

Engenharias, Ciência e Tecnologia 4

Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2019

Luís Fernando Paulista Cotian

(Organizador)

Engenharias, Ciência e Tecnologia

4

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 4 [recurso eletrônico] / Organizador
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-087-2

DOI 10.22533/at.ed.872193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume IV apresenta, em seus 29 capítulos, conhecimentos relacionados a Modelagem, Análise e Simulação relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Programação Matemática, Decisão Multicriterial e Teoria da Decisão e Teoria dos Jogos.

A área temática de Modelagem, Análise e Simulação trata de temas relevantes para a mecanismos que auxiliam na tomada de decisão, desde a modelagem e simulação até a análise dos resultados envolvendo assuntos relacionados a engenharia. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Modelagem, Análise e Simulação e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A UTILIZAÇÃO DE UM SOFTWARE PARA O DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA	
<i>Douglas Freitas Augusto dos Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931011	
CAPÍTULO 2	11
ALGORITMOS EVOLUTIVOS APLICADOS A OTIMIZAÇÃO OFF-LINE DE UM MAPA COGNITIVO FUZZY DE UM MISTURADOR INDUSTRIAL	
<i>Márcio Mendonça</i>	
<i>Edson Hideki Koroishi</i>	
<i>Lillyane Rodrigues Cintra</i>	
<i>Lucas Botoni de Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931012	
CAPÍTULO 3	19
APLICAÇÕES MATEMÁTICAS EM MEDIDAS AGRÁRIAS: UM CONHECIMENTO ETNOMATEMÁTICO DO HOMEM DO CAMPO CONTEXTUALIZADO COM O CONTEÚDO ESCOLAR	
<i>Deonísio Hul</i>	
<i>Silton José Dziadzio</i>	
<i>Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931013	
CAPÍTULO 4	34
AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA CONEXÃO DE UMA UNIDADE GERADORA DISTRIBUÍDA A UM ALIMENTADOR DE 13,8 KV UTILIZANDO O ATP	
<i>Jaqueline Oliveira Rezende</i>	
<i>Larissa Marques Peres</i>	
<i>Geraldo Caixeta Guimarães</i>	
<i>Marcelo Lynce Ribeiro Chaves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931014	
CAPÍTULO 5	46
CÁLCULO FRACIONÁRIO APLICADO À GENERALIZAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DE BAGAÇO DE UVA	
<i>Amanda Peruzzo da Motta</i>	
<i>Bruna de Souza Nascimento</i>	
<i>Fernanda Batista de Souza</i>	
<i>Douglas Junior Nicolin</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931015	
CAPÍTULO 6	57
CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO TÉRMICA DO BAGAÇO DE CANA	
<i>Edvan Vinícius Gonçalves</i>	
<i>Wardleison Martins Moreira</i>	
<i>Emanuel Souza Barros</i>	
<i>Sérgio Inácio Gomes</i>	
<i>Marcos de Souza</i>	
<i>Luiz Mario de Matos Jorge</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931016	

CAPÍTULO 7 67

CONTAGEM AUTOMÁTICA DE OVOS DO Aedes Aegypti em palhetas de ovitrampas: um sistema para aquisição e processamento de imagens

Carlos Diego Franco da Rocha
Ayla Márcia Cordeiro Bizerra
Demétrios Araújo Magalhães Coutinho
Luiz Fernando Virginio da Silva
Michel Santana de Deus
Phablo Márcio de Paiva Souto

DOI 10.22533/at.ed.8721931017

CAPÍTULO 8 75

Controlador fuzzy Mamdani aplicado à navegação autônoma em ambiente desconhecido variante no tempo

Eduardo Vilela Pierangeli
Jordann Alessander Rosa Almeida
Marcelo Vilela Pierangeli

DOI 10.22533/at.ed.8721931018

CAPÍTULO 9 82

Controle robusto aplicado em uma viga de material compósito visando atenuação de vibrações

Camila Albertin Xavier da Silva
Daniel Almeida Colombo
Edson Hideki Koroishi
Albert Willian Faria

DOI 10.22533/at.ed.8721931019

CAPÍTULO 10 96

Estratégias heurísticas para posicionamento de unidades de medição fasorial

Marcio André Ribeiro Guimaraens
Julio Cesar Stacchini de Souza
Milton Brown Do Coutto Filho
Breno Crespo Zeba

DOI 10.22533/at.ed.87219310110

CAPÍTULO 11 109

Estudo de caracterização e desenvolvimento da urbanização do município de Sousa-PB no período de 1984 a 2016

