**ESA919A – Tópicos Especiais B: Elementos de Hidrogeologia**

**Trabalho Prático a ser desenvolvido no âmbito da disciplina em 2023-1**

**Professores: Julian Eleutério & André Rodrigues**

**Objetivo didático do trabalho**: Aplicar os principais conceitos relacionados à Hidrogeologia para a caracterização do comportamento de um aquífero em um estudo de caso real

**Objetivo prático do trabalho**: Avaliação do comportamento espaço-temporal do armazenamento de água no aquífero Urucuia

**Contexto**: o Urucuia é um aquífero livre, poroso, regionalmente homogêneo, de característica sedimentar, com boa capacidade em produção de água e que abrange os estados de MG, MA, PI, TO, BA e GO. O aquífero possui espessura variando de 15 a 400 m (com algumas áreas atingindo até 600 m de espessura) e profundidade do nível d’água entre 2,1 e 160 m. Além disso, possui porosidade efetiva (Sy) de 14% e condutividade hidráulica (K) maior que 2 m/d.

A maior parte do aquífero se encontra em região de clima semiárido e, por isso, sua exploração é fundamental para o desenvolvimento da região. Nesse sentido, um crescimento acentuado da agricultura se deu no entorno do município de Luis Eduardo Magalhães-BA, principalmente devido à elevada capacidade produtiva dos poços (até 600 m³/h) nessa região. Porém, o armazenamento de água subterrânea em regiões semiáriadas são muito vulneráveis à exploração, uma vez que possuem baixa capacidade de recarga. Essa susceptibilidade, somada à variabilidade climática (e.g., secas), pode acarretar sérios problemas para a região.

Nesse sentido, é imprescindível a avaliação da evolução espaço-temporal do aquífero Urucuia para conhecermos o comportamento do seu armazenamento. A partir desse conhecimento seremos capazes de aprimorar o manejo das águas subterrâneas na região, mitigando possíveis impactos da superexploração e da variabilidade climática, ou seja, soluções sustentáveis de uso e manejo poderão ser propostas.

**Metodologia geral**: O trabalho será desenvolvido em dupla, sob a orientação dos professores da disciplina. A avaliação do comportamento espaço-temporal do armazenamento de água no aquífero Urucuia será feita pelos estudantes por meio de diferentes bases de dados, sendo as principais listadas a seguir:

* Satélites GRACE e GRACE-FO: armazenamento de água subterrânea no aquífero Urucuia
* Poços tubulares de monitoramento: RIMAS/CPRM
* Estações pluviométrica e meteorológicas: Hidroweb/ANA e INMET
* Precipitação e temperatura: ERA-5 (reanálise)
* Shapefile do aquífero Urucuia
* Geologia e hidrogeologia: caracterização
* Uso e ocupação do solo: MapBiomas
* Área irrigada: Atlas Irrigação/ANA
* Consumo de água subterrânea

Os dados do GRACE e GRACE-FO para os anos hidrológicos 2000-2001, 2005-2006, 2010-2011, 2015-2016, 2020-2021 servirão de base para realização das análises. Para cada ano hidrológico deverá ser selecionada a imagem correspondente ao final da estação úmida (março) e ao final da seca (setembro), no intuito de compreendermos a recarga e o comportamento sazonal do armazenamento no sistema aquífero sob análise.

O comportamento espaço-temporal ao longo dos anos será relacionado com diversos fatores, físicos e climáticos, para explorarmos os “drivers” de tal comportamento. Os possíveis fatores são: (i) evolução do uso do solo (2001, 2006, 2011, 2016, 2021); (ii) variabilidade climática (1950-2021); (iii) consumo das águas subterrâneas; e (iv) áreas irrigadas. Referências importantes para cada fator são listadas a seguir:

1. MapBiomas: <https://mapbiomas.org/>
2. ERA-5 (conversar com o Vinicius (doutorado)) ou pluviômetros e estações meteorológicas
3. Uso das águas subterrâneas – ANA: <https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/8930b2afb5d14cd4b678185d1181c0d3_1/about>
4. Atlas Irrigação: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/1b19cbb4-10fa-4be4-96db-b3dcd8975db0>

Outras fontes de dados são listadas a seguir:

