

<b>Dados do Plano de Trabalho</b>	
<b>Título do Plano de Trabalho:</b>	Calibração de parâmetros hidrodinâmicos em aquíferos.
<b>Modalidade de bolsa solicitada:</b>	PIBIC
<b>Projeto de Pesquisa vinculado:</b>	Modelagem do escoamento de água subterrânea empregando o Método Iterativo do Gradiente Hidráulico com aplicação na Região do Cariri cearense.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivos Gerais**

Tem-se como objetivo geral, desenvolver e aprimorar o procedimento de calibração de parâmetros hidrodinâmicos através da modificação do Método Iterativo do Gradiente Hidráulico, em um programa computacional aplicado à modelagem de aquíferos.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Aprimorar o desenvolvimento de um programa computacional, implementado em linguagem computacional Java, ampliando as rotinas de composição das informações de entrada requeridas pelos modelos de fluxo subterrâneo;
- Equacionar a calibração da condutividade hidráulica horizontal em modelos de uma camada e multicamadas, através do Método Iterativo do Gradiente Hidráulico;
- Incorporar ao Método Iterativo do Gradiente Hidráulico técnicas estatísticas baseadas em regressão linear para estimativa inicial da matriz de cargas observadas;
- Determinar a distribuição de condutividade hidráulica horizontal e identificar o comportamento do fluxo hídrico subterrâneo em aquífero poroso, utilizando exemplos hipotéticos;
- Produzir mapas temáticos, contendo informações sobre o nível potenciométrico de aquíferos;
- Elaborar um manual de utilização do programa computacional desenvolvido.

## **2. METODOLOGIA**

O processo metodológico a ser seguido inicia-se com a fundamentação teórica dos fenômenos envolvidos no estudo e tem como sequência a aplicação prática em exemplos hipotéticos. A descrição dos métodos empregados, incluindo os *softwares* a serem utilizados, estão apresentados a seguir:

### **2.1 Métodos de calibração de parâmetros**

Para avaliação dos resultados, a calibração será realizada empregando o MIGH, comparada à estimação utilizando o programa computacional PEST.

### 2.1.1 Parameter Estimation – PEST

Na forma clássica, a estimação de parâmetros hidrodinâmicos é realizada a partir da minimização da função objetivo, dada pela Equação (1), através da técnica inversa dos mínimos quadrados.

$$F_{obj} = \sum_{i=1}^N \left( h_i^{obs} - h_i^{calc} \right)^2 \quad (1)$$

Em que:

$F_{obj}$  : a função objetivo a ser minimizada;

N: número total de cargas observadas;

$h_i^{obs}$  : cargas observadas [L]

$h_i^{calc}$  : cargas calculadas [L]

As técnicas matemáticas de minimização da Equação (1) estão implementadas em diversos códigos computacionais; dentre os quais destaca-se o PEST (acrônimo para *Parameter ESTimation*).

### 2.1.2 Método Iterativo do Gradiente Hidráulico – MIGH

No Método Iterativo do Gradiente Hidráulico (MIGH), conforme Guo e Zhang (2000) e Schuster e Araújo (2004) a função objetivo a ser minimizada é:

$$F_{OBJ} = \int_R \left( \nabla h^{calc} - \nabla h^{obs} \right) \cdot \left( \nabla h^{calc} - \nabla h^{obs} \right) dx dy \quad (2)$$

Em que:

$\nabla h^{obs}$  : gradiente hidráulico observado [L/L]

$\nabla h^{calc}$  : gradiente hidráulico calculado [L/L]

R: domínio do fluxo.

Na execução do método, utiliza-se, em lugar do mapa potenciométrico observado gerado por interpolação matemática, um mapa potenciométrico calculado (simulado) a partir das próprias cargas observadas. O procedimento consiste em obter o mapa potenciométrico observado a partir da modelagem do fluxo subterrâneo, tornando invariáveis as cargas observadas em campo.

## 2.2 Utilização de técnicas estatísticas através de regressão para estimativa inicial da matriz de cargas observadas

Adicionalmente, no Método Iterativo do Gradiente Hidráulico, a estimativa inicial da matriz de cargas observadas se apresenta como ponto fundamental para obtenção da convergência eficiente do parâmetro calibrado. Em geral, devido a extensão das áreas simuladas, a quantidade de observações aferidas em campo é insuficiente para determinar uma estimação correta dos parâmetros hidrodinâmicos.

As técnicas de regressão serão aplicadas ao processo de calibração após os ciclos de iterações, baseando-se na relação entre cargas reais observadas e cargas calculadas, portanto, serão inseridas no momento em que os ciclos de iterações atingem o valor ótimo de solução, ampliando a estimativa inicial das cargas consideradas observadas.

### 3. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Para execução do projeto, são requeridos 02 (DOIS) bolsistas. O Bolsista 01 trabalhará no aprimoramento metodológico do processo de calibração e o Bolsista 02 terá suas atividades concentradas na implementação computacional dos métodos. Importante destacar que a equipe deve apresentar integração entre os trabalhos, com complementaridade das atividades.

Nº	2019					2020						
	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07
AT1: Revisão de Literatura – Escoamento de água subterrânea.	X	X	X									
AT2: Estudo e equacionamento do fluxo em meio poroso.				X	X							
AT3: Estudo e equacionamento do Método Iterativo do Gradiente Hidráulico.						X	X					
AT4: Estudo e equacionamento das técnicas estatísticas de regressão.								X	X			
AT5: Aplicação em exemplos hipotéticos para aplicação da calibração.										X	X	
AT6: Produção de artigos a serem publicados em eventos e periódicos e elaboração do relatório final da pesquisa												X

### REFERÊNCIAS

GUO, X; ZHANG, C.-M.. Hydraulic gradient comparison method to estimate aquifer hydraulic parameters under steady-state conditions. **Ground Water**. v. 38, n. 6, p. 815-826, 2000.

SCHUSTER, H. M. D.; ARAÚJO, H. D. B. Uma formulação alternativa do método iterativo de gradiente hidráulico no procedimento de calibração dos parâmetros hidrodinâmicos do sistema aquífero. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 2, p. 31-37, 2004.