Márcia de Lacerda Santos
Thayse Bezerra da Silva
Maria Raiana Almeida Silva
Danielle Leal Barros Gomes

DOI 10.22533/at.ed.87219310111

CAPÍTULO 12 116

Flambagem linear e não-linear utilizando uma análise numérica pelo método dos elementos finitos

Rodrigo Villaca Santos
Leticia Barizon Col Debella

DOI 10.22533/at.ed.87219310112

CAPÍTULO 13..... 121

GEOLOGIA DA SERRA DO CARAÇA: PERFIS REAIS

Carolina Cristiano Barbosa
Ariadne Duarte Libutti Nuñez
Adriane Abreu Cadar
Alexandre Motta Tunes
Bárbara Alves Oliveira
Ulisses Cyrino Penha

DOI 10.22533/at.ed.87219310113

CAPÍTULO 14..... 132

GERENCIAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO: PREVISÃO DE COMPORTAMENTO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Josué Domingos da Silva Neto
Débora Cristina Almeida de Assis
Nayra Vicente Sousa da Silva
Zenilda Vieira Batista

DOI 10.22533/at.ed.87219310114

CAPÍTULO 15..... 143

INFLUÊNCIA DA INÉRCIA A TORÇÃO NO MOMENTO FLETOR DE PLACAS MACIÇAS DE CONCRETO

Leticia Barizon Col Debella
Rodrigo Villaca Santos

DOI 10.22533/at.ed.87219310115

CAPÍTULO 16..... 149

METODOLOGIA DE CONTROLE PREVENTIVO BASEADA EM ÁRVORE DE DECISÃO PARA A MELHORIA DA SEGURANÇA ESTÁTICA E DINÂMICA DO SISTEMA INTERLIGADO DA ELETRONORTE

Ubiratan Holanda Bezerra
João Paulo Abreu Vieira
Werboston Douglas de Oliveira
Daniel Augusto Martins
Dione José Abreu Vieira
Bernard Carvalho Bernardes
Benedito das Graças Duarte Rodrigues
Vilson Castro

DOI 10.22533/at.ed.87219310116

CAPÍTULO 17 166

O WATSON DA IBM

Eduardo Bruno de Almeida Donato
Amanda Moura Camilo

DOI 10.22533/at.ed.87219310117

CAPÍTULO 18..... 173

PROTÓTIPO DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE A PARTIR DA LEI DE DARCY

Guilherme Medina Cameu
Victor Araujo Figueredo Fischer
Wataru Iwamoto
Rômulo Henrique Batista de Farias

DOI 10.22533/at.ed.87219310118

CAPÍTULO 19 178

SIMULADOS ELETRÔNICOS DO PROCESSO SELETIVO DO IFPR: INSTRUMENTO DE DIVULGAÇÃO E DEMOCRATIZAÇÃO DO ENSINO

João Henrique Berssanette
Antonio Carlos de Francisco
Fabiane Ferreira
Maria Fernanda Müller Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.87219310119

CAPÍTULO 20 188

SOLARIZAÇÃO DO SOLO E BIOFUMIGAÇÃO NA VIABILIDADE DE SCLEROTIUM ROLFSSII

João Luiz Lopes Monteiro Neto
Roberto Tadashi Sakazaki
Raphael Henrique da Silva Siqueira
Carlos Abanto-Rodríguez
Sonicley da Silva Maia
Rannyonara Oliveira Rodrigues
Lucas Aristeu Anghinoni dos Santos
Beatriz Sayuri Campaner Sakazaki

DOI 10.22533/at.ed.87219310120

CAPÍTULO 21 194

SYNOPTERO: RECONSTRUINDO O MUNDO TRIDIMENSIONAL A PARTIR DO BIDIMENSIONAL

Lucas Maquedano da Silva
Marcos Cesar Danhoni Neves
Fernanda Tiemi Karia
Gabriel Francischini de Oliveira
Leandro Moraes Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.87219310121

CAPÍTULO 22 202

TENDÊNCIAS CLIMATOLÓGICAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL

Lucas Rosa de Almeida
Marcelo Vieira-Filho
Sílvia Yanagi
Marcelo Ribeiro Viola

DOI 10.22533/at.ed.87219310122

CAPÍTULO 23 217

TEORIA NA PRÁTICA: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DAS PRINCIPAIS PARTIDAS DA MÁQUINA DE INDUÇÃO

Murilo Miceno Frigo
Paulo Irineu Koltermann

DOI 10.22533/at.ed.87219310123

CAPÍTULO 24 229

UM ALGORITMO ITERATED LOCAL SEARCH PARA O STABLE MATCHING PROBLEM APLICADO AO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE ALUNOS NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO

