



**19<sup>th</sup> International Congress of Speleology  
38<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia**

**UFMG**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IGC  
Laboratório de Estudo Hidrogeológico - LEHID

**LEHID**  
Laboratório de Estudos Hidrogeológicos

Ementa do Minicurso

**Traçadores fluorescentes em sistemas cársticos: planejamento, execução e interpretação de dados**

Paulo Galvão  
hidropaulo@gmail.com

---

**Instrutores:** Pedro Assunção<sup>\*,\*\*,\*\*</sup> e Gabriel Lourenço<sup>\*\*</sup>

**Evento:** 19<sup>th</sup> International Congress of Speleology e 38<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia

**Data:** 19/07/2025 **Horário:** 8:00 – 12:00h e 13:00 às 17:00 (8 horas)

**Local:** Sala 3053, 3<sup>o</sup> andar, Instituto de Geociências (IGC) da UFMG

**Língua:** Português

**Público-alvo:** Espeleólogos profissionais ou amadores, estudantes de graduação e pós-graduação, profissionais da área de hidrogeologia

**Vagas:** 20

**Coordenadores:** Prof. Dr. Paulo Henrique Ferreira Galvão<sup>\*</sup> e Prof. Dr. Rodrigo Sérgio de Paula<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup> Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

<sup>\*\*</sup> Sociedade Excursionista Espeleológica (SEE)

<sup>\*\*\*</sup> Espeleogrupo Pains (EPA)

---

**Currículo dos instrutores:**

**Pedro Assunção:** Engenheiro Geólogo (2018) pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Mestre em Ciências Naturais (2021) pelo Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais (UFOP). Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente faz parte da equipe do Laboratório de Estudos Hidrogeológicos da UFMG (LEHID). Espeleólogo da Sociedade Excursionista e Espeleológica - SEE e do Espeleogrupo Pains - EPA. Área de atuação em Hidrogeologia, Carste e Espeleologia.

**Gabriel Lourenço:** Engenheiro Geólogo pela Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP (2023). Atualmente, é Mestrando em Hidrogeologia Cárstica no Instituto de



## 19<sup>th</sup> International Congress of Speleology 38<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia

Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), onde também integra o Laboratório de Estudos Hidrogeológicos (LEHID). Desenvolve pesquisa em espeleologia e hidrogeologia, hidroquímica e no estudo das conexões de cavernas utilizando traçadores fluorescentes. É fotógrafo com mais de 10 anos de experiência, com ênfase na fotografia de cavernas, geociências e natureza.

**Contexto:** Determinar direções e caminhos de fluxo de águas subterrâneas em sistemas cársticos altamente heterogêneos e anisotrópicos não é uma tarefa simples. A geometria da rede cárstica pode passar por mudanças severas ao longo do tempo, como, por exemplo, colapsos de cavernas, preenchimento de condutos por sedimentos, condutos podem deixar de ser totalmente saturados (devido a oscilações da superfície freática), e surgências podem ser reativadas (*overflow springs*) durante condições de alto fluxo. Por isso, a técnica de traçadores é uma excelente ferramenta aplicada aos sistemas cársticos, pois possibilita delimitar áreas de captação de surgências, a estimação das velocidades dos fluxos, determinação de áreas de recargas e descarga. Os traçadores corantes fluorescentes são substâncias orgânicas sintéticas com propriedade de fluorescência; normalmente são ausentes nas águas naturais, seguros à saúde humana e altamente detectáveis (Käss 1998, Field 2002, Ford & Williams 2007, Palmer 2007, Goldscheider et al. 2008, Goldscheider & Drew 2007, Benischke 2021).

**Resumo:** Este curso tem como objetivo apresentar e demonstrar o funcionamento da técnica de traçadores fluorescentes com foco em sistemas cársticos. Contará com uma parte teórica sobre os conceitos gerais e uma parte prática com a aplicação de estudo de caso. A duração do curso será de 8 horas, sendo necessário que os participantes levem seu notebook para a atividade prática.

### Programação:

#### Parte 1 – Planejamento e execução de testes de traçadores fluorescentes (8:00 – 9:30)

##### 1.1 Introdução:

- Tipos de traçadores: naturais e artificiais
- Importância e aplicação de testes com traçadores corantes em aquíferos cársticos.
- Histórico da aplicação do método.

