

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PRÉ-PROJETO DE ENGENHARIA
DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE
FERRAMENTA PARA GERAÇÃO DA CURVA DE FLUXO FRACIONÁRIO
DISCIPLINA LEP-0144: Projeto de Software Aplicado à Engenharia
Setor de Modelagem Matemática Computacional

Versão 1:
Fabiane da Silva Barros
Prof. André Duarte Bueno

MACAÉ - RJ
Outubro - 2025

Sumário

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Introdução | 2 |
| 1.1 | Identificação da Proposta | 2 |
| 1.2 | Resumo | 3 |
| 1.3 | Escopo do Problema | 3 |
| 1.4 | Objetivos | 4 |
| 1.5 | Metodologia | 4 |
| 1.6 | Informações Adicionais Específicas | 4 |
| 2 | Etapas, Cronograma e Orçamento Preliminar | 7 |
| 2.1 | Etapas | 7 |
| 2.2 | Cronograma | 8 |
| 2.3 | Orçamento Preliminar | 8 |
| 2.4 | Informações Extras Mecanismos Gestão | 8 |

Capítulo 1

Introdução

Apresenta-se aqui a proposta de desenvolvimento de um projeto de engenharia que visa a criação de uma Ferramenta para Geração da Curva de Fluxo Fracionário. Esta ferramenta computacional é essencial para a análise de processos de deslocamento bifásico em meios porosos, como a injeção de água em reservatórios de petróleo para recuperação secundária. Baseada na teoria clássica de Buckley-Leverett, a solução irá modelar a interação entre as propriedades da rocha (permeabilidade relativa) e dos fluidos (viscosidades) para calcular a fração do fluido injetado no escoamento total. O projeto será implementado na linguagem C++ sob o paradigma da orientação a objetos, resultando em um software robusto e didático que fornece dados críticos para a avaliação da eficiência de deslocamento e otimização da produção de hidrocarbonetos.

1.1 Identificação da Proposta

Tipo de investimento /divulgação:

- PROJETO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO / DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE
- Versão 1

Coordenador:

- André Duarte Bueno

Equipe:

- Fabiane da Silva Barros [fabianedasb.b@gmail.com/85994004341]

Vínculo institucional do processo:

- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO/UENF
- CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CCT
- DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO - LENEP

- SETOR DE MODELAGEM MATEMÁTICA COMPUTACIONAL

Duração:

- 4-6 mês(es)

Data de submissão:

- 31 de outubro de 2025

Número da proposta:

- LDSC-2025-?-???

Tipo de instrumento contratual:

- Trabalho de disciplina

Título do projeto:

- "Ferramenta para Geração da Curva de Fluxo Fracionário"

Palavras-chave:

- Teoria de Buckley-Leverett, Fluxo Bifásico, Permeabilidade Relativa, Recuperação Secundária, Modelagem Computacional.

1.2 Resumo

Apresenta-se a proposta de desenvolvimento da "Ferramenta para Geração da Curva de Fluxo Fracionário", um software didático e analítico essencial para a análise de processos de deslocamento bifásico em meios porosos, como a injeção de água para recuperação secundária. Baseada na teoria de Buckley-Leverett, a solução modela a interação entre as propriedades da rocha (permeabilidade relativa) e dos fluidos (viscosidades). O desafio tecnológico central é traduzir a equação de fluxo fracionário, altamente não-linear, em um algoritmo computacional preciso. O objetivo é resolver o problema de engenharia de quantificar a eficiência de deslocamento, permitindo a engenheiros e estudantes gerar a curva de forma rápida, analisar a sensibilidade de parâmetros e aprofundar a compreensão do impacto desses na eficiência do deslocamento. O software será implementado em C++ com orientação a objetos, lendo dados de entrada de arquivos de texto (tabelas ou correlações) e gerando a curva de fluxo fracionário.

1.3 Escopo do Problema

O escopo do projeto foca em resolver um problema fundamental da engenharia de reservatórios: a quantificação da eficiência de deslocamento de óleo por água. A ferramenta proposta situa-se como

um utilitário de análise, preenchendo a lacuna entre cálculos manuais (demorados e sujeitos a erro) e simuladores de reservatório completos (complexos e de alto custo). O software se delimita a um modelo 1D, desprezando efeitos capilares e gravitacionais (conforme a teoria clássica de Buckley-Leverett), para focar na correta implementação do cálculo do fluxo fracionário e na análise de sensibilidade dos parâmetros de entrada, como viscosidades e os modelos de permeabilidade relativa.