Robson Vieira de Oliveira
Matheus Correia Teixeira
Marco Antonio Bonelli Junior

DOI 10.22533/at.ed.87219310124

CAPÍTULO 25 242

USO DE IMAGENS SENTINEL - 2A E O ALGORITMO SVM PARA MONITORAR AS APP DE NASCENTES E CURSOS D'AGUA DO RIBEIRÃO MARANHÃO, LAVRAS, MG

Ester Afonso
Katyanne Conceição
Beatriz Campos
Franklin Inácio
Margarete Volpato
Helena Alves

DOI 10.22533/at.ed.87219310125

CAPÍTULO 26 249

UTILIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO DIFERENCIAL EM PROBLEMAS INVERSOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE UMA VIGA EULER-BERNOULLI

Rennan Otavio Kanashiro
Edson Hideki Koroishi
Fabian Andres Lara-Molina

DOI 10.22533/at.ed.87219310126

CAPÍTULO 27 258

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA

Eduardo Hélio de Novais Miranda
Rodrigo Allan Pereira
Francisco Carlos Gomes
Roberto Alves Braga Junior
Fernando Pujaico Rivera
Lucas Henrique Pedrozo Abreu

DOI 10.22533/at.ed.87219310127

CAPÍTULO 28 264

UTILIZAÇÃO DO SENSOR PT100 NO ARDUINO PARA CAPTAÇÃO DA TMR

Mariana Espíndola Vieira
Helena Dufau
Christian Muller
Anderson Ferrugem
Antonio Silva
Rafael Soares

DOI 10.22533/at.ed.87219310128

CAPÍTULO 29 269

DINÂMICA DE ESCOAMENTOS PARTICULADOS EM DUTOS VERTICAIS

Diego Nei Venturi
Francisco José De Souza

DOI 10.22533/at.ed.87219310129

SOBRE O ORGANIZADOR 280

GERENCIAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO: PREVISÃO DE COMPORTAMENTO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Josué Domingos da Silva Neto

Universidade Federal de Alagoas, Centro de
Tecnologia
Maceió-Al

Débora Cristina Almeida de Assis

Universidade Federal de Alagoas, Centro de
Tecnologia
Maceió-Al

Nayra Vicente Sousa da Silva

Universidade Federal de Alagoas, Centro de
Tecnologia
Maceió-Al

Zenilda Vieira Batista

Universidade Federal de Alagoas, Centro de
Tecnologia
Maceió-Al

RESUMO: Por ser uma fonte de energia não renovável e devido às reservas de petróleo mundiais se tornarem cada vez mais escassas, a indústria de petróleo e gás tem como desafio aumentar a taxa de recuperação de petróleo em poços já existentes. Devido às dificuldades físicas, operacionais e econômicas, a exploração de reservatórios é uma atividade complexa, portanto é imprescindível a utilização de técnicas que visem tornar a produção rentável. Uma das técnicas mais utilizadas é o Gerenciamento de Reservatórios, que visa auxiliar o desenvolvimento, manutenção

da produção e posterior revitalização de um reservatório. A simulação numérica funciona como uma ferramenta de gerenciamento e previsão de comportamento de reservatórios de hidrocarbonetos no intuito de aperfeiçoar a produção e auxiliar no planejamento e tomada de decisões. É através desta ferramenta que é possível visualizar de antemão diferentes aspectos técnicos, como a alocação de poços que resultará na melhor produção, além de prever e corrigir possíveis percalços, como a redução do declínio da produção. Este trabalho utiliza das técnicas supracitadas para simulação do reservatório de óleo do campo de Urucu/AM utilizando injeção de água dispendo do simulador *Griffin*. Pertencente à Bacia do Solimões, o reservatório de Urucu é um dos mais importantes reservatórios produtores de hidrocarbonetos em terra do Brasil, seu óleo é de alta qualidade, sendo o mais leve a ser processado nas refinarias do país (SOBRINHO, 2007). O trabalho sugere a escolha do modelo *five-spot* com pressão de injeção de 16 MPa para produção devido a melhor eficiência de varrido.

