteriormente, procurou-se estabelecer uma relação com o ensino do carste para ser desenvolvida nas escolas, principalmente para aquelas escolas localizadas em áreas cársticas. Neste momento, as orientações são gerais, pois a temática cárstica possui um caráter transdisciplinar e pode ser abordada no âmbito das diversas disciplinas escolares, tanto quanto no âmbito da educação ambiental formal.

Os alunos que vivem em área cárstica já possuem relação com o tema, mesmo que informal oriundo da sua vivência em um ambiente cárstico (ver Cap. 2), portanto, pode-se considerar que na estrutura cognitiva do aluno, já exista alguns subsunçores relativos a esse assunto. Abordar a temática cárstica de maneira contextualizada com a realidade vivenciada pelo aluno pode aguçar o interesse dele e proporcionar que os conceitos desenvolvidos no âmbito das disciplinas escolar sejam assimilados e consolidados em sua estrutura cognitiva.

É importante que, além de partir da vivência do aluno, o professor introduza a temática cárstica no contexto de aprendizagem que o aluno se encontra, portanto, é necessário que o conteúdo abordado também seja organizado dentro da estrutura dos

conhecimentos escolares e conforme a capacidade cognitiva do aluno, respeitando seus estágios de desenvolvimento. Por exemplo, para alunos que estão em um estágio inicial dentro do sistema educativo as atividades desenvolvidas com a temática cárstica devem ser trabalhadas conforme suas capacidades cognitivas. Assim, recomenda-se que na educação infantil e séries iniciais do ensino fundamental o conhecimento do carste seja abordado de forma lúdica, através de brincadeiras, contação de histórias, utilização de almanaques e histórias em quadrinhos sobre a temática cárstica e temas afins. Para alunos do ensino fundamental é interessante observar as orientações curriculares e introduzir a temática cárstica junto com as disciplinas escolares. Por exemplo, no ensino de história pode-se utilizar a temática cárstica para conhecimento do contexto histórico local e das populações que viveram por lá no passado visto que, em áreas cársticas, normalmente estão presentes, preservados e expostos abundantes materiais arqueológicos em parques, museus, etc. Essa abordagem está amparada pelos PCNs, Caderno de História do Ensino Fundamental, primeiro ciclo, no eixo 'história local e cotidiano' (PCNs, 1997). Na disciplina de Geografia a temática cárstica pode ser relacionada mais intimamente com o conteúdo, pois para os anos iniciais do ensino fundamental é orientado que se desenvolva o estudo da paisagem local, sendo desdobrado em eixos temáticos que abordem a questão da paisagem natural, a conservação do ambiente e a transformação da paisagem (PCNs, 1997).

Para os alunos do ensino fundamental dos ciclos mais avançados e que já possuem um arcabouço teórico maior dos conceitos científicos e uma estrutura cognitiva mais desenvolvida, a temática cárstica pode ser tratada com maior complexidade. Desde modo, alguns conceitos já podem ser definidos e melhor trabalhados promovendo relações conceituais mais complexas. Por exemplo, baseado nos PCNs (1998), na disciplina de geografia podem ser trabalhadas as relações sociais e econômicas vinculadas à temática cárstica, que são facilmente observadas em municípios que utilizam do ambiente cárstico como um recurso, principalmente quando se refere a exploração deste ambiente como recurso mineral, turístico e hídrico. Neste caso, as questões ambientais da exploração do calcário, a renda gerada dessa atividade econômica e sua aplicação, as características e implicações desse tipo de exploração para o município e diretamente para o aluno, as relações de trabalho envolvidas, a degradação ambiental causada, dentre outras questões podem promover discussões e aprendizados importantes. Nas séries finais do ensino fundamental, a temática cárstica pode ser desenvolvida, por exemplo, a partir da problemática ambiental (PCNs, 1998), possibilitando uma análise dos problemas ambientais observados diretamente no município, tais como, problema de destinação

de lixo, desmatamento, contaminação de aquíferos, depredação do patrimônio espeleológico entre outros impactos ambientais (ver Cap. 1). Já no ensino médio a temática cárstica pode ser abordada ainda com maior complexidade. Nas aulas de química, por exemplo, pode-se abordar os processos químicos que ocorrem no carste. Nas aulas de geografia, pode-se enfatizar a abordagem cartográfica e a variação de escala, ou então, abordar a dinâmica da paisagem cárstica. Nesta etapa, seria interessante que o conhecimento desenvolvido fosse acompanhado de trabalhos de campo aproveitando da diversidade e proximidade com o carste ou através de projetos educativos ambientais desenvolvidos pelos alunos.

Enfim, as relações entre a temática cárstica e as disciplinas escolares são variadas e dependem, basicamente, da forma como os professores visualizam esta temática no contexto de suas disciplinas. Portanto, é essencial que os professores tenham conhecimento científico da temática cárstica e temas afins para que essas relações sejam elaboradas. Essa situação poderá ser estabelecida com a capacitação destes profissionais considerando que, normalmente, eles não recebem esse tipo de conhecimento durante a sua formação. Neste caso, os professores também necessitam de ter passado pela experiência de uma aprendizagem significativa sobre o assunto. Essa aprendizagem pode ser proporcionada em momentos além da sua formação básica, através de um programa de formação continuada visando a capacitação do professor para tratar do tema. Recursos e materiais didáticos também tem que estar disponíveis para subsidiar o trabalho dos professores.

Considerando que o professor já possua domínio sobre os conteúdos da temática cárstica, o próximo passo é descobrir o que o aluno conhece sobre o tema. Trata-se de identificar ideias e conceitos relevantes que o aluno possua. Como dito anteriormente, a vivência no ambiente cárstico permite que alguns subsunçores já estejam presentes em sua na estrutura cognitiva. Entretanto, o professor pode utilizar de alguns meios para descobrir o que os alunos sabem e trabalhar para garantir esses subsunçores. Essa tarefa não é fácil, mas para um professor que convive diariamente com a sua turma, isso pode ser facilitado pela intimidade e confiança que o contato diário proporciona na relação professor-aluno. Neste caso, uma conversa pode ser esclarecedora, mas o professor também pode utilizar de outros meios, tais como questionário, grupo focal, exercício prévio e mapas conceituais, entre outras técnicas.

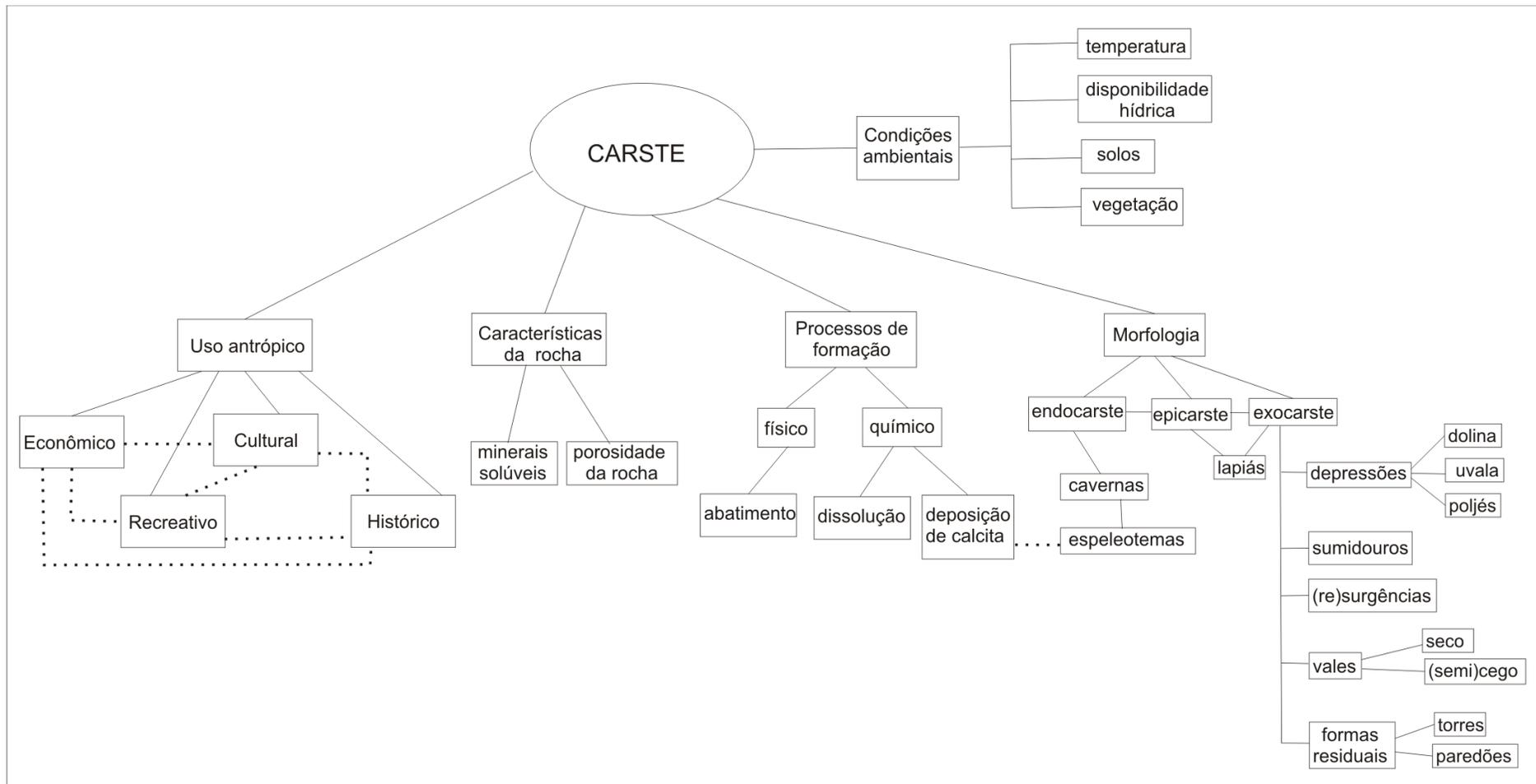
A presença de subsunçores claros e estáveis é de extrema importância para a aprendizagem significativa da temática cárstica, pois são neles que os conceitos novos irão se ancorar conforme preconiza a TAS. Portanto, para garantir que os subsunçores necessários estejam formados na estrutura cognitiva do aluno, o professor pode fazer uso dos organizadores prévios, que podem ser algum texto, imagens, vídeos, etc.

Moreira (1983) faz uma importante observação quando enfatiza que não deve haver imposição ao aluno de uma estrutura conceitual pré-definida, mas sim de facilitar a aquisição significativa de uma estrutura conceitual permitindo que o aluno atribua significado psicológico (idiossincrático) à estrutura conceitual do tema em questão.

A organização do ensino da temática cárstica, baseada na TAS pode seguir alguns princípios abordados anteriormente. O primeiro princípio é o da diferenciação progressiva. Neste caso, o professor deve organizar o conteúdo de modo hierárquico, partindo dos conceitos mais gerais e inclusivos da temática cárstica para, progressivamente, ir detalhando até atingir conceitos mais específicos e detalhados. Esse princípio pode parecer banal, mas se torna importante para a assimilação do conceito. Para que essa estruturação seja possibilitada, o professor deve identificar esses conceitos e suas relações para que eles sejam estruturados de forma hierárquica. O conteúdo também pode ser abordado pelo princípio da reconciliação integrativa. Neste caso, o conteúdo deve ser organizado de modo a explorar as relações entre as ideias, apontar as semelhanças e diferenças importantes do tema e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes (MOREIRA; MASINI, 1982). A utilização desses dois princípios no conteúdo a ser ensinado proporciona uma hierarquização conceitual que pode ser organizada através da elaboração de mapa conceitual. Neste caso, o professor deve organizar os conceitos presentes na temática cárstica em relação às suas disciplinas. Por exemplo, o professor de biologia pode utilizar desses princípios para estruturar os conceitos da temática cárstica que se relacionam com sua disciplina. Os conceitos abordados poderiam ser em relação aos elementos do meio biótico da caverna. Como os mapas conceituais possuem um caráter idiossincrático, Moreira (1983) destaca como ponto importante a visualização do mapa conceitual

“como “*um* mapa conceitual” e não “o mapa conceitual” de um dado conjunto de conceitos. Ou seja, qualquer mapa conceitual deve ser visto apenas como uma das possíveis representações de uma certa estrutura conceitual” (MOREIRA, 1983, p. 75)

variando conforme quem o elaborou, os objetivos e o contexto ao qual foi elaborado. Para ilustração, abaixo segue exemplo de um mapa conceitual de conteúdos da temática cárstica abordados no Cap. 1 à partir de conceitos comuns com a disciplina de geografia (Figura 15).



**Figura 15:** Exemplo de mapa conceitual elaborado à partir da relação dos conceitos cársticos com a disciplina de geografia. Elaborado pela autora.