1.4 Objetivos

Os objetivos deste projeto de engenharia são:

- Objetivo geral:
 - Desenvolver um projeto de engenharia de software para criar um modelo computacional que permita a engenheiros e estudantes gerar a curva de fluxo fracionário de forma rápida e precisa, possibilitando a análise de sensibilidade e aprofundando a compreensão sobre como os parâmetros do reservatório impactam a eficiência do deslocamento.
- Objetivos específicos:
 - Modelar física e matematicamente o problema do fluxo fracionário (Teoria de Buckley-Leverett).
 - Modelar o software utilizando diagramas UML (casos de uso, pacotes, classes).
 - Modelar a dinâmica do software (diagramas de sequência e atividades).
 - Implementar em C++ a leitura e interpretação de dados de entrada (viscosidades e curvas de k_r) de arquivos de texto.
 - Implementar o algoritmo de cálculo da curva de fluxo fracionário, incluindo interpolação de dados tabulares.
 - Gerar um arquivo de saída com os dados (S_w, f_w) e implementar a visualização automática do gráfico via Gnuplot.
 - Realizar simulações para teste e validação do software contra exemplos da literatura.

1.5 Metodologia

A metodologia a ser utilizada no desenvolvimento do sistema é a apresentada na Figura 1.1, que descreve o fluxo desde a Etapa 0 (Definição do Desafio) até a Etapa 5 (Entrega do Produto).

1.6 Informações Adicionais Específicas

A base teórica para o desenvolvimento deste software repousa sobre a mecânica de fluidos em meios porosos e, especificamente, na teoria de deslocamento imiscível. As equações e conceitos a serem imple-

mentados são derivados diretamente de publicações clássicas da engenharia de petróleo, sendo o artigo seminal de Buckley e Leverett ([Buckley and Leverett, 1942]) a referência primária.

Além disso, o desenvolvimento do software seguirá as metodologias e padrões de projeto discutidos em sala de aula, utilizando as referências de UML, Gestão de Projetos e Programação C++ listadas na bibliografia do modelo de projeto .

