

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO

PROJETO ENGENHARIA
DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE
SIMULADOR DE RESERVATÓRIO MONOFÁSICO 2D
TRABALHO DA DISCIPLINA PROGRAMAÇÃO PRÁTICA

Versão 1:
NICHOLAS DE ALMEIDA PINTO
KEVIN ALVES BARTELEGA
Prof. André Duarte Bueno

MACAÉ - RJ
Novembro - 2021

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Escopo do problema	1
1.2	Objetivos	1
2	Especificação	3
2.1	Nome do sistema/produto	3
2.2	Especificação	3
2.2.1	Requisitos funcionais	4
2.2.2	Requisitos não funcionais	5
2.3	Casos de uso	5
2.3.1	Diagrama de caso de uso geral	5
2.3.2	Diagrama de caso de uso específico	5

Capítulo 1

Introdução

No presente projeto de engenharia desenvolve-se o software SIMULADOR DE RESERVATÓRIO MONOFÁSICO 2D, um código em linguagem orientada a objeto que tem como principal objetivo implementar as equações vistas nas disciplinas de Avaliação de Formações e Engenharia de Reservatórios.

Dessa forma, a principal finalidade do programa é fornecer o cálculo do campo de pressões em um dado poço de um reservatório de óleo ou de gás. Para isso, utilizou-se uma simulação numérica computacional baseada no método dos volumes finitos. Este é uma ferramenta poderosa de resolução de equações diferenciais parciais a um determinado volume de meio contínuo baseado, por exemplo, na resolução de balanços de massa.

1.1 Escopo do problema

Em se tratando da Engenharia de Reservatórios, o foco do estudo é o próprio reservatório de óleo ou de gás. Os engenheiros lutam por mais entendimento do comportamento de um reservatório, para que se possa fazer predições cada vez mais condizentes com as medidas de campo e aumentar a segurança em dizer se um campo é viável ou não à exploração e por quanto tempo esse campo será viável. Dada uma aplicação de injeção ou produção em poços no reservatório, se faz necessário um conhecimento sólido e completo de como ele se comportará e influenciará a dinâmica de pressões no poço.

Portanto, o problema que se propõe a resolver é simulação de poços com propriedades distintas, para otimizar a produção no reservatório. De posse dela - ou de pelo menos um valor próximo estimado pelo software, seria possível, por exemplo, dimensionar equipamentos de fundo do poço, prever tempo produtivo e quantificação o volume de fluido de completção, por exemplo.

1.2 Objetivos

Os objetivos deste projeto de engenharia são:

- Objetivo geral:
 - Desenvolver projeto de engenharia de software baseado em simulação numérica implícita computacional para determinar a evolução da pressão em um poço dentro de um reservatório estratigráfico de óleo ou gás.
- Objetivos específicos:
 - Modelar física e matematicamente o problema.
 - Modelagem estática por meio de diagramas com interface amigável.
 - Calcular Permeabilidade.
 - Calcular Transmissibilidade.
 - Calcular Matriz de Coeficientes.
 - Resolver sistema.
 - Calcular Pressões.
 - Simular para diferentes fluidos dentro do reservatório (óleo ou gás).
 - Simular para diferentes camadas estratigráficas rochosas.
 - Gerar gráficos externos a partir do software externo Gnuplot..

Capítulo 2

Especificação

Apresenta-se neste capítulo do projeto de engenharia a concepção, a especificação do sistema a ser modelado e desenvolvido.

2.1 Nome do sistema/produto

Nome	SIMULADOR DE RESERVATÓRIO MONOFÁSICO 2D
Componentes principais	Sistema para cálculos da distribuição de pressão em um poço/reservatório em função das coordenadas espaço-temporais, utilizando método numérico implícito
Missão	Calcular pressão no poço ao longo do tempo

2.2 Especificação

Deseja-se desenvolver um software com interface em modo texto que seja capaz de determinar o comportamento das pressões dentro de um poço. O processo é governado pela Equação da Equação da Difusividade Hidráulica. Será utilizada a modelagem numérica pela discretização em volumes finitos e método implícito de Newton para resolução.

Na dinâmica de execução do software, o usuário deverá entrar com os dados relativos ao fluido, à matriz da rocha, ao meio poroso, ao grid-2D, ao simulador, os valores das permeabilidade das camadas estratigráficas, inserir espessuras delas, dizer ao software quais camadas abertas à produção, bem como o tipo de fluido presente no reservatório, se óleo ou gás. Poderá optar-se também pela inserção dos dados em um documentode texto*.txt. Dada a primeira ou segunda escolha, o software calcula suas propriedades termofísicas, e por fim, apresenta a pressão no poço e no reservatório.