Para proporcionar uma melhor assimilação o professor deve insistir na consolidação do conteúdo trabalhado antes que novos conteúdos sejam introduzidos assegurando a prontidão continuada do assunto. A consolidação do conteúdo é necessária pois, permite que ele se transforme em novos subsunçores aumentando a estrutura cognitiva do aluno e evita o comprometimento do desenvolvimento da aprendizagem caso não ocorra a aprendizagem dos passos subsequentes. Ela pode ser trabalhada através da prática, de treinos e da repetição tendo como efeito imediato o aumento da estabilidade e da clareza do conteúdo (AUSUBEL *et al.* 1980).

Essas orientações gerais para ensino do carste baseadas na TAS podem ser utilizadas em qualquer disciplina escolar, com alunos de qualquer etapa, basta que o professor selecione os conteúdos abordados pelo carste que possuem relações com sua disciplina e siga as orientações. Mais uma vez, deve ser enfatizado que, para que isso ocorra, o professor deve possuir conhecimentos sobre a temática. Além das orientações gerais faz-se pertinente a elaboração de material didático-pedagógico que será apresentado a seguir como sugestão e exemplificação da utilização da temática cárstica como conteúdo da disciplina escolar de geografia.

#### **4.3. Proposta didática para ensino-aprendizagem da temática cárstica na disciplina de geografia**

Considerando a discussão apresentada até o momento tornou-se necessário, após as orientações gerais, elaborar atividades didático-pedagógicas que abordassem a temática cárstica dentro do contexto da disciplina escolar de geografia. Estas atividades se constituem como sugestão da aplicação do tema em sala de aula, não se configurando como uma proposta inflexível, mas apenas como uma ilustração com vistas a contribuir com o trabalho dos professores que têm interesse em desenvolver atividade didática a respeito da temática cárstica, principalmente para aqueles que convivem com o carste. As propostas apresentadas foram desenvolvidas considerando a realidade da maioria das escolas e levando em consideração os recursos disponíveis. Por isso elas são essencialmente pautadas na relação professor-aluno e aula discursiva além de utilizarem materiais de fácil aquisição.

A opção de apresentar relações entre a temática cárstica e a geografia se justifica por essas duas áreas do conhecimento terem temas e linguagem em comum, mas essencialmente por ser a formação acadêmica da pesquisadora. A primeira atividade é voltada aos alunos do ensino fundamental que, conforme orientações dos

PCNs (1998) abordam a paisagem local. A segunda proposta é voltada para os alunos do ensino médio que trabalham com os conceitos de hidrologia (PCN, 2000)

As habilidades desenvolvidas nas propostas estão presentes nas orientações dos PCNs (2000, p.35) para a disciplina de geografia. De modo geral, as propostas sugeridas possibilitam o desenvolvimento da habilidade de **representação e comunicação**, pois exige que o aluno leia, analise e interprete os códigos da geografia e os elementos de representação de fatos e fenômenos espaciais, além de reconhecer e aplicar o uso das escalas cartográficas e geográficas. Proporcionam o desenvolvimento das habilidades de **investigação e compreensão**, pois permitem que o aluno compare e interprete os elementos da paisagem e produzam relações em várias escalas, considerando a diversidade de elementos. Também, proporcionam o desenvolvimento das habilidades de **contextualização sócio-cultural e ambiental**, na medida em que o espaço é analisado como local de vivência do aluno.

As atividades proposta serão divididas em etapas que, de modo geral, abrangem: i) introdução/contextualização e localização, que visa a contextualização e localização dos alunos considerando o ambiente cárstico a qual está inserido, além de apresentarem conceitos iniciais necessário para o desenvolvimento da atividade; ii) trabalho prático, objetivando a representação espacial por parte dos alunos; iii) discussão, possibilitando a elaboração de relações e aprofundamento do aprendizado; e, iv) organização do conteúdo e verificação da aprendizagem através da elaboração de mapa conceitual. Caso, não seja possível a realização de uma dessas etapas, as atividades poderão ser adaptadas conforme necessidade. O tempo de desenvolvimento das atividades e das etapas propostas não será demarcado, pois cabe ao professor considerar as características de sua turma e o tempo de aula que lhe é destinado para se organizar em relação a isso. Os materiais utilizados são de fácil aquisição pela escola ou pelos alunos e estão especificados em cada etapa.

#### **4.3.1. O estudo do carste através do estudo da paisagem**

Em muitas escolas o ensino de geografia ainda é pautado apenas em aulas expositivas, no livro didático e em mapas que se assemelham aos já apresentados nos livros didáticos e que não expressam seu local de vivência. Essas questões constituem um problema estrutural da educação pública brasileira e desencadeiam discussões que não são objetivo dessa pesquisa. Entretanto, é possível trabalhar a disciplina de geografia no contexto escolar por meio de situações que problematizem os espaços geográficos materializados em paisagens, lugares e territórios de modo

mais dinâmico e interessante para os alunos e que promova a capacitação para a leitura e análise da paisagem dando significado à aprendizagem (PCNs, 1998).

A paisagem é um conceito utilizado por várias ciências e também no cotidiano, mas ganha especial importância para a ciência geográfica pois, é uma categoria de análise da geografia. Esta categoria de análise está presente desde o início da ciência geográfica e, portanto, seu conceito e aplicação foram modificados conforme o contexto social, histórico e o ramo da ciência geográfica que a aborda. Mas, sempre manteve uma posição central no estudo da geografia.

Na geografia escolar o conceito de paisagem é utilizado para análise do processo histórico na formação social e o funcionamento da natureza, como uma leitura do lugar e do território (PCN, 1998). Deste modo, a análise da paisagem perpassa as orientações e os conteúdos abordados pela geografia, no contexto escolar.

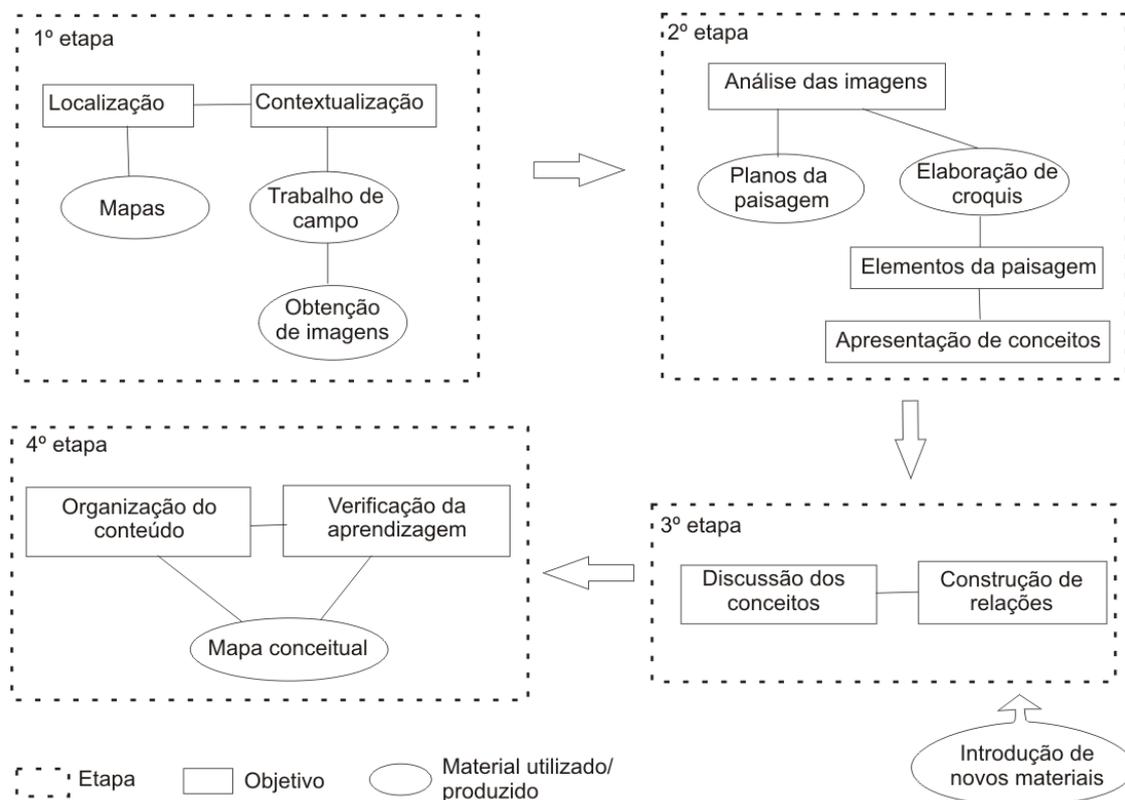
Para os alunos do ensino básico, a paisagem é definida como uma “unidade visível do território que possui identidade visual, caracterizada por fatores de ordem social, cultural e natural, contendo espaços e tempos distintos” (PCN, 1998, p.28). Este conceito recebe adjetivos que o caracterizam e focam a sua abordagem, tal como, a paisagem cárstica. Neste caso, a parte visível considerada é o carste e os fatores que a caracterizam de ordem social, cultural e natural são, por exemplo, a relação das populações com o carste através da sua utilização como recurso, a história cultural das populações destas áreas, sua caracterização física, principalmente como forma de relevo, sua dinâmica ambiental dentre outros fatores. A caracterização da paisagem como uma unidade visível permite a sua leitura, que pode ocorrer de forma direta, através da observação da paisagem e de forma indireta, através da análise de imagens e textos.

O objetivo desta atividade didático-pedagógica é proporcionar o estudo da paisagem à partir do estudo da paisagem cárstica local, possibilitando a abordagem de conceitos do exocarste. Como pré-requisito é interessante que os alunos já tenham conhecimentos sobre o conceito de paisagem e familiaridade com mapas. Caso os alunos não tenham esses conhecimentos, o professor pode utilizá-los como introdução à atividade.

Dentro da proposta consta a realização de atividade de leitura direta e também, de leitura indireta da paisagem, realizada através da análise de planos de fotografias, conforme Ferreira (2011) e da elaboração de croquis interpretativos, conforme Le Sann *et al.* (2002). Essas duas técnicas também estão expressas em Bertolini (2010) para o ensino do relevo.

## A atividade didática

. A organização geral da proposta é evidenciada no diagrama a seguir (Figura 16). Posteriormente, será detalhada cada etapa.



**Figura 16:** Organização geral da atividade proposta para o ensino fundamental

### 1ª parte: conhecendo a paisagem cárstica:

O objetivo dessa parte é proporcionar a localização e a contextualização dos alunos dentro da paisagem cárstica local. Neste caso, foram definidas duas tarefas: localização e contextualização.

Localização: o objetivo dessa primeira parte é possibilitar que o aluno conheça o conceito de carste e se localize dentro da área cárstica em que vive, visualizando a paisagem cárstica de modo amplo e diverso para que as análises mais específicas e complexas sejam feitas posteriormente.

Material: mapas temáticos do município ou região. Caso seja utilizado mapas em meio digital é necessário providenciar projetor de imagens e computador.

Execução: Para que isso ocorra orienta-se que o professor introduza o conceito de carste, caracterizando-o como um tipo de paisagem peculiar que, no caso ocorre

em rochas calcárias onde se desenvolvem formas de relevo e processos de formação específicos. Nesta etapa, objetiva-se apenas a introdução ao conceito, pois se espera que o aluno seja capaz de construir um conceito mais elaborado com o decorrer da atividade. Este conceito pode ser abordado enquanto se realiza um trabalho de localização com mapas temáticos da região cárstica e do município, dentro deste contexto. O professor pode colocar o mapa na frente da sala ou projetá-lo (caso esteja em formato digital) e solicitar que os alunos o ajudem na leitura do mapa.

Contextualização: nesta parte da atividade, orienta-se a realização de um trabalho de campo objetivando a leitura direta da paisagem. Caso não seja possível a realização de um trabalho de campo, o professor pode optar pela utilização de algum vídeo que aborde a temática cárstica ou que tenha como cenário a paisagem cárstica com características próximas as da paisagem local propiciando a leitura indireta da paisagem. Além dos objetivos já traçados, a intenção do trabalho de campo ou do vídeo é que eles funcionem também como organizadores prévios.

Material: máquina fotográfica, impressão das fotografias e outros materiais que vão depender da organização do trabalho de campo.