PALAVRAS-CHAVE: Reservatório; Gerenciamento; Simulação Numérica; Produção de petróleo.

ABSTRACT: As it is a non-renewable source of energy, oil reserves in the world becomes

increasingly scarce, the oil and gas industry have the challenge of increasing the rate of oil recovery in existing wells. Due to the physical, operational and economic difficulties, the exploitation of reservoirs is a complex activity, therefore it is essential to use techniques that aim to make production profitable. One of the most used techniques is the Reservoir Management, which aims to assist the development, maintenance of production and later revitalization of a reservoir. Numerical simulation acts as a tool for the management and prediction of the behavior of hydrocarbon reservoirs in order to improve production and assist in planning and decision making. It is through Reservoir Management that it is possible to visualize beforehand different technical aspects, such as the allocation of wells that will result in the best production, besides predicting and correcting possible mishaps, such as the reduction of the production decline. This work uses those techniques for simulating the oil reservoir of the Urucu field with water injection using the Griffin simulator. The Urucu reservoir is part of the Solimões Basin, and it is one of the most important onshore reservoirs in Brazil, its oil is of the highest quality, being the lightest one to be processed in the country's refineries (SOBRINHO, 2007). This work suggests the use of the five-spot model with injection pressure of 16 MPa due to better sweep efficiency.

KEYWORDS: Reservoirs Management; Numeric simulation; Oil production.

1 | INTRODUÇÃO

O gerenciamento de reservatório é um processo que visa à maximização do valor do ativo das reservas de hidrocarboneto (AL-HUSSAINY, R. & HUMPHREYS, 1995). As técnicas de gerenciamento de reservatórios vêm do intuito de reverter resultados negativos, tanto operacionais quanto financeiros, bem como para majorar resultados.

A atividade de planejamento de um gerenciamento de reservatório faz parte de um macroprocesso que abrange todas as etapas pertencentes ao ciclo de vida de um campo de petróleo. Uma das principais tarefas da Engenharia de Reservatório é a elaboração de estratégias de gerenciamento em campos produtores com o objetivo de contribuir para obter boas perspectivas de produção, considerando as restrições físicas, operacionais e econômicas (MEZZOMO, 2001; KLEIN, 2002).

Para o desenvolvimento do gerenciamento de reservatórios é necessário estudar a configuração geológica do reservatório (litologia, elementos estruturais, as propriedades físicas das rochas e dos fluidos, entre outros), definir as estratégias de produção, número de poços injetores, produtores, número de zonas completadas e estimativa dos volumes recuperados), pressões de injeção e aplicação de técnica de recuperação suplementar. Assim, o conhecimento integrado destas informações é fundamental para auxiliar a tomada de decisão, avaliando a viabilidade ou não de um projeto de produção. (MELO, 2004; THOMAS, 2004; ROSA *et al.*, 2006; CUNHA, 2010). Segundo Marsili (2008), a justificativa para aplicar possíveis técnicas de recuperação suplementar é que cerca 90% (óleo pesado) e 80% (óleo leve) do volume *in place*

permanecem no interior dos reservatórios.

O método de injeção de água é um dos métodos de recuperação mais utilizados no mundo (PIZARRO, 2002). Esta água serve tanto para ajudar a manter a pressão no reservatório quanto auxiliar no deslocamento do óleo na direção dos poços produtores.

A simulação computacional aplicada na Engenharia de Reservatórios auxilia no entendimento da geologia da rocha-reservatório, do escoamento de fluidos; elaborando modelagens e simulando o comportamento dos fluidos no meio poroso. Estes permitem através de equações matemáticas, com adequadas condições iniciais e de contorno, reproduzirem os processos físicos (AZIZ *et al.*, 2005) que ocorrem dentro do reservatório durante a produção de hidrocarbonetos. A simulação de reservatório visa a maximização da produção e da lucratividade de campos de petróleo e minimiza os riscos de produção. No presente trabalho, o reservatório estudado é a província do Urucu (Figura 1), que faz parte da Bacia do Solimões, uma bacia paleozoica localizada na Região Norte do Brasil, no estado do Amazonas.