Os dados com as suas respectivas unidades estão listados abaixo:

- **Dados relativos ao fluido:**

k permeabilidade $[md]$;

ρ_f massa específica do fluido $[kg/m^3]$;

c_{pf} calor específico à pressão constante do fluido $[J/KgK]$.

• **Dados relativos à matriz da rocha:**

ϕ porosidade absoluta $[m^3/m^3]$;

• **Dados relativos ao meio poroso:**

T temperatura absoluta $[K]$;

P pressão $[Pa]$;

• **Dados relativos ao grid bidimensional:**

dx intervalo de discretização na direção x $[m]$;

dy intervalo de discretização na direção y $[m]$;

• **Dados relativos ao simulador:**

dt intervalo de tempo $[s]$;

Após a entrada de dados pelo usuário, o programa irá calcular as propriedades do fluido escolhido e irá resolver a EDP discretizada com um método numérico, obtendo uma solução numérica implícita para cada passo de tempo, isto é, uma distribuição da pressões $P(r, z, t)$, como função das coordenadas espaciais e temporais.

O software então irá plotar gráficos que serão gerados com um programa externo (gnuplot).

Por fim, vale destacar que o software cuja interface será em modo texto, será escrito na linguagem C++ com o paradigma de orientação ao objeto, uma linguagem reconhecida por sua grande eficiência, abrangência e facilidade no reaproveitamento de códigos desenvolvidos previamente.

2.2.1 Requisitos funcionais

Apresenta-se a seguir os requisitos funcionais.

RF-01	O usuário tem a liberdade de escolher todos os dados de entrada, mencionados na seção 2.2.
RF-02	O usuário pode obter a distribuição de pressão (r,z) para qualquer tempo (t).
RF-03	O usuário pode modelar o processo de simulação escolhendo qual tipo de fluido, bem como as camadas estratigráficas nas quais haverá fluxo.

RF-04	Deve mostrar os resultados na tela.
RF-05	O usuário poderá plotar seus resultados de simulação em gráficos. O gráfico poderá ser salvo como imagem ou ter seus dados exportados como texto.

2.2.2 Requisitos não funcionais

RNF-01	Os cálculos devem ser feitos utilizando-se o método numérico implícito para cada passo de tempo.
RNF-02	O programa deverá ser multi-plataforma, podendo ser executado em <i>Windows</i> , <i>GNU/Linux</i> ou <i>Mac</i> .

2.3 Casos de uso

Tabela 2.1: Exemplo de caso de uso

Nome do caso de uso:	Cálculo da pressão
Resumo/descrição:	Cálculo da pressão em poço e reservatório em determinadas condições
Etapas:	1. Entrada de dados. 2. Executar o software 3. Gerar gráficos. 4. Analisar resultados.
Cenários alternativos:	Um cenário alternativo envolve um poço com penetração parcial e líquido no reservatório.

2.3.1 Diagrama de caso de uso geral

O diagrama de caso de uso geral da Figura 2.1 mostra o usuário acessando os sistemas de ajuda do software, calculando a pressão ou analisando resultados. Este diagrama de caso de uso ilustra as etapas a serem executadas pelo usuário ou sistema, ou seja, a interação do usuário com o sistema.

2.3.2 Diagrama de caso de uso específico

O diagrama de caso de uso específico descrito na Figura 2.1 e na Tabela 2.1 é detalhado na Figura 2.2. Ele mostra a interação usuário-software para calcular a pressão no reservatório e no poço usando o método numérico implícito. Nesse caso de uso específico (4 etapas), o usuário insere os dados de entrada, escolhe o tipo de fluido (líquido), monta o poço (camadas estratigráficas com fluxo), propriedades do meio poroso, executa o software, gera gráficos e por fim, analisará os resultados (eventualmente gerará gráficos com os resultados obtidos utilizando um sistema externo, como o software *gnuplot*).