Execução: A realização de um trabalho de campo envolve planejamento por parte do professor, da escola, dos alunos e da família do aluno. É necessário que as partes envolvidas planejem as paradas conforme objetivo do campo, que busquem as autorizações necessárias e organizem o transporte, além do tempo gasto. Para as escolas que estão inseridas em áreas cársticas, esse trabalho de campo é facilitado pela proximidade com as paisagens cársticas chamando a atenção do aluno para o ambiente que o cerca, demonstrando os elementos físicos e enfatizando o tipo de ocupação e uso que se faz do ambiente cárstico. Na cidade de Pains, por exemplo, encontra-se um cenário bem diverso e de fácil acesso, sendo que grande parte das feições exocársticas podem ser observadas a partir das estradas do município e estão bem próximas ao sítio urbano, não demandando longas jornadas ou deslocamentos. Seria interessante também se, além da visualização da paisagem, o trabalho de campo possibilitasse a visita a algum museu ou unidade de conservação que proporcione ações de divulgação do carste. No caso de Pains esta visita poderia ocorrer no MAC (Museu do Carste do Alto São Francisco). Apesar dessa proposta didática ser voltada para a disciplina de geografia, o trabalho de campo pode ter caráter transdisciplinar e possibilitar o diálogo com outras disciplinas que podem ser relacionadas ao carste, tais como, biologia, química e educação artística, dentre outras.

Para dar continuidade ao exercício, os alunos devem ser orientados a fotografarem as diferentes paisagens encontradas durante o trabalho de campo. Mesmo o professor direcionando o olhar dos alunos, em relação à escolha dos locais a serem visitados, é importante deixá-los livres para que eles selecionem as imagens de sua preferência, pois assim, estarão trabalhando com algo que lhes despertou o interesse ou que tenha algum significado pessoal criando então, condições para que a aprendizagem seja significativa.

Após obtenção de fotografias do campo com foco principal na paisagem cárstica, o aluno deve selecionar algumas imagens. Elas devem ser impressas, pois serão utilizadas em outro momento, dentro de sala de aula. Caso não seja possível a execução do campo, o professor pode selecionar previamente as fotografias através da internet, de materiais didáticos ou de arquivos pessoais e levar para a sala de aula.

Para demonstração, foram selecionadas três fotos da paisagem cárstica, duas delas no município de Pains e uma no município de Arcos, na divisa municipal com Pains (Figura 17, 18, 19). Os critérios para a escolha dessas figuras foram: fácil acesso (pela estrada que liga a sede do município de Arcos à sede de Pains), presença de formas cársticas já mapeadas por outros trabalhos acadêmicos (CAMPOS, 1998; CARDOSO, 1998 PENIDO, 2004) a fim de facilitar a aquisição de referenciais teóricos pelos professores, proximidade à estrada favorecendo a sua visualização imediata e diversidade de elementos expressos nas fotos, que posteriormente subsidiarão as discussões teóricas.

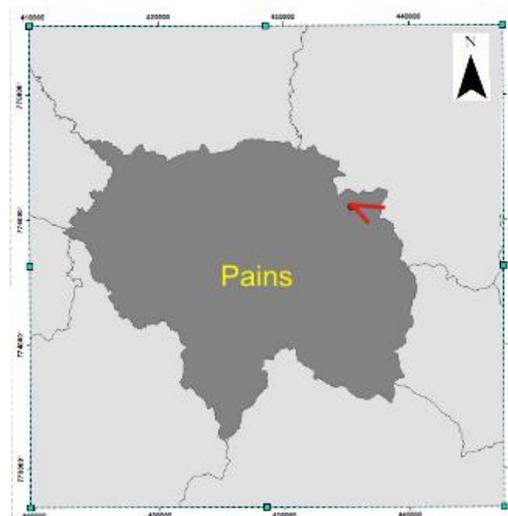
Foto 1



Local em que a foto foi tirada: 435395/7750985  
Pains, MG Visada: NO-SE



Imagem: Google Earth



**Figura 17:** Foto 1 – Paisagem cárstica. Exemplo de foto que pode ser utilizada na atividade e localização.

## Foto 2



Local em que a foto foi tirada: 437219/7753840  
Arcos, divisa com Pains, MG Visada: NE-SO

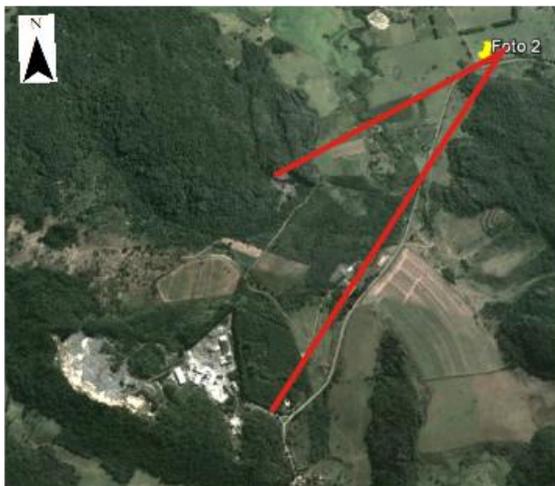


Imagem: Google Earth



**Figura 18:** Foto 2 – Paisagem cárstica. Exemplo de foto que pode ser utilizada na atividade e localização.

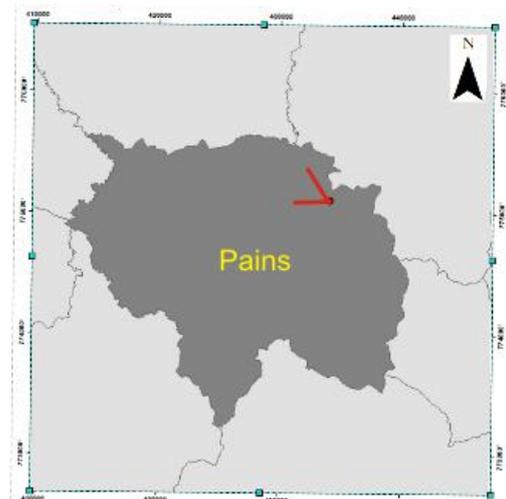
Foto 3



Local em que a foto foi tirada: 434120/7751045  
Pains, MG Visada: L-O



Imagem: Google Earth



**Figura 19:** Foto 3 – Paisagem cárstica. Exemplo de foto que pode ser utilizada na atividade e localização

## **2ª parte:** a representação da paisagem cárstica

O objetivo desta etapa é reconhecer elementos da paisagem cárstica que darão suporte às futuras discussões. Portanto, é necessário que alguns conceitos sejam trabalhados dentro da sala de aula.

Material: fotografias impressas, papel vegetal, lápis coloridos, fita adesiva (ou clipes).

Execução: o professor deve orientar os alunos para realizarem a leitura da paisagem indiretamente, através da análise de planos de fotografias e realização de croquis. Através da leitura dos planos da paisagem, pode-se discutir as informações oriundas desta leitura. O professor deve orientar os alunos a tentar descrever as imagens, caracterizá-las, procurar organizá-las em planos agrupando elementos semelhantes e ressaltando as diferenças. Nesta etapa, todos os elementos identificados devem ser descritos. Após esta tarefa, o professor deve orientar os alunos para que elaborem croquis interpretativos das fotos visando a reprodução e o destaque dos vários elementos da paisagem. Os alunos devem colocar o papel vegetal sobre a imagem, fixá-la com fita adesiva ou clipes e executar o desenho. O croqui é um desenho simples, um esboço onde são representados os principais elementos de uma paisagem. Neste caso, além do aluno perceber visualmente a paisagem, também enfatiza os elementos presentes na imagem quando realiza o desenho. Considerando que as fotografias utilizadas foram selecionadas pelos alunos é de se esperar que vários elementos sejam representados, já que alguns podem evidenciar a vegetação ou o relevo ou a atividade econômica presentes nas imagens. Caso as imagens sejam selecionadas pelo professor, ele deve procurar por fotografias que demonstrem a diversidade do ambiente cárstico. Após a representação, o professor, juntamente com os alunos, deve realizar a leitura da paisagem destacando os elementos encontrados.

Essa etapa do trabalho pode ser realizada em sala de aula, por isso é indicado o uso das fotografias, mas também, pode ser realizada durante o trabalho de campo. Neste caso, a representação do croqui seria feito à partir da contemplação direta da paisagem cárstica. Mais uma vez, essa escolha cabe ao professor considerando as características de sua turma, o tempo e os recursos disponíveis.

A seguir, tem-se a possibilidade de análise das fotografias, em relação a visualização de planos e à confecção dos croquis interpretativos (Figuras 20, 21 e 22). Como sugestão, foram selecionados alguns elementos que podem coincidir com os elementos apontados pelos alunos.

## Foto 1



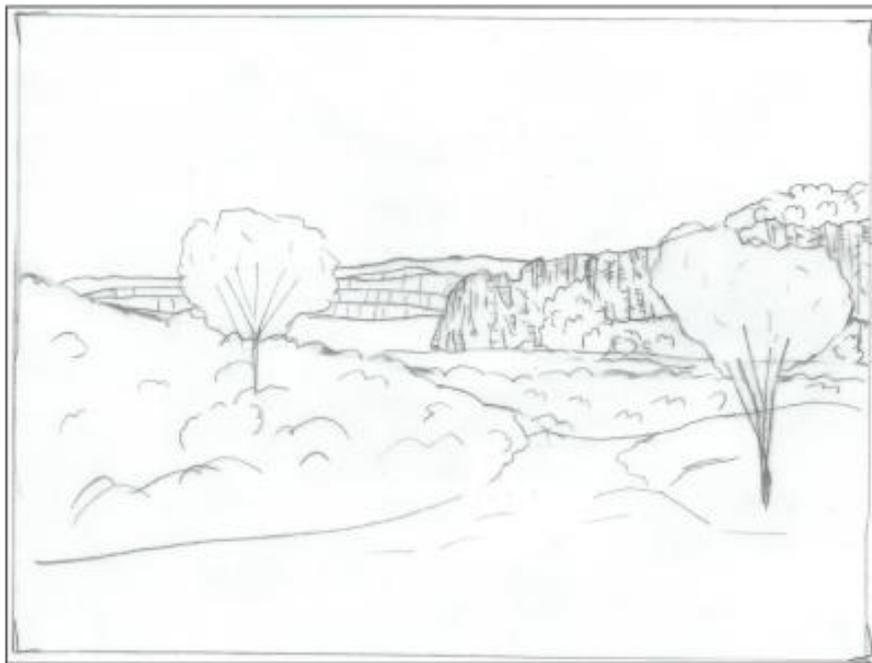
**Figura 20:** Produto da análise da foto 1

- 1º plano: relevo levemente ondulado, com vertente convexa. Fundo de vale ocupado por canal de drenagem intermitente (afluente sem nome do córrego Santo Antônio, bacia do rio Candonga). Foto retirada na estação seca, portanto o leito do córrego está seco. Mesmo assim, visualiza-se a marca da drenagem expressa no relevo. Solos aparentam ser bem

desenvolvidos (neste caso, classificados como argissolo vermelho latossólico). Vegetação de gramínea predominante na paisagem, sendo utilizada como área de pastagem (observar a presença de gado na foto). Presença de algumas árvores em meio à pastagem. Observar que as árvores estão com poucas folhas (vegetação decídua).

- 2º plano: vertente convexa. Presença de gramínea e gado pastando. Neste plano aparece maior quantidade de árvores e arbustos próximos ao maciço calcário. Observar que algumas árvores estão sem folhas. À esquerda, da foto, observa-se área com um cultivo agrícola, na vertente oposta ao observador.
- 3º plano: presença de maciço calcário escarpado. Aparência ruiniforme devido ao lapiezamento e fraturas na rocha. Vegetação mais densa na base e no topo central do maciço calcário indicando a presença de solo mais desenvolvido. É possível observar algumas espécies vegetais que compõem a mata seca, localmente denominada de Mata de Pains. No topo periférico do maciço calcário a vegetação é de pequeno porte e, muitas vezes, xeromórfica (vegetação que possui adaptações para sobreviverem em ambientes secos).