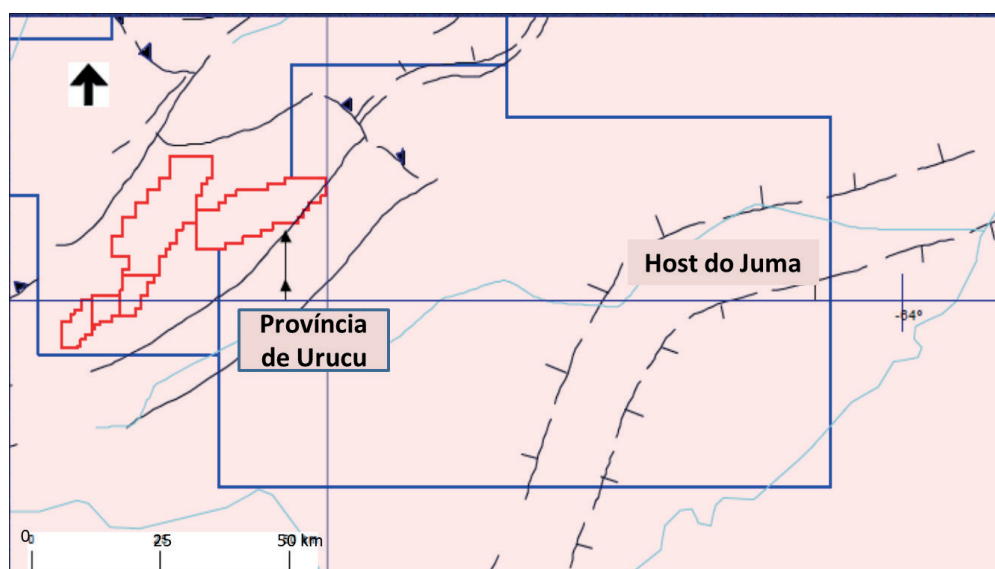


Figura 1 – Bloco do Solimões - Província do URUCU/AM.

Fonte: Adaptado de ANP (2001).

Tal bacia estende-se por uma área de 600.000 km² e possui nove campos exploratórios, sendo quatro na província gaseífera de Juruá e cinco na província oleífera do Urucu (ELIAS, 2004). A província do Urucu tem reservas de aproximadamente 105 milhões de m³ de óleo e 105 bilhões de m³ de gás (ANP, 2001). A região do Urucu é formada por evaporitos e carbonatos que são marcos que separam as diversas zonas de produção e reservatórios, agindo como traçamentos estratigráficos de petróleo e como selantes. As principais rochas reservatórias do sistema são os arenitos carboníferos, que tem até 50 metros de espessura, apresentando porosidades que variam de 9-28% e permeabilidades que variam entre 320-350mD (BARATA & CAPUTO, 2007).

2 | METODOLOGIA EXECUTADA

O primeiro passo do trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica com o propósito de adquirir informações da província petrolífera do Urucu, recuperação de hidrocarbonetos, injeção de água e simulação numérica como ferramenta de gerenciamento de reservatórios. O passo seguinte consistiu em identificar e estudar a província de Urucu com ênfase nas características geológicas e estruturais da bacia, propriedades das rochas e dos fluidos nela contidos.

Em seguida foi estudado o simulador de fluxo *Griffin*, este foi desenvolvido no Laboratório de Simulação Numérica em Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor da Universidade Federal de Santa Catarina (SINMEC/UFSC). O modelo numérico inserido no programa, método dos volumes finitos baseado em elementos (EbFVM), utiliza um algoritmo de solução baseado no método *Implicit Pressure, Explicit Saturation* (IMPES) (GRIFFIN, 2008). O modelo considera deslocamento bifásico (água/óleo) imiscível e incompressível e o reservatório homogêneo e anisotrópico.

Com base nos dados coletados na revisão da literatura sobre a província petrolífera pode-se construir um modelo geológico/geométrico no simulador *Griffin*. O modelo consiste numa representação areal do reservatório real, composta por contorno e falhas. A Figura 2(a) mostra o contorno do campo inserido numa imagem real com escala e a Figura 2(b) mostra o modelo com o contorno, falhas geológicas e os poços.

A partir das definições geométricas foi gerada a malha não-estruturada de elementos triangulares, discretizando o modelo. Nesta fase foram alocados os poços e inseridas as propriedades físicas. Como o intuito da primeira malha era construir uma representação do reservatório produtor utilizou-se uma alocação aleatória de poços, mas com valores reais de porosidade, permeabilidade, viscosidade da água e do óleo e saturação de água.