##### 1.2 Planejamento da pesquisa e levantamento de dados preliminares:

- Objetivo da pesquisa.
- Abordagem de sistema: recarga, fluxo e descarga.
- Dados geológicos, geomorfológicos, climáticos e hidrológicos básicos.
- Materiais e métodos usuais: substâncias fluorescentes, sachês de carvão ativado (fluocaptadores), fluorímetro de campo, fluorímetro portátil, amostrador automático, rede de monitoramento hidrológica, laboratório.
- Cálculo de massa de traçador injetada.



## 19<sup>th</sup> International Congress of Speleology 38<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia

- Responsabilidade social: comunicação do ensaio e cálculo da toxicidade.

### 1.3 Instrumentação do sistema:

- Etapas do ensaio: determinação do *background* natural.
- Teste qualitativo e quantitativo
- Variabilidade sazonal e espacial
- Seleção de pontos para instalação da rede de amostragem com base no modelo conceitual de fluxo.
- Medições da vazão do fluxo de entrada e saída do sistema
- Incertezas no modelo conceitual, significado de testes qualitativos negativos e zonas de fluxo lento.

### 1.4 Injeção dos traçadores corantes fluorescentes

- Tipos de injeção: instantânea ou contínua
- Cuidados e atenção durante a injeção
- Pontos de injeções: sumidouros, dolinas, cavernas e poços tubulares

### Intervalo (15 minutos)

## Parte 2 – Aquisição e interpretação de dados de testes quantitativos (9:45 – 12:00)

### 2.1 Aquisição de dados campo e laboratoriais:

- Introdução
- Fluorímetro de bancada
- Espectrofotômetro de fluorescência
- Fluorímetro de campo

### 2.2 Curvas de Restituição dos traçadores (*Breakthrough Tracer Curves*)

- Parâmetros da curva de restituição
- Massa Recuperada
- Velocidade média de fluxo e Tempo médio de trânsito

### 2.3 Característica da rede de condutos:

- Padrões de fluxo
- Zonas de fluxo lento (estagnadas) e zonas de fluxo rápido
- Padrões geométrico das curvas de recuperação
- Parâmetros do conduto: volume, área da seção transversal e diâmetro

### 2.4 Conceitos sobre transporte de massa

- Advecção, Dispersão, Difusão, Retardação e Degradação
- Adsorção e Absorção
- Equação de Advecção-Dispersão



## 19<sup>th</sup> International Congress of Speleology 38<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Espeleologia

- Modelos hidrodispersivos: ADM, 2RNE e MDP-2RNE

### 2.5 Programas usados para interpretação:

- QTRACER2 (Field 2002)
- CXTFIT (Toride et al. 1995)
- MFIT (Bodin 2020)

### Almoço (1 hora)

### Parte 3 – Atividade Prática (13:00 – 15:00)

#### 3.1 Apresentação dos equipamentos e tipos de traçadores

- Fluorímetro de campo *GGUN-FL30* (Schnegg 2002)
- Fluocaptor de carvão ativado
- Traçadores fluorescentes: Fluoresceína Sódica, Rodamina WT e Tinopal CBS-X

#### 3.2 Aquisição de dados pelo fluorímetros de campo

### Intervalo (15 minutos)

### Parte 4 – Atividade Prática (15:15 – 17:00)

#### 3.3 Estudo de caso para atividade prática de interpretação de dados

#### 3.4 Aplicação da planilha de interpretação de dados e uso dos programas QTRACER2 e CXTFI

### Observações importantes:

- O minicurso será realizado na sala 3053, 3<sup>o</sup> andar, Instituto de Geociências (IGC) da UFMG.
- Será mantida uma tolerância máxima de 10 min para iniciar o minicurso, favor não atrasar para um melhor aproveitamento do tempo.
- É necessário que os participantes levem seu notebook para a execução dos programas.
- Seguem em anexo, numa pasta compactada, os arquivos e os programas que serão utilizados na parte prática.

### Mapa da UFMG com a localização do IGC