## Foto 2

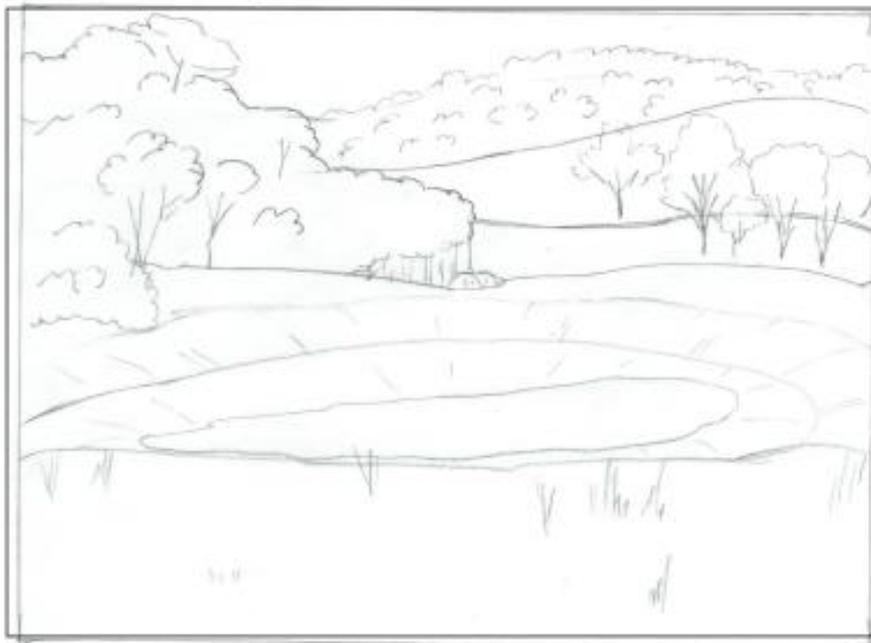
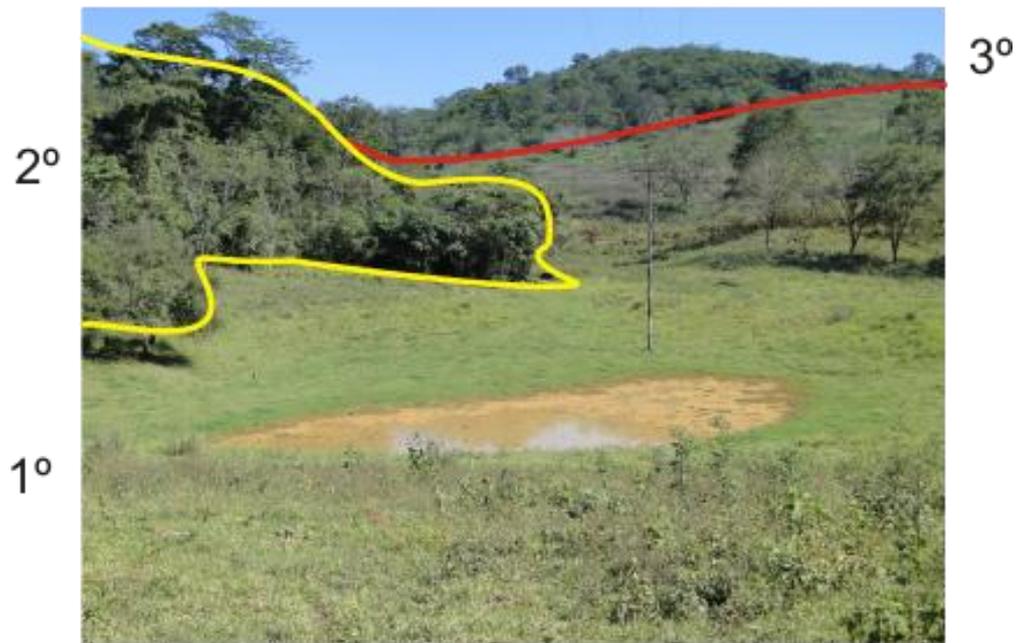


**Figura 21:** Produto da análise da foto 2

- 1º plano: vertente convexa suave presença de vegetação de gramínea para pastagem (neste caso, solo classificado como argissolo vermelho latossólico).

- 2º plano: fundo de vale ocupado pelo leito do córrego Santo Antônio, drenagem perene permitindo adensamento da vegetação arbóreo-arbustiva devido maior disponibilidade hídrica.
- 3º plano: fundo plano com vegetação de gramínea utilizada como pastagem. Superfície denominada de fundo raso por Barbosa (1961) onde há desenvolvimento de solo mais profundo. Em loco, ainda pode-se observar a presenças de construções (sede e dependências de fazenda) e o desenvolvimento de atividades agrícola e pecuária.
- 4º plano: afloramento/maciço calcário preservado. Aparência ruiforme devido fraturas e lapiás. Vegetação de mata seca que fica densa no topo do maciço indicando presença de solo mais desenvolvido do que nas bordas. Nas bordas do afloramento observa-se vegetação de pequeno porte e, muitas vezes, xeromórfica.
- 5º plano: cava de mineração no maciço calcário Corumbá. Observar o solo exposto e os cortes feitos na rocha para a sua extração.

### Foto 3



**Figura 22:** Produto da análise da foto 3

- 1° plano: dolina de dissolução alongada e alagada durante todo o ano, o que pode significar uma proximidade com o nível freático. Vegetação de gramínea utilizada como pastagem. Solo aparentemente mais desenvolvido (neste caso, classificado como argissolo vermelho eutrófico). Colina com vertente convexa. Observar a presença de algumas árvores sem folhas (vegetação decídua), vegetação do tipo mata seca.

- 2º plano: presença de maciço calcário recoberto pela vegetação de mata seca, localmente denominada de Mata de Pains.
- 3º plano: presença de morro ao fundo coberto pela vegetação da Mata de Pains, que se configura como divisor de água entre a bacia do rio Candonga e bacia do rio São Miguel.

**3ª parte:** construção das relações do sistema cárstico:

Nesta etapa a leitura da paisagem realizada anteriormente é utilizada como subsídio para a construção das relações do sistema cárstico e sua visualização dentro de um contexto ambiental, econômico e histórico. Portanto, o objetivo é utilizar da multiplicidade de croquis confeccionados pelos alunos para abordar cada elemento destacado no que se referem às suas características, posição na paisagem, relação com outros elementos e outras demandas que surgirem no momento. Essas relações não devem ser feitas pelo professor e sim pelos alunos. O professor deve orientar e incentivar que as relações sejam elaboradas mas não deve fazê-las, pois assim, os próprios alunos realizam as relações que lhes são mais significativas.

Esta etapa é, talvez, a que demande mais tempo para ser executada, mas é a que proporciona uma maior discussão do tema, permitindo a entrada de material complementar como, por exemplo, relatos de experiências, textos variados, outras imagens, etc. É também, a etapa que mais mobiliza os conhecimentos prévios dos alunos, pois os conceitos da temática cárstica são abordados relacionados com os conceitos da geografia.

À seguir, sugestões de algumas discussões que podem ser levantadas a partir da realização da etapa anterior do exercício. Para maiores detalhes ver Cap. 1 e 3.

- Quanto ao relevo: caracterização e descrição dos processos de formação das feições do relevo cárstico observadas. Os maciços carbonáticos são remanescentes rochosos do processo de dissolução diferencial da rocha e, normalmente, tem aparência ruiniforme causada, principalmente, pela presença de fraturas e diaclases que proporcionam caminhos para a percolação e intemperismo das águas. Apresentam lapiás, que são caneluras de várias formas e tamanhos, formadas pelo escoamento pluvial da água. As dolinas e uvalas são depressões fechadas que, de modo geral, se desenvolvem sobre o solo. Possuem diversas formas e gênese e representam pontos de infiltração da água. Quando preenchidas por água

podem formar lagoas temporárias ou permanentes, dependendo do nível freático e da permeabilidade do solo.

- Quanto à hidrologia: presença de drenagem perene e outra intermitente que estão relacionadas, de modo geral, com o aporte e distribuição pluviométrica da região, com a relação da superfície com o subterrâneo proporcionada por pontos de captura do fluxo de drenagem superficial para o subterrâneo, os sumidouros e com os pontos de (res)surgências, quando o fluxo subterrâneo passa a ser superficial. Essas características podem ocasionar outros tipos de vales, tais como os vales secos que são similares aos vales de rio, mas não existe drenagem superficial; os vales cegos possuem um sumidouro que absorve totalmente a vazão do rio e os semicegos ocorrem quando o sumidouro não absorve totalmente a vazão do rio e parte do fluxo de água continua percorrendo em superfície.
- Quanto ao tipo de solo: Os solos são mais espessos nos vales e quase inexistentes nos afloramentos calcários proporcionando o desenvolvimento de atividades agropecuárias nos vales.
- Quanto à vegetação: vegetação do tipo mata seca de calcário, que localmente é chamada de Mata de Pains. Nas áreas mais úmidas e com solos mais profundos a vegetação original é arbórea e semidecídua. Nas áreas próximas aos maciços calcários ou sobre eles, onde existem solos rasos, as árvores são decíduas e utilizam das diaclases para captação de água em profundidade através de longas raízes. Também desenvolve vegetação xeromórfica nos maciços calcários. A vegetação aparece alterada devido à ocupação e as atividades econômicas desenvolvidas, portanto, é comum que os vales sejam ocupados por gramíneas, para a pastagem e por cultivos agrícolas.
- Quanto ao uso e ocupação: presença de fazendas, povoados e indústrias que desenvolvem as seguintes atividades econômicas: agricultura, pecuária, comércio, mineração (extração e beneficiamento). As atividades proporcionam ganho econômico na medida em que produz renda (impostos, emprego, etc.) e proporcionam impactos ambientais, na medida em que utilizam dos recursos hídricos, dos solos, das rochas e produzem resíduos (efluentes domésticos e químicos, resíduos sólidos, poluição do ar, etc.) que, se não forem adequadamente descartados e tratados, podem gerar fontes de poluição e degradação ambiental.

#### **4ª parte:** elaboração de mapa conceitual

Como etapa final, é proposta a elaboração de mapa conceitual com o objetivo de proporcionar a organização das informações e a verificação da aprendizagem além, de servir de subsídio para a consolidação do conteúdo. Desde modo, o professor pode, a partir da análise dos mapas conceituais, retomar alguma discussão que não foi bem assimilada ou identificar algum ponto que deveria ter sido abordado, mas que acabou sendo esquecido no processo de elaboração da atividade.

Conforme Moreira (1983), uma técnica para a construção de mapas conceituais é orientar os alunos a escreverem os conceitos em uma folha tentando agrupar os conceitos que estão mais relacionados. Posteriormente, deve ligar por um traço os conceitos diretamente relacionados. Outra técnica é escrever os conceitos em pequenos pedaços de papéis e colá-los em outra folha, estabelecendo as relações. Para facilitar a interpretação dos mapas conceituais pelos professores, Moreira (1983) aconselha que os alunos numerem os traços que ligam os conceitos e realize uma breve explicação sobre a relação entre os conceitos.

Caso seja de interesse do professor, ele pode orientar os alunos para que elaborem um mapa conceitual após a realização da primeira parte da atividade e outro ao término da atividade. Assim, a comparação entre os mapas pelos próprios alunos torna-se possível e constitui-se instrumento de verificação e discussão de sua própria aprendizagem. A utilização do mapa conceitual antes da atividade é desaconselhada, pois é necessário que o aluno tenha algum conhecimento sobre o conteúdo abordado para que ele seja capaz de estruturar um mapa conceitual.

#### **4.3.2. O estudo do carste através do estudo de hidrografia e questões ambientais relacionadas à água**

O estudo da bacia hidrográfica e de conceitos de hidrologia são conteúdos abordados no ensino médio conforme os PCNs (2000) e nos livros didáticos. São temas interessantes para serem abordados em sala de aula, pois a partir dos conceitos ligados à bacia hidrográfica é possível trabalhar questões da circulação de água, seu papel como agente transformador do espaço e de questões ambientais relativas à água como recurso, problemas ambientais, etc.

Nas orientações apresentadas pelos PCNs (2000) a questão da água é abordada através da dinâmica da superfície hídrica em relação à utilização de recursos naturais e em relação aos problemas ambientais (PCNs, 2000, p.66). Nas orientações apresentadas nos CBCs (2008) a questão da água é analisada a partir

dos recursos hídricos perpassando questões ambientais como, por exemplo, as regiões hidroconflitivas, os fenômenos meteorológicos e as transformações geográficas nas regiões atingidas por barragens. Tanto nos PCNs, quanto nos CBCs e livros didáticos, a representação da bacia hidrográfica é feita através de um modelo de drenagem exorréica, superficial e perene.

Nos ambientes cársticos a água possui um papel primordial. É o principal agente de formação destes ambientes, por meio dos processos de dissolução química. A infiltração da água pluvial ocorre de forma rápida, através da porosidade secundária da rocha carbonática. Sua drenagem pode ser superficial ou subterrânea formando vales secos, cegos ou semi-cegos. A passagem da drenagem superficial para subterrânea (ou vice-versa) é realizada por feições como os sumidouros, (res)surgências e dolinas. No subterrâneo a água se desloca através das diaclases e condutos nas rochas. Com o passar do tempo esses condutos são alargados pela ação da água originando condutos maiores, que podem se transformar em cavernas. Essa circulação de água rápida e livre ocorre na zona vadosa pela ação da gravidade. Já na zona freática, ou seja, na zona onde todos os vazios da rocha estão ocupados pela água, a circulação de água ocorre de forma lenta. Essas particularidades dos ambientes cársticos conferem aos aquíferos cársticos características próprias. Seu uso inadequado pode causar impactos ambientais prejudiciais e irreversíveis. Por exemplo, a rápida e fácil ligação entre as águas superficiais e subterrâneas pode potencializar a contaminação por efluentes domésticos e industriais nesses ambientes. Também, a extração inadequada de água do aquífero cárstico pode modificar a pressão hidrostática e potencializar o abatimento de solo ou rocha superficial, ocasionando as dolinas de abatimento.