* Poços tubulares de monitoramento – RIMAS: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/resultado_busca_urucuia.php>
* Informações gerais sobre o aquífero Urucuia – CPRM: <https://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Pesquisa-e-Inovacao/Estudos-Hidrologicos-e-Hidrogeologicos-Integrados-na-Regiao-do-Aquifero-Urucuia---SAU-5208.html>
* Metadados aquífero Urucuia: <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/resultado_busca_urucuia.php>

**Etapas do trabalho:** O trabalho consistirá na realização de 6 etapas metodológicas que deverão ser desenvolvidas ao longo do semestre letivo. Cada etapa tem um objetivo específico, cujo resultados deverão ser produzidos conforme descrição a seguir e apresentados conforme *template* disponibilizado ao final desse documento:

Etapa 1. Caracterização hidrogeológica do aquífero Urucuia – tem como objetivo específico a descrição detalhada da composição do sistema aquífero e o levantamento completa dos dados disponíveis para a compreensão do aquífero (e.g., poços de monitoramento, pluviômetros, estações meteorológicas e usos da água subterrânea). Além disso, deve ser iniciada uma revisão de literatura sobre o sistema em análise (e.g., artigos e relatórios técnicos). A dupla deverá organizar e consolidar o conjunto de dados espaciais no Quantum-GIS. Com base nesses dados, deverão ser produzidos mapas temáticos que permitem a compreensão dos diferentes aspectos hidrogeológicos do aquífero estudado. A escrita do tópico Material e Métodos deve ser iniciada nessa etapa.

Etapa 2. Levantamento de dados de sensor remoto (e.g., GRACE, ERA-5, usos do solo, etc) e tratamento dos dados levantados na Etapa 1 – o objetivo é levantar os dados de armazenamento fornecidos pelo satélite GRACE e GRACE-FO, de precipitação e temperatura (ERA-5), de uso e ocupação do solo (MapBiomas) e das áreas de irrigação. Além disso, os dados levantados na primeira etapa deverão ser organizados a partir da eliminação de dados espúrios, preenchimento de falhas e tabulação para aplicação nas próximas etapas. A parte do Material e Métodos sobre a caracterização da área, a base de dados e a estratégia metodológica (conversaremos ao longo das aulas) deve ser finalizada.

Etapa 3. Evolução do armazenamento de água no sistema aquífero Urucuia e análise de tendência temporal das variáveis meteorológicas – tem como objetivo específico a determinação da evolução espaço-temporal do armazenamento do aquífero ao longo do tempo. A ser realizado por meio do tratamento dos dados de satélite GRACE e GRACE-FO para as datas previamente estabelecidas. Além disso, o comportamento espaço-temporal dos dados meteorológicos (precipitação e temperatura) obtidos a partir dos produtos de reanálise ERA-5 deverá ser avaliado aplicando-se os testes de Mann-Kendall (análise de tendência) e outros que podem melhorar a descrição do comportamento. Os resultados dessa etapa devem ser descritos no tópico Resultados do artigo.

Etapa 4. Relacionar os usos da água e a evolução do uso do solo com o comportamento do armazenamento – análise da evolução temporal do uso do solo, das demandas de uso da água subterrânea e das áreas irrigadas para regiões que indicarem variações interessantes do armazenamento de água no Urucuia (resultados da Etapa 3). Nesse momento, será possível discutirmos sobre quem está causando a maior pressão sobre a variação do armazenamento de água no Urucuia: variações negativas (e.g., diminuição das precipitações, aumento da evapotranspiração, aumento das demandas, aumento da área irrigada, ...) e positivas (aumento das precipitações, diminuição da evapotranspiração, aumento de áreas naturais, características físico-hídricas do solo, ...). O tópico de resultados deve ser finalizado nessa etapa.

Etapa 5. Revisão de literatura e discussão dos resultados – o objetivo é estudarmos os trabalhos já desenvolvidos sobre o tema em diversos aquíferos no mundo. Portanto, iremos buscar artigos específicos nas bases indexadoras (Web of Science, Scopus, Portal Sucupira, ...) e iremos discutir seus resultados ao longo das aulas. Os resultados do trabalho deverão ser discutidos (no tópico Discussão) no artigo a partir do estudo dos artigos levantados nessa etapa.

Etapa 6. Entrega do trabalho final – O artigo deverá ser entregue com o objetivo de submetermos em um periódico indexado.

**Entregas/apresentações e forma de avaliação:**

O desenvolvimento das diferentes etapas será acompanhado por meio de atividades previstas para avaliação e acompanhamento do trabalho ao longo do semestre.

**Valor do trabalho:** 75 pontos