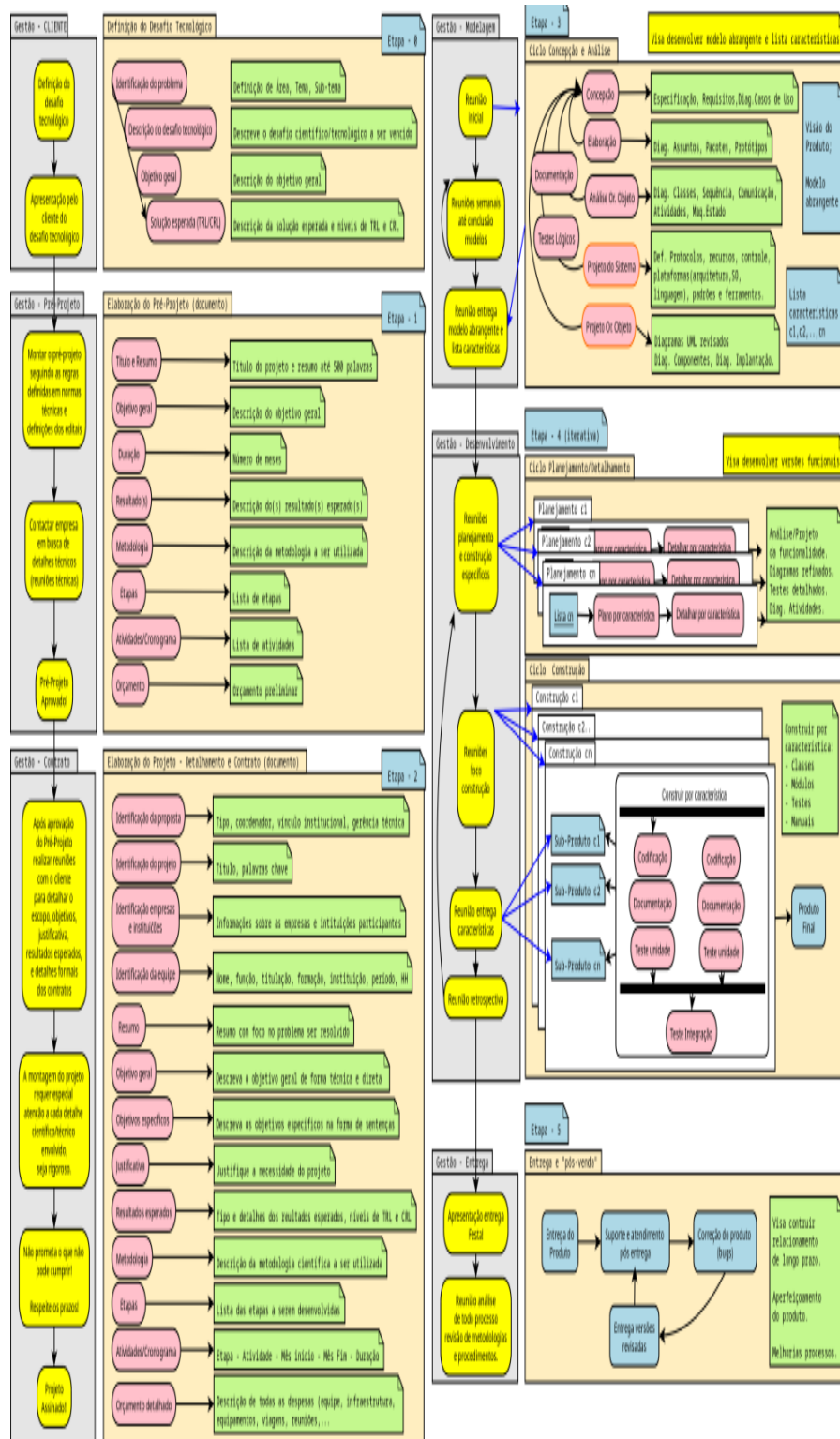


Figura 1.1: Metodologia utilizada no desenvolvimento do sistema 1: Desafio, pré-projeto e projeto

Capítulo 2

Etapas, Cronograma e Orçamento Preliminar

Neste capítulo temos a lista das etapas, cronograma e orçamento.

2.1 Etapas

Esta proposta, caso aprovada, será desenvolvida seguindo as etapas abaixo descritas. Um detalhamento das etapas esta disponível aqui:

- Etapa 0 - Definição do desafio tecnológico
 - Identificação do problema, descrição do desafio tecnológico, objetivo geral e solução esperada (TRL/CRL).
- Etapa 1 - Elaboração do pré-projeto
 - Elaboração da primeira versão do projeto, rascunho inicial (este documento).
- Etapa 2 - Elaboração do projeto - detalhamento e contrato
 - Após aprovação do pré-projeto os alunos detalham o mesmo gerando o projeto. Os dados do pré-projeto podem ser copiados para o projeto, a seguir tudo deve ser detalhado. As etapas associadas devem ser bem definidas. O cronograma deve ser realista. O orçamento deve ser bem realizado.
- Etapa 3 - Modelagem de engenharia:
 - Concepção; Elaboração; Análise Orientada a Objeto; Projeto do Sistema; Projeto Orientado a Objeto.
 - Realização de testes lógicos; Documentação (geração dos documentos de modelagem e diagramas associados).
- Etapa 4 - Ciclos de planejamento, detalhamento e construção/implementação:
 - Detalhamento e construção das "*features*" do software (teremos aqui diversos ciclos de desenvolvimento, a depender a complexidade do sistema a ser desenvolvido).

- Realização de testes de integração e confecção dos manuais do desenvolvedor e do usuário.
- Etapa 5 - Entrega do produto:
 - Verificações finais na documentação e testes.
 - Entrega do produto.

2.2 Cronograma

Apresenta-se a seguir o cronograma de execução do projeto.

- Exemplo considerando produto desenvolvido em 4-6 meses:

| Mês | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|---|---|----|----|----|---|
| Etapa 0 - Definição do desafio tecnológico | X | | | | | |
| Etapa 1 - Elaboração do pré-projeto | X | X | | | | |
| Etapa 2 - Elaboração do projeto - detalhamento e contrato | | X | X | | | |
| Etapa 3 - Modelagem de engenharia | | | X | | | |
| Etapa 4 - Ciclos de planejamento, detalhamento e implementação | | | c1 | c2 | c3 | F |
| Etapa 5 - Entrega do produto (defesa) | | | | | | D |

2.3 Orçamento Preliminar

Este projeto será desenvolvido no âmbito de uma disciplina acadêmica (Introdução ao Projeto de Engenharia) e, como tal, não prevê um orçamento com custos financeiros diretos. Os recursos a ser alocados são:

- Mão de Obra: O desenvolvimento será realizado pela aluna, com uma dedicação estimada de 10 horas semanais ao longo do projeto. Este custo é acadêmico e não financeiro.
- Equipamentos: Será utilizado o computador pessoal da aluna.
- Infraestrutura: Os custos de energia elétrica e acesso à internet da residência da aluna serão absorvidos pela mesma.
- Software: O desenvolvimento utilizará software livre e gratuito (Compilador C++, Gnuplot, Umbrello), não gerando custos de licenciamento.

2.4 Informações Extras Mecanismos Gestão

- Para garantir o bom andamento e a transparência do projeto, serão adotados mecanismos de gestão ágil. O acompanhamento da execução do projeto utilizará a metodologia SCRUM, adaptada para o contexto acadêmico. As atividades, tarefas e pendências do projeto serão hospedadas e gerenciadas em um quadro de projeto no GitHub (ou ferramenta equivalente, como o Trello).

Serão realizadas reuniões periódicas de alinhamento e, ao final de cada semestre, será entregue um relatório de progresso com apresentação oral dos resultados alcançados.

Referências Bibliográficas

[Buckley and Leverett, 1942] Buckley, S. E. and Leverett, M. C. (1942). Mechanism of Fluid Displacement in Sands. *Transactions of the AIME*, 146:107–116. 5

Índice Remissivo