O objetivo dessa proposta didático-pedagógica é de apresentar o conteúdo relativo às bacias hidrográficas e a questão da circulação e uso da água através do conhecimento do ambiente de vivência do aluno, possibilitando a abordagem de conceitos do endocarste.

Como pré-requisito é necessário que os alunos tenham conhecimentos básicos sobre relevo, hidrologia e ciclo da água, além de conhecimentos cartográficos possibilitando a leitura de mapas e blocos-diagramas. Esses conhecimentos são abordados no ensino fundamental, entretanto, para que a aprendizagem seja significativa deve-se garantir que esses conhecimentos façam parte da estrutura cognitiva do aluno. Para mobilizar e garantir esses subsunçores, o professor pode fazer uma revisão ou utilizar esses conteúdos como introdução ao tema.

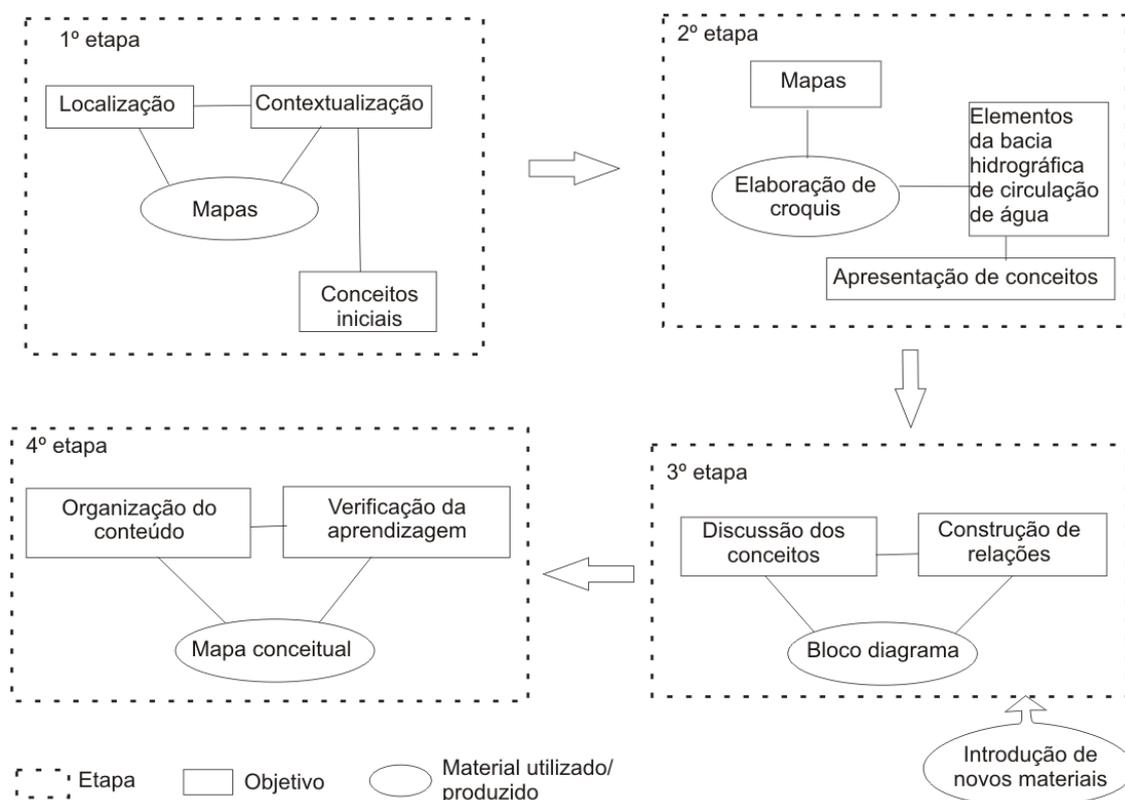
Em relação à utilização dos blocos-diagramas, vale ressaltar que eles são representações bidimensionais, mas que proporcionam uma visualização

tridimensional do ambiente representado. O exercício propõe a utilização de bloco-diagrama, apontada por Vieira (2005) a qual, parte-se da observação e interpretação da realidade do espaço geográfico imediato do aluno para a identificação dessa realidade no bloco diagrama chegando a síntese de conceitos. Para isso, foi elaborado bloco-diagrama que represente as principais feições cársticas encontradas no município de Pains.

O exercício possibilita o uso da escala cartográfica, com a utilização dos mapas e da escala geográfica, através da espacialização dos fenômenos cársticos. Também possibilita o trabalho em grupo incentivando a troca de conhecimento e desenvolvendo a capacidade comunicativa e argumentativa dos alunos.

### A atividade didática

A atividade proposta foi dividida em quatro etapas para melhor entendimento (Figura 23). O tempo não foi delimitado e fica a critério do professor conforme as características de sua turma. Os materiais utilizados são de fácil acesso, entretanto, é necessário que a escola disponha de mapas temáticos locais.



**Figura 23:** Organização geral da atividade proposta para o ensino médio

### **1ª parte:** contextualização e localização

Nesta primeira parte o professor pode utilizar de aula discursiva para apresentar os conceitos iniciais relativos à bacia hidrográfica e a circulação de água nos ambientes cársticos e proporcionar a localização através da análise de mapas.

Material: mapas

Execução: para ilustrar os conteúdos abordados o professor pode fazer uso de mapas sobre o ambiente cárstico. O objetivo da utilização de mapas é a localização do aluno dentro de uma bacia hidrográfica. Portanto, é importante que sejam utilizados mapas de várias escalas cartográficas, permitindo a identificação de bacias e sub-bacias. No caso do município de Pains, os mapas apresentados devem considerar as bacias hidrográficas do rio São Francisco e dos principais rios que drenam o município: bacia do ribeirão dos Patos e bacia do rio São Miguel com suas sub-bacias. As bacias hidrográficas não precisam estar delimitadas, pois essa tarefa pode ser executada pelos alunos. Além disso, o professor deve introduzir o tema da circulação de água no carste, diferenciando-o em relação ao modelo de bacia não-cárstica (apresentadas nos livros didáticos).

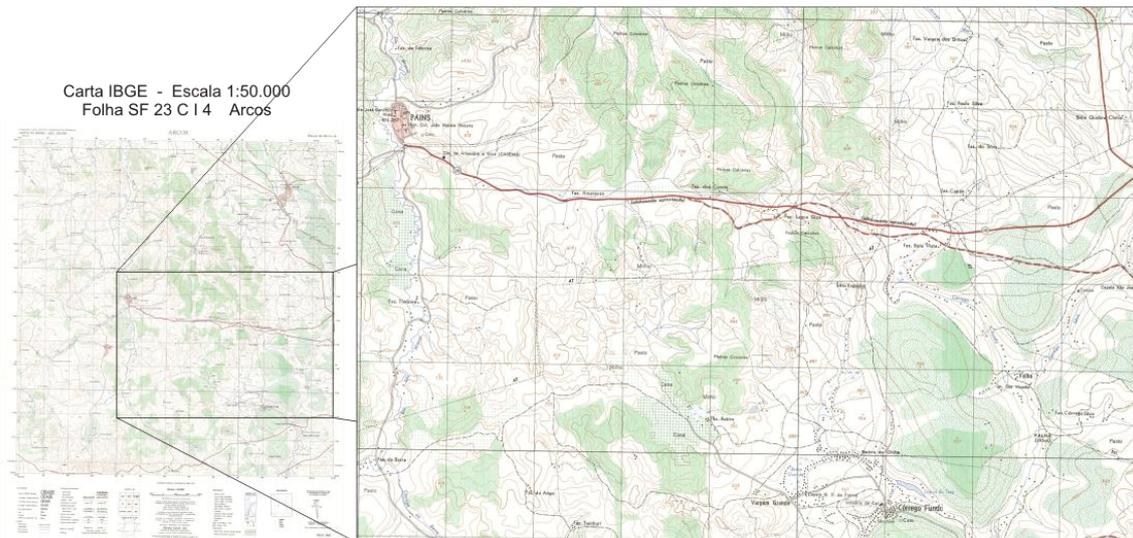
### **2ª parte:** trabalho prático com mapas

Esta etapa objetiva que o aluno construa sua própria representação do espaço através da análise de mapas locais tendo como base o ambiente cárstico vivenciado pelo aluno. A intenção não é a elaboração de representações perfeitas a partir da utilização de técnicas complexas, mas sim que o aluno seja capaz de elaborar um esboço das representações espaciais que lhe são significativas.

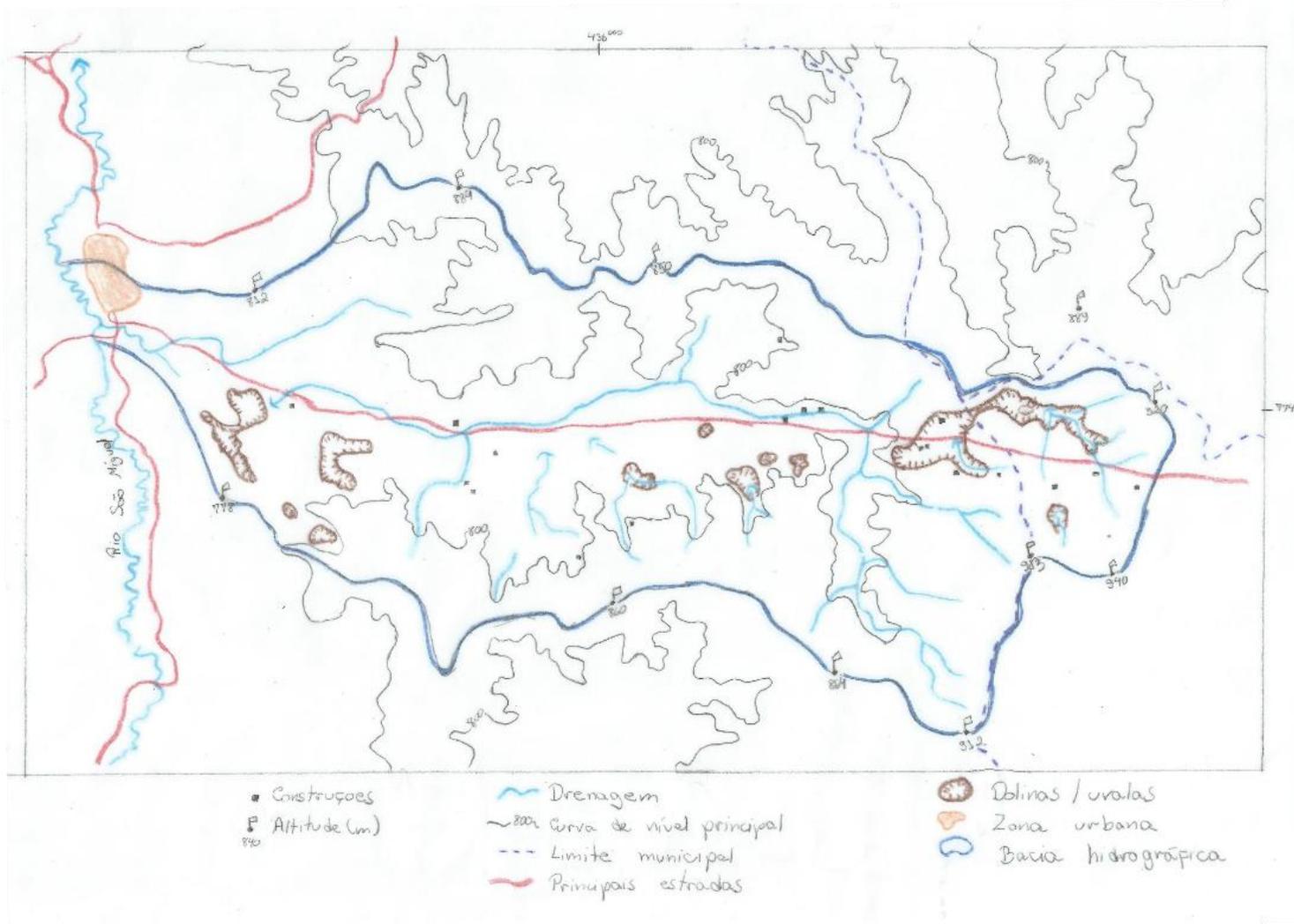
Material: mapa topográfico (IBGE ou qualquer outro que contenha curva de nível e rede hidrográfica), folha de papel vegetal, lápis coloridos, fita adesiva (ou cliques).