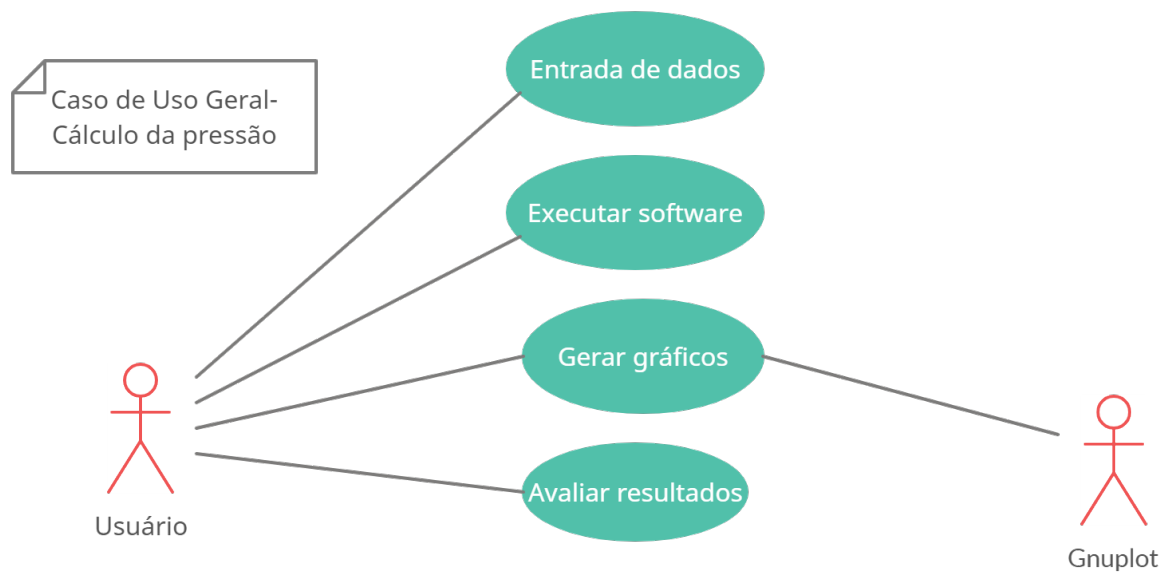


Figura 2.1: Diagrama de caso de uso – Caso de uso geral

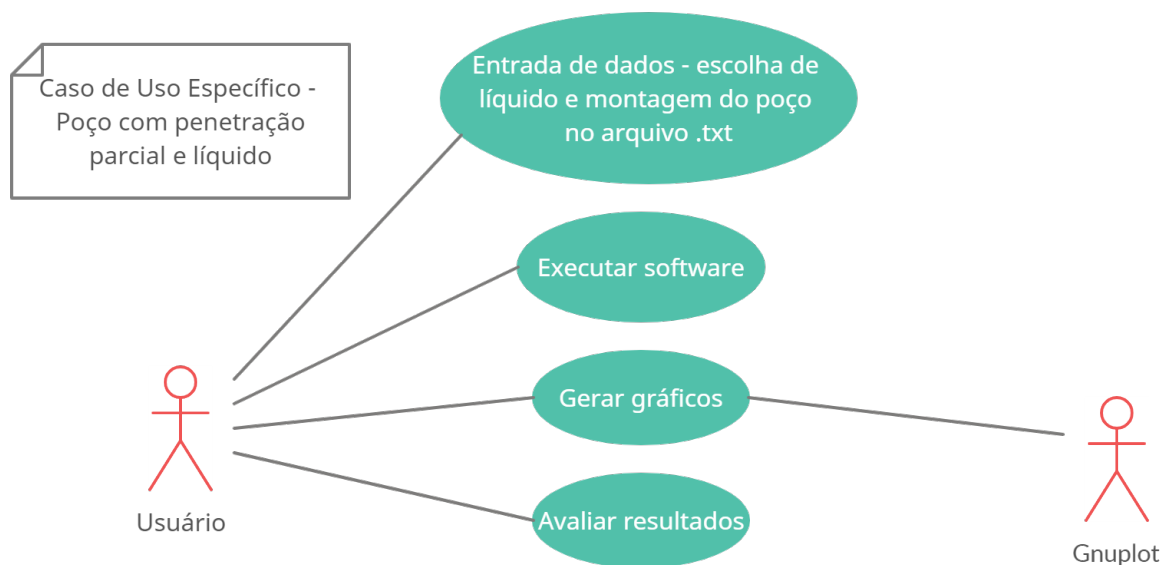


Figura 2.2: Diagrama de caso de uso específico – Título

Referências Bibliográficas

Índice Remissivo

C

Casos de uso, 5