Execução: o professor deve organizar a turma em pequenos grupos e entregar um mapa para cada grupo. De posse dos mapas, o professor deve orientar os alunos para que procurem reconhecer as referências no mapa, tais como, o sítio urbano, algum curso de rio, etc. A delimitação da bacia deve ser feita em papel vegetal fixado com fita adesiva (ou cliques) sobre o mapa, utilizando lápis coloridos. Deste modo, os alunos devem escolher uma área do mapa com um curso fluvial (Figura 24), identificar o ponto de confluência com o rio principal ou exutório, traçar as linhas de drenagem no papel vegetal, identificar as principais curvas de nível, os pontos mais elevados (linhas cumeada) e traçar o limite da bacia hidrográfica (ligar os pontos mais altos cruzando perpendicularmente as curvas de nível). Além da delimitação da bacia hidrográfica, o

professor deve orientar os alunos a representarem outros elementos do mapa, tais como fluxos de drenagem, os elementos naturais e os elementos antrópicos. A simbologia utilizada nas representações pode ser a mesma utilizada no mapa ou os alunos podem discutir entre eles e sugerir outros símbolos (Figura 25). O professor deve disponibilizar um tempo para que os alunos finalizem o esboço, antes de partir para a próxima etapa.



**Figura 24:** Área selecionada para exercício à partir da carta do IBGE (Disponível no site do IBGE: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)).

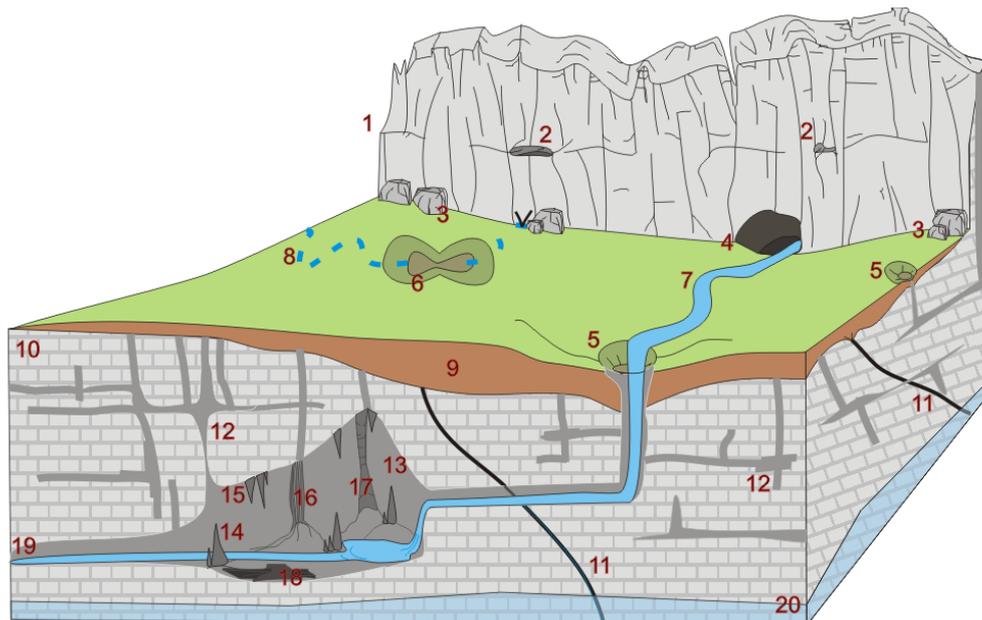


**Figura 25:** Croqui da bacia hidrográfica selecionada. Elaborado pela autora.

### **3ª parte:** Discussão: dinâmica da drenagem cárstica

A partir do croqui obtido, o professor deve promover a apresentação dos trabalhos e um debate sobre os elementos identificados e da circulação da água no sistema cárstico (direção de fluxo, feições, ocupação do solo, etc.). No caso, a sub-bacia escolhida possui um curso d'água perene e superficial, que deságua no rio São Miguel e outros cursos d'água intermitentes que apresentam fluxo superficial e subterrâneo. A passagem do fluxo ocorre através das dolinas que funcionam como sumidouros e através de pontos da superfície que funcionam como surgências. A partir da realidade observada, o professor pode fazer uso do bloco-diagrama para contemplar a análise com os conteúdos relativos ao exocarste (Figura 26) e possibilitar uma síntese dos conteúdos relativos ao relevo cárstico e a dinâmica de fluxo.

As questões ambientais relativas à utilização da água no carste também podem ser abordadas neste contexto. No croqui, observa-se a presença de construções e da delimitação espacial da zona urbana da cidade, na sub-bacia. O professor pode direcionar a discussão para que os alunos identifiquem o tipo de construção (doméstica ou industrial), de onde provem a água utilizada nesses locais, para onde vão os resíduos gerados? A sub-bacia hidrográfica representada está à montante da zona urbana; o que isso representa para a zona urbana? Influencia na captação e distribuição de água da cidade? Qual seria o impacto de um ponto de poluição nesta bacia para a população da zona urbana? Além disso, observa-se a presença de estrada cortando o leito da drenagem; o que isso representa em termos ambientais? Neste momento, pode-se introduzir outros materiais didáticos para complementar a discussão já que, além desses questionamentos baseados na leitura do croqui, outras questões mais gerais podem surgir. A seguir, constam sugestões generalizadas de discussões que podem ser abordadas a partir da realização da atividade desta etapa da atividade. Para maiores detalhes ver Cap. 1 e 3.



1: afloramento carbonático com lapiás e fraturas - 2: pequenos condutos - 3: blocos abatidos - 4: entrada caverna que se configura como surgência - 5: dolinas - 6: uvala - 7: drenagem perene - 8: drenagem intermitente - 9: solo - 10: rocha (carbonato) - 11: falha - 12: rede de condutos - 13: caverna - 14: estalagmites - 15: estalactites - 16: cortinas - 17: coluna - 18: blocos oriundos do abatimento do teto da caverna - 19: conduto de saída da caverna que se configura como ressurgência - 20: nível freático (abaixo, zona freática, acima, zona vadosa).  
1 a 6: exocarste - 7 e 8: drenagem - 9: solo (contato entre solo e rocha: epicarste) - 10 a 20: endocarste - 14 a 17: espeleotemas.

**Figura 26:** Bloco diagrama do carste. Modelo elaborado à partir das principais feições cársticas encontradas no carste de Pains. Elaborado pela autora.

- Identificação de fluxos e dinâmica do carste: dentro do sistema cárstico a água circula em duas zonas: uma vadosa e uma freática. Na zona vadosa, localizada acima do nível freático, a água se movimenta livre e rapidamente pela ação da gravidade, através de fraturas, diaclases, acamamento da rocha, condutos, etc. Nesta zona, os espaços vazios não são todos permanentemente ocupados pela água; alguns permanecem vazios e são preenchidos quando ocorre um aporte de água na superfície, proporcionado principalmente, pela água pluvial. A água da chuva, levemente acidulada após reações químicas com os ácidos presentes na atmosfera e nos solos promove o intemperismo químico das rochas carbonáticas. Portanto, na zona vadosa há predomínio dos processos de intemperismo sobre os processos de deposição, propiciando o alargamento das estruturas que funcionam como caminho para o fluxo das águas. O alargamento dessas estruturas pode propiciar o surgimento de cavernas. Já a zona freática está abaixo do nível freático e, portanto, todos os vazios são ocupados pela água. Normalmente apresenta fluxo lento. O contato da água com a rocha proporciona a sua dissolução promovendo o aumento do

conduto, podendo alterar o fluxo de água, de lento para turbulento e assim, aumentar a dissolução.

- **Morfologias (gênese e função):** as feições que proporcionam a passagem de fluxo de água devem ser destacadas, tais como, os sumidouros, locais onde a água superficial passa para o subterrâneo; as (res)surgências, locais onde as águas subterrâneas passam para a superfície; também, as dolinas e uvalas, depressões fechadas atuam como ponto de concentração e podem proporcionar a infiltração de água; e, os vales cárstico, os secos, quando não há drenagem superficial, os cegos, quando existe sumidouro que absorve a drenagem superficial e o semicego, que absorve parte da drenagem superficial.
- **Questão ambiental (usos do solo na bacia hidrográfica, utilização de recurso hídrico e degradação):** as águas subterrâneas são intensamente utilizadas para abastecimento, seja doméstico, industrial ou na agricultura e pecuária. Devido à grande intercomunicabilidade entre a superfície e o subterrâneo, o risco de contaminação das águas nos ambientes cársticos é grande, portanto, efluentes domésticos e industriais que não recebem a destinação adequada, podem representar grande risco de contaminação da água. A utilização indiscriminada e inadequada de agrotóxicos nas zonas rurais também constitui problema ambiental que pode propiciar a contaminação das águas nos aquíferos cársticos. Outro problema muito comum é a utilização de dolinas (principalmente as mais profundas) como local de descarte de lixo fazendo com que o chorume produzido pela decomposição do lixo orgânico, infiltre no solo atingindo e contaminando o lençol freático. Outro impacto ambiental relevante advém da extração da água subterrânea para uso doméstico ou industrial. Tal extração, quando inadequada, pode proporcionar a formação de vazios subterrâneos e favorecer a subsidência do terreno, como consequência tem-se a formação de dolinas de abatimento, rebaixamento da superfície, rebaixamento do nível freático e, até mesmo, pequenos sismos causados pela acomodação do terreno.

**4ª parte:** elaboração de mapa conceitual e outras formas de verificação da aprendizagem

Como etapa final, é proposta a elaboração de mapa conceitual com o objetivo de proporcionar a organização das informações e a verificação da aprendizagem além, de

servir de subsídio para a consolidação dos conteúdos. As orientações para elaboração de mapa conceitual seguem as orientações já abordadas, anteriormente, na proposta para o ensino fundamental (página 77). Outras formas de verificação da aprendizagem também podem ser realizadas, entretanto, o mapa conceitual é recomendado, pois possibilita que o aluno promova a organização do conteúdo na sua estrutura cognitiva. Esta escolha fica a critério do professor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido suas características ambientais, econômicas e históricas, a temática cárstica constitui conhecimento essencial para quem vive em áreas cársticas. Tal conhecimento possibilita que dele seja feito uso consciente e sustentável, aproveitando as vantagens que tais regiões possuem e evitando graves impactos ambientais com prejuízos naturais e sociais. Portanto, o que se objetiva quando se faz da temática cárstica um conteúdo a ser abordado nas escolas localizadas nestes ambientes é o desenvolvimento de um raciocínio crítico ambiental por parte dos alunos, fazendo com que eles se tornem cidadãos capazes de compreender, opinar e decidir sobre sua realidade. Além disso, a temática cárstica vista como um conteúdo escolar possui a vantagem de poder ser abordada em diversos níveis de ensino e em diversas disciplinas devido ao seu caráter transdisciplinar. Basta que os conteúdos estejam de acordo com o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno pretendido em cada etapa escolar.

São poucas as ações que visam à aprendizagem da temática cárstica dentro das escolas. De modo geral, elas são realizadas de forma tímida, pontual e sem continuidade, ou seja, não existe um projeto para ser desenvolvido ao longo do percurso educacional dos alunos. Normalmente, elas ocorrem somente quando o professor possui interesse pessoal pela temática. Ou eles fazem parte de grupos espeleológicos ou se interessaram pelo tema durante a sua formação profissional. Por esse caminho é ainda mais difícil que o conhecimento sobre o carste chegue aos alunos, pois não é um conteúdo abordado nos cursos de licenciatura ou de magistério, muito menos nos livros didáticos. De modo geral, mesmo em cidades localizadas em áreas cársticas não se observam orientações voltadas aos professores para que eles aproveitem do seu próprio local de vivência promovendo um ensino contextualizado e significativo. As ações de educação ambiental não-formal (fora do ambiente escolar) são mais difundidas entretanto, na prática, constituem momentos isolados da aprendizagem pois, necessitam do deslocamento dos alunos até outro local, um museu ou um parque, por exemplo, o que nem sempre é possível. Neste caso os conteúdos abordados são associados apenas àquele momento, não sendo relacionados ao cotidiano do aluno e frequentemente não são retomados em sala de aula. Portanto, ações que possibilitem a abordagem da temática cárstica como um conteúdo escolar e que realizem a transposição didática deste conteúdo são

necessárias para quem vive nessas áreas e deveriam ser concebidas e divulgadas conforme a realidade e a necessidade das escolas e dos profissionais envolvidos.

Muitos profissionais envolvidos no processo educativo desconhecem a temática cárstica como um conteúdo científico e, portanto, não o identificam como um conteúdo escolar. Desde modo, tão necessário quanto a divulgação de materiais, ações ou projetos educativos é também, a capacitação dos professores para possibilitar que esta temática seja abordada nas escolas, pois um professor não pode ensinar o que ele desconhece. A temática cárstica possui nomenclatura específica e utiliza de termos oriundos de idiomas estrangeiros, portanto, essa capacitação, além de propiciar conhecimentos sobre o carste, familiarizando-os com os termos e conceitos utilizados, deve abordar as possibilidades de relação da temática cárstica com as disciplinas escolares para que os professores sejam capazes de introduzir este conteúdo na sua prática docente.

Baseado na revisão bibliográfica e no trabalho de campo realizado no município de Pains - MG foi possível observar a existência de grupos de pessoas preocupadas com a questão ambiental relativa ao carste local. Entretanto, pode-se verificar a ausência desse conhecimento abordado diretamente nas escolas. Verificou-se também, a necessidade de elaboração e divulgação de materiais didáticos e paradidáticos que possam subsidiar o trabalho dos professores e servirem de ferramentas para a aprendizagem da temática cárstica. Assim, as propostas didáticas foram elaboradas neste contexto e utilizaram de exemplos do ambiente cárstico do município de Pains - MG.

No município de Pains encontra-se uma grande diversidade de atividades econômicas propiciadas pelo ambiente cárstico, um rico contexto histórico e diversidade de feições. Este ambiente, tão rico e diverso, proporciona um cenário ideal para que a temática cárstica seja abordada como conteúdo escolar. Além disso, todos esses elementos são facilmente localizados e visualizados, pois fazem parte da vivência dos alunos. As propostas apresentadas se baseiam no contexto cárstico do município de Pains, mas elas podem ser utilizadas por outras cidades que estão inseridas em ambiente semelhante. Para isso, o professor deve considerar o carste local e utilizar de exemplos que sejam significativos para os alunos.

Neste sentido, a utilização da temática cárstica no ensino permite que a aprendizagem seja significativa, na medida em que parte da realidade do aluno e valoriza o conhecimento que ele já possui. A utilização da Teoria da Aprendizagem Significativa como referencial teórico para desenvolvimento das propostas didáticas apresentam vantagens e desvantagens, assim como qualquer outra abordagem

teórica. Entretanto, tal abordagem é extremamente útil e não exige recursos mirabolantes para ser utilizada em sala de aula. Mesmo assim, é preciso lembrar que o processo de ensino-aprendizagem depende de vários fatores (cognitivos, ambientais, afetivos, etc.), portanto a apresentação de orientações gerais e propostas de atividades não são garantias de aprendizagem.

A utilização da temática cárstica como um conteúdo escolar na disciplina de geografia possibilita o desenvolvimento de temas chaves da ciência geográfica. Portanto, um professor pode aliar esses conteúdos a sua disciplina partindo da vivência do aluno. No caso, a proposta elaborada para o ensino fundamental propõe o estudo da paisagem abordando conceitos relacionados ao exocarste. Já a proposta elaborada para o ensino médio propõe o estudo da bacia hidrográfica e de hidrologia abordando conceitos relacionados ao exocarste e a dinâmica hídrica do carste. Além disso, as propostas utilizam da linguagem cartográfica e mesclam momentos de trabalho prático, de aquisição teórica de conteúdo e de reflexão e construção de novos conhecimentos, novas relações significativas para os alunos.

Por fim, ressalta-se que a intenção desde trabalho foi de abordar o ensino da temática cárstica nas escolas, tema pouco comum dentre os temas presentes nos eventos e publicações relacionados ao carste e a espeleologia. Tema praticamente inexistente nos eventos e publicações sobre educação. Entretanto, essa contribuição, de maneira alguma, objetivou contemplar todas as abordagens didáticas que podem surgir da relação entre a temática cárstica e seu ensino. Ainda existe muito trabalho a se fazer.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. de. (1977) O Cráton do São Francisco. Revista Brasileira de Geociências. Volume 7, p.349-364.

ALMEIDA, E.G. de; FERREIRA, W.R. (2009) A entrevista enquanto diálogo assimétrico na geografia dos transportes: uma reflexão sobre o mototaxismo em Ituiutaba (MG). In: RAMIRES, J.C. de L.; PESSÔA, V.L.S. (org.) Geografia e Pesquisa Quantitativa: nas trilhas da investigação. Uberlândia: Assis.

ANDREYCHOUK, V.; DUBLYANSKY, Y.; EZHOV, Y. LYSENIN, G. (2009) Karst in the Earth's Crust: its distribution and principal types. University of Silesia – Ukrainian Institute of Speleology and Karstology.

ASCENÇÃO, V. de O.R. (2009) Os conhecimentos docentes e a abordagem do relevo e suas dinâmicas nos anos finais do ensino fundamental. Universidade Federal de Minas Gerais-IGC. Tese.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. (1980) Psicologia educacional. Tradutor: Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2ª edição.

BAETA, A. & ALONSO, M. (2002) Breve contextualização pré-colonial da região cárstica de Arcos e Pains – MG. In: O Carste. Vol. 14, nº3, julho.

BANDINO, G.; BERARD, D.; BONARD, S.; MARCHESI, G.; OTTALEVI, M.; SILVESTRO, C. (2009) School didactics on caves and caving in Italy. 15<sup>th</sup> International Congress of Speleology - UIS. Symposium. 02: Educating citizens about living in karst, vol.01 p.171-173, Texas-USA.

BARBOSA, G.V. (1961) Notícia sobre o karst na Mata de Pains. Boletim Mineiro de Geografia, nº 2 e 3, ano II, Belo Horizonte: julho.

BERBERT-BORN, M. (2004) Espeleologia como um ensaio de iniciação científica no Ensino Médio. Revista O Carste, vol. 16, nº4, out.

BEZERRA, A.S. e SOBREIRA, P.H.A. (2007) Proposta para estudo do relevo cárstico no ensino do estado de São Paulo na disciplina geografia. Anais do 29º Congresso Brasileiro de Espeleologia. SBE. Outro Preto, jun.

BEZERRA, A.S. (2007) Proposta para estudo do relevo cárstico no ensino do estado de São Paulo na disciplina geografia. Monografia (incompleto). UNICSUL.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F. dos. (1994) Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: Ed. Da UFSC.

BRASIL. (1996) Lei 9394, de 20 de Dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.

BRASIL. (1999) Lei 9795, 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.

BRASIL. (2008) Decreto 6640, de 07 de novembro de 2008. Dá nova redação aos arts. 1º, 2º, 3º, 4º e 5º e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto 99.556, de 1º de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional.

BRASIL. (2009) Resolução Conselho Nacional de Educação nº5, 17 de dezembro de 2009. Fixa as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Infantil.

CAMPOS, A.B.de. (1998) Análise morfoestrutural e cartografia geomorfológica na bacia do rio Candonga – Zona do Alto São Francisco – Arcos/MG. Universidade Federal de São Paulo. Dissertação. São Paulo.

CARDOSO, G.G.C. (1998) Evolução geomorfológica da porção leste da província cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis/MG. Universidade Federal de Minas Gerais. Monografia de graduação, Belo Horizonte.

CECAV – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DE CAVERNAS. ICMBio, Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav>.

CHRISTOFOLETTI, A. (1980) Geomorfologia – 2º edição. São Paulo: Edgard Blücher.

CHRISTOFOLETTI, A. (1999) Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). (2003) Serviço Geológico. Mapa geológico de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>

CONTEÚDOS BÁSICOS COMUNS (CBC) (2008) Geografia Ensino Médio. Orientação pedagógica: recursos hídricos. Centro de Referência Visual do Professor – SEE-MG.

COSTA, F.L.B.; SABINO, C.deV.S. e MATOS, S.A. (2007) Levantamento do conhecimento prévio sobre cavernas em duas escolas particulares de Belo Horizonte, MG. Anais do 29º Congresso Brasileiro de Espeleologia. SBE. Outro Preto, jun.

CUSTÓDIO, R.P.; DANTAS, M.A.T.; PRATA, A.P.do N. (2012) O uso de recursos didáticos e a espeleologia: reflexões sobre alternativas para ensinar ciências e biologia. VI Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade – SE.

DE WAELE, J. (2010) Teaching resources in speleology and karst: a valuable educational tool. International Journal of Speleology, 39(1), 29-33, Bologna-Italy.

DIAS, G.F. (1994) Educação Ambiental: princípios e prática. 4ª edição. São Paulo: Gaia.

DIAS, F.S. (2002) Hidrogeologia da Bacia do Rio São Miguel, Pains - MG. Universidade Federal de Minas Gerais – IGC. Dissertação.

DEUS, J.A.S.de ; FERREIRA, C.C.D.; RODRIGUES, R.S. (1997) Preservação da Área Cárstica de Lagoa Santa–MG através da educação ambiental. Geonomos, 5(2), p.49-54.

FERREIRA, R.L.; GOMES, F.T.M.C.; SILVA, M.S. (2008) Uso da Cartilha “Aventura da vida nas cavernas” como ferramenta da educação nas atividades de turismo em paisagens cársticas. Pesquisa em Turismo e Paisagens Cársticas 1(2).

FERREIRA, M.G.L. (2011) Moderno Atlas Geográfico. São Paulo: Ed. Moderna. 5ª edição.

FERREIRA, R.L. (2011) Biologia Subterrânea: conceitos gerais e aplicação na interpretação e análise de estudos de impacto ambiental. In: Brasil. MMA. III Curso de espeleologia e licenciamento ambiental.

FIGUEIRA, J.E.C.; BARBOSA, P.M.M; KRETTLI, L.G.; NEVES, A.C. de O.; MOURÃO, F.A. (2004) No rastro de quem ainda resta: educação ambiental para alunos do ensino fundamental da APA Carste de Lagoa Santa, MG. Anais do 7º Encontro de Extensão da UFMG.

FIGUEIREDO, L.A.V. de. ZAMPAULO, R. de A. MARINHO, P.A. (2005) Pesquisa científica e qualificação acadêmica em espeleologia e temas afins: desenvolvimento de um catálogo sobre a produção universitária brasileira. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Espeleologia-SBE, Campinas.

FORD, D. e WILLIAMS, P. (2007) Karst Geomorfology and Hydrology (Ed. Revisada).

HARDT, R. (2004) Aspectos da morfologia cárstica da Serra do Calcário – Cocalinho – MT. Dissertação. UNESP – Rio Claro, SP.

HARDT, R. (2011) Da carstificação em arenitos. Aproximação com o suporte de geotecnologias. Tese. UNESPE – Rio Claro, SP.

HENRIQUES JÚNIOR, G.P. (2006) Arqueologia regional da província Cárstica do Alto São Francisco: um estudo das tradições ceramistas Uma e Sapucaí. MAE-USP.

HORA, L.F.L. e FIGUEIREDO, L.A.V.de. (2012) Imaginário das cavernas e as representações das práticas espeleológicas: subsídios para ações de educação ambiental. Relatório. Centro Universitário de Santo André.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1970): Carta Arcos, Escala 1:50.000 – Folha SF-23-C-I-4.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (1970): Carta Piuí, Escala 1:50.000 – Folha SF-23-C-I-3.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2002) Mapa Clima. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2004) Mapa Biomas. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2010) Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>

JENNINGS, J.N. (1971) Karst – An introduction to systematic geomorphology. Volume seven.

KARMANN, I. (1994). Evolução e dinâmica atual do sistema cárstico do alto vale do rio Ribeira de Iguapé, sudeste do estado de São Paulo. Tese: USP.

KARMANN, I. e SANCHEZ, L.E. (1979) Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. Espele-Tema; vol. 13, p. 105-167.

KARNOPP, P.K.F. ; ANDRETTA, V.; MACEDO, R.L.G.; VITORINO, M.R.; MACEDO, S.B.; VENTURINI, N. (2007) Espeleologia: um instrumento da educação ambiental em atividades ecoturísticas.

KOHLER, H.C. (1989) Geomorfologia cárstica na região de Lagoa Santa. Tese. USP-FFLCH.

LAGES, S.G.; OLIVEIRA, C.V. de; SAADI, A. (2005) Levantamento pedológico e de aptidão agrícola da Província Cárstica de Arcos, Pains e Doresópolis. Região entre Arcos e Pains – Minas Gerais. Anais XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Recife.

LE SANN, J.G.; MASCARENHAS, I.R; GRUPPI, F.C.F. e PAIXÃO. E.M. (2002) Atlas escolar de Padre Paraíso. Prefeitura Municipal de Lagoa da Prata – Secretaria Municipal de Educação e Cultural.

MACHADO, R.L. e RIBEIRO, K. D.F. (2010) Conhecendo as cavernas para desenvolver o conhecimento químico. XV Encontro Nacional de Ensino de Química.

MAGALHÃES, L. (1988) Análise estrutural qualitativa dos sedimentos do Grupo Bambuí, região sudeste da bacia do São Francisco. Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto. Tese.

MANZINI, E.J. (2004) Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. Anais II Seminário Internacional de Pesquisas e Estudos Qualitativos. Bauru, SP.

MARTINS, T.I.S. (2013) Mapeamento geomorfológico da Folha Piumhí, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia.

MARTINS-NETO, M.A. e PINTO, C.P. (2001) A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: PINTO, C.P. e MARTINS-NETO, M.A. Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais, p.9-30 – SBG/MG – Belo Horizonte.

MASINI, E.F.S.(org.). (1993) Psicopedagogia na escola: buscando condições para a aprendizagem significativa. Elcie F. S. Masini (org.); Edna M. Santos; Elena E. Shirahige. São Paulo: Unimarco.

MATOS, P.F. de; PESSÔA, V.L.S. (2009) Observação e entrevista: construção de dados para a pesquisa qualitativa em geografia agrária. In: RAMIRES, J.C. de L.; PESSÔA, V.L.S. (org.) Geografia e Pesquisa Quantitativa: nas trilhas da investigação. Uberlândia: Assis.

MENEGASSE, L.M. ; GONÇALVES, J.M. ; FANTINEL, L. (2002) Disponibilidade hídrica na Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, Alto São Francisco, Minas Gerais, Brasil. Revista Águas Subterrâneas, 16: 1-19.

MORAIS, M.S. de. (2002) Gênese e evolução do cânion cárstico do Alto Rio São Francisco. Universidade Federal de Minas Gerais – IGC. Dissertação.

MORAIS, F.de. (2007) Abordagem espeleológica nos livros didáticos de geografia do Ensino médio de Ouro Preto – MG. Anais do 29º Congresso Brasileiro de Espeleologia. SBE. Ouro Preto, jun.

MOREIRA, M.A. (1983) Uma abordagem cognitivista ao ensino da física; a teoria da aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências. Porto Alegre: Ed. Da Universidade UFRGS.

MOREIRA, M.A. (1985) Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos. São Paulo: Editora Moraes.

MOREIRA, M.A. (2010) Aprendizagem significativa crítica. Tradução: Moreira, M.A. In: Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, nº 6, pp. 83-101, 2ª edição.

MOREIRA, M.A. e MASINI, E.F.S. (1982) Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes.

MORGADO, A.C.; FERREIRA, R.L. e NETO, V.C. (1996) Como ensinar espeleologia em escolas de 1º e 2º graus?. Revista O Carste, vol.8, nº3, julho, 1996.

MOTTA, J.A.deO. (2001) A espeleologia como um instrumento de educação ambiental: Parceria Escotismo X IBAMA/CECAV-GO, um estudo de caso. Speleo Brazil.

MUZZI-MAGALHÃES, P. (1989) Análise estrutural qualitativa das rochas do Grupo Bambuí, na porção sudoeste da bacia do São Francisco. Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto. Dissertação.

NASCIMENTO, A.R.T.; FELFILI, J.M.; MEIRELLES, E.M. (2004) Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. Revista Acta Bot. Bras. 18(3): 659-669.

NEIMAN, Z. e RABINOVICH, A. (2008a) A educação ambiental através do ecoturismo: o diferencial do contato dirigido com a natureza. Pesquisa em Educação Ambiental, vol.3, n.2 – p.77-101.

NEIMAN, Z. e RABINOVICH, A. (2008b) Espeleoturismo e educação ambiental no Petar-SP. Pesquisa em Turismo e Paisagens Cársticas. 1(1), p.57-65.

OLIVEIRA, F.A.H.D. de; REHME, F.C. (2010) Projeto Sujeito Pesquisadores: aula de campo na caverna para a quinta série (sexto ano) do ensino fundamental. Anais do II Simpósio Sul-Brasileiro de Espeleologia, p.38-43.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (1998) PCN-Geografia. Ensino Fundamental. Secretaria de Educação. Brasília: MEC/SEF.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (2000) PCN-Geografia. Ensino Médio. Secretaria de Educação. Brasília: MEC/SEF.

PENIDO, R.S.A. (2004) Levantamento, mapeamento e análise das feições exocársticas: alto curso da bacia do Córrego Santo Antônio, Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, MG. Universidade Federal de Minas Gerais, Monografia de graduação. Belo Horizonte.

PILÓ, L.B. (1998) Morfologia cárstica e materiais constituintes: dinâmica e evolução da Depressão Poligonal Macacos – Baú – carste de Lagoa Santa, MG. Tese.

PILÓ, L.B. (1999) Ambientes Cársticos de Minas Gerais – valor, fragilidade e impactos ambientais decorrentes da atividade humana. O Carste, vol.11, nº3, julho.

PILÓ, L.B. (2000) Geomorfologia cárstica. Revista Brasileira de Geomorfologia. Vol. 1, nº 1, p.88-102.

REHME, F.C.; TRIDAPALLI, N.C.; PINTO, V.S. (2010) Produção estudantil de vídeo didático: a gruta dos Jesuítas no Parque Estadual de Campinhos-PR. Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Espeleologia. p.227-232.

RODET, J. (2011) Tópicos Especiais IV: Geomorfologia cárstica – princípios e técnicas. Disciplina do Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, UFMG. Belo Horizonte.

RODRIGUES, BE.P.F. (2001) Espeleologia no ensino fundamental: contribuição da pedagogia Waldorf para a educação ambiental e o ecoturismo. Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia-SBE, p. 121-128.

RODRIGUES, B.D.. (2001) O relevo cárstico como alternativa de ensino para a geografia física em sala de aula. Monografia. Newton Paiva, BH.

SAADI, A. (1991) Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais. Universidade Federal de Minas Gerais – IGC – Tese de titular.

SAADI, A.; MORAIS, M.S. de; CARDOSO, G.G.C. (1998) Evolução morfotectônica e carstogênese na região de Arcos-Pains-Doresópolis. Revista Geosul (UFSC), v.14, n.27, Florianópolis, Santa Catarina.

SANTOS, E.R.dos; SILVA, M.A.S. da; CAMARGO, J.P. (2008) Projeto Caverna – Educação turística e roteiros pedagógicos. Anais das IV Semana da Geografia – Universidade Estadual do Centro-Oeste – campus Irati-Paraná. p.98-99.

SILVA, J.O.da. (2009) Perfil do calcário. In: Relatório técnico para desenvolvimento de estudos para a elaboração do plano duodecenal (2010-2030) de geologia e mineração e transformação mineral. Ministério de Minas e Energia (MME), Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM). Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm>

SUGUIO, K. (1999) Geologia do Quaternário e mudanças ambientais (passado + presente = futuro?). São Paulo: Oficina de Textos.

TRAVASSOS, L.E.P. e TRAVASSOS L.P. (2005) A espeleologia como fator de motivação escolar. Revista O Carste, vol. 17, nº2, abril, 2005.

TRAVASSOS, L.E.P.; TRAVASSOS, E.G.; TRAVASSOS, L.P.; TRAVASSOS, L.C. P.; RODRIGUES, É.R. (2007) Ensaio exploratório sobre a percepção do endocarste e do exocarste de alunos do ensino médio. Revista Espeleológica, nº12, SEE.

TRAVASSOS, L.E.P. (2010a) Considerações sobre o carste da região de Cordisburgo, Minas Gerais, Brasil. Belo Horizonte: Tradição Planalto, 102 p.

TRAVASSOS, L.E.P. (2010b) Contribuições científicas do professor Dr. Heinz Charles Kohler para a geomorfologia cárstica tropical brasileira. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 22 (3): 625-637, dez.

VENI, G.; DuCHENE, H.; CRAWFORD, N.C.; GROVES, C.G.; HUPPERT, G.N.; KASTNING, E.H.; OLSON, R.; WHEELER, B.J.(2001) Living with karst, a fragile foundation. AGI Environmental Awareness Series, 4.

VIEIRA, G.G. (2001) Mata de Pains e cabeceiras do São Francisco: ecossistemas sob tensão antrópica. XXVI Congresso Brasileiro de Espeleologia. Brasília.

VIEIRA, E.F.C. (2005) O bloco-diagrama na representação do relevo no 1ª ano do ensino médio: uma análise à partir dos recursos cartográficos presentes em livros didáticos de geografia. Dissertação. IGC-UFMG.

ZOKAITES, C. e ORNDORFF, W. (2009) The Virginia Karst Education Program. 15<sup>th</sup> Internacional Congress of Speleology - UIS. Symposium. 02: Educating citizens about living in karst, vol.01 p.209-215, Texas-USA.

WHITE, W.B. (2002) Karst hidrology: recent developments and open questions. Engineering Geology n. 65, p.85-105.

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** Questionário aplicado aos professores

**Anexo 2:** Termo de consentimento para participação na pesquisa



## Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Participação na Pesquisa

**Prezado (a) Senhor (a),**

Na condição de pesquisadora, eu Joseane Biazini Mendes, encontro-me, no momento, realizando a pesquisa de dissertação de mestrado, pelo Programa de Pós-graduação do Instituto de Geociências – UFMG, cujo foco central é identificar ações, fornecer orientações e materiais didáticos que auxiliem o trabalho dos professores de geografia, dentro de sala de aula, no município de Pains-MG.

Para tanto, necessito de sua colaboração, enquanto \_\_\_\_\_ no sentido do fornecimento de informações relativas aos processos e práticas de ensino/aprendizagem do tema carste neste município. Asseguro que a sua participação é totalmente **voluntária**, garantindo-lhe a total liberdade de participar ou não desta pesquisa, informo, ainda, que o seu depoimento ou imagem permanecerá totalmente confidencial, **caso não queira se identificar**, esclarecendo que neste caso o uso das informações fornecidas se dará de forma completamente anônima.

Os materiais e dados coletados serão utilizados para a produção da pesquisa de dissertação cujos resultados serão submetidos à aprovação do Programa de Pós-Graduação em Geografia IGC-UFMG, apresentados à banca de Defesa de Dissertação e em eventos acadêmicos (nacionais ou internacionais) ou na publicação de artigos em periódicos nacionais ou estrangeiros. Também, comprometo-me a disponibilizar o trabalho final para os envolvidos na pesquisa.

Para sua tranquilidade e resguardo de direitos deixo à disposição o meu endereço e da orientadora do trabalho, sediado na Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, e que

pode ser contatado em caso de problemas ou para maiores esclarecimentos referente a essa pesquisa.

**Pesquisadora:**

Joseane Biazini Mendes

Endereço: .....

Telefone: (...) ..... – (...) .....

e-mail: .....

**Orientadora:**

Profª Dra. Vilma Lucia Macagnan Carvalho – Depto. Geografia - Instituto de Geociências – Universidade Federal de Minas Gerais – Av. Antonio Carlos, 6627 – sala ....., fone (.....) .....

Eu, \_\_\_\_\_ li e entendi as informações fornecidas pela pesquisadora e sinto-me esclarecido (a) para participar da pesquisa.

Pains, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012.

\_\_\_\_\_

Assinatura

## Questionário – professores de geografia

Escola: \_\_\_\_\_

Prezado professor,

a identificação é apenas para controle, pois o uso dessas informações na elaboração da pesquisa se dará de forma anônima.

Nome: \_\_\_\_\_

Formação profissional (curso e instituição): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

As perguntas abaixo deverão ser respondidas considerando apenas a sua atuação nesta escola.

1 - Com quais séries trabalha e qual(ais) coleção(ões) de livro didático adota?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2 - Além do livro didático, possui acesso a outros materiais didático-pedagógicos? (se não, vá para a questão 4)

( ) SIM ( ) NÃO

3 – Quais (cite alguns exemplos)?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4 - Já realizou algum trabalho de campo com seus alunos? (se não, vá para a questão 6)

( ) SIM ( ) NÃO

5 – Onde ele(s) aconteceu(ram) e com qual(is) objetivo(s)?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6 - Conhece o termo 'carste'? (se não, vá para a questão 9)

( ) SIM ( ) NÃO

7 - Já trabalhou com o tema 'carste' com seus alunos?

( ) SIM ( ) NÃO

8 - De que forma?

---

---

---

---

---

---

---

9 – Este questionário faz parte da minha pesquisa de mestrado em geografia em que procuro relacionar a temática cárstica com o ensino/aprendizagem escolar tornando a aprendizagem significativa, na medida em que, parto da realidade vivenciada pelos alunos. Portanto, a pesquisa visa identificar ações, fornecer orientações e/ou materiais didáticos que auxiliem o trabalho dos professores dentro de sala de aula, no município de Pains-MG, podendo ainda ser estendido para outros municípios com as mesmas características ambientais. Entretanto, para que a pesquisa continue, necessito de alguns professores voluntários que queiram participar das próximas etapas, se envolvendo com o projeto. Deste modo, convido-o à participar da continuidade deste trabalho, de maneira voluntária. Caso exista interesse na participação, deixe seus contatos para que a proposta seja detalhada e apresentada de forma viável à realidade da turma.

Contatos: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Obrigada pela colaboração!