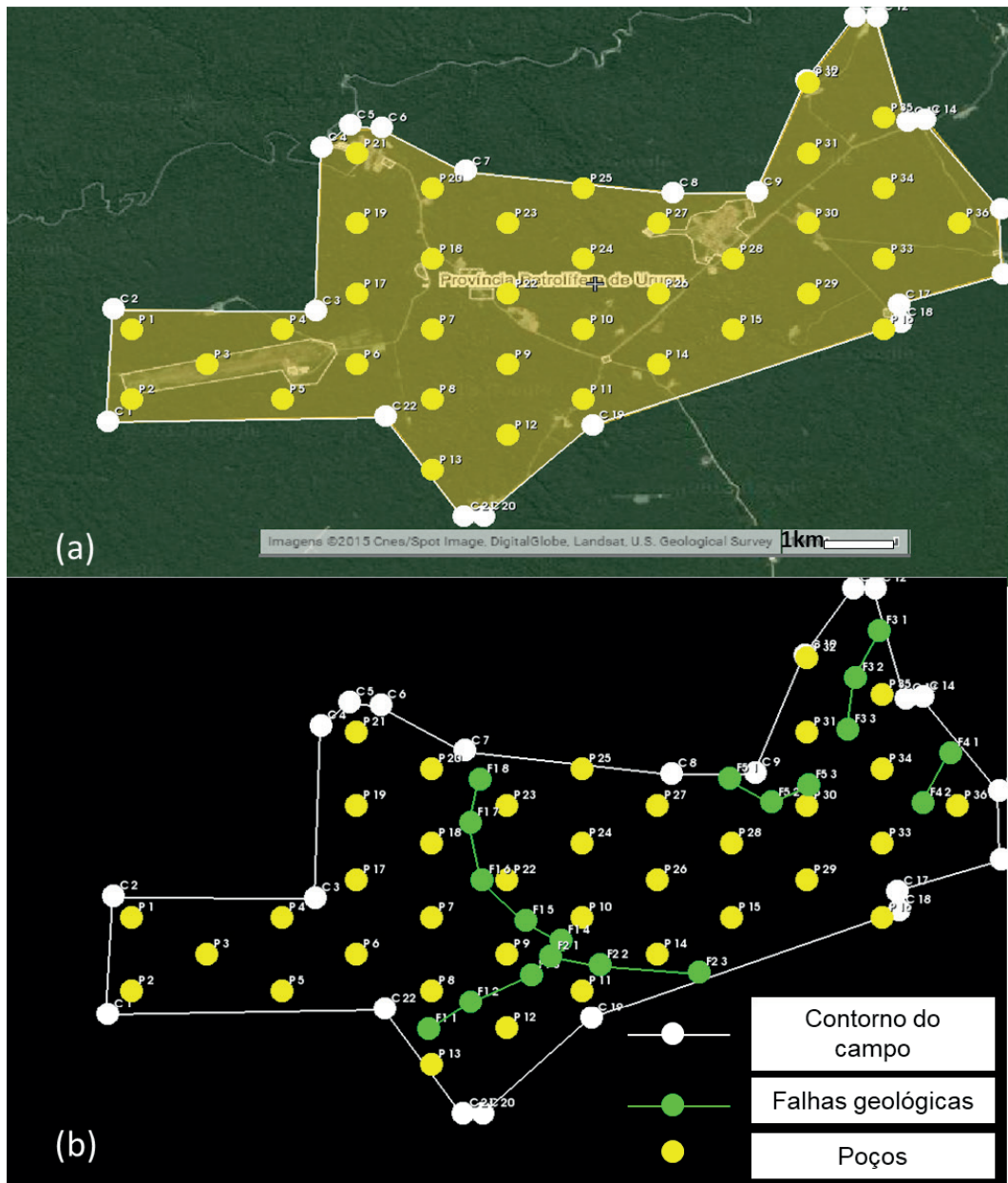


Figura 2– (a) Contorno do campo; (b) Representação do contorno do campo, falhas geológicas e poços.

Fonte: Autor.

Em seguida, iniciou-se o processo de ajuste do modelo, isto é, utilizou-se formatos consolidados de alocação de poço, como *five-spot* e *five-spot* invertido, com o objetivo de verificar qual esquema teria o melhor resultado para produção acumulada. O esquema *five-spot* consiste em um poço produtor cercado de quatro poços injetores equidistantes, já o esquema *five-spot* invertido conta com um poço injetor cercado de 4 poços produtores. Foram alocados 36 poços (Figura 3) sendo 19 injetores e 17 produtores. Na última etapa da simulação foi realizada uma análise de sensibilidade dos parâmetros operacionais e seu impacto na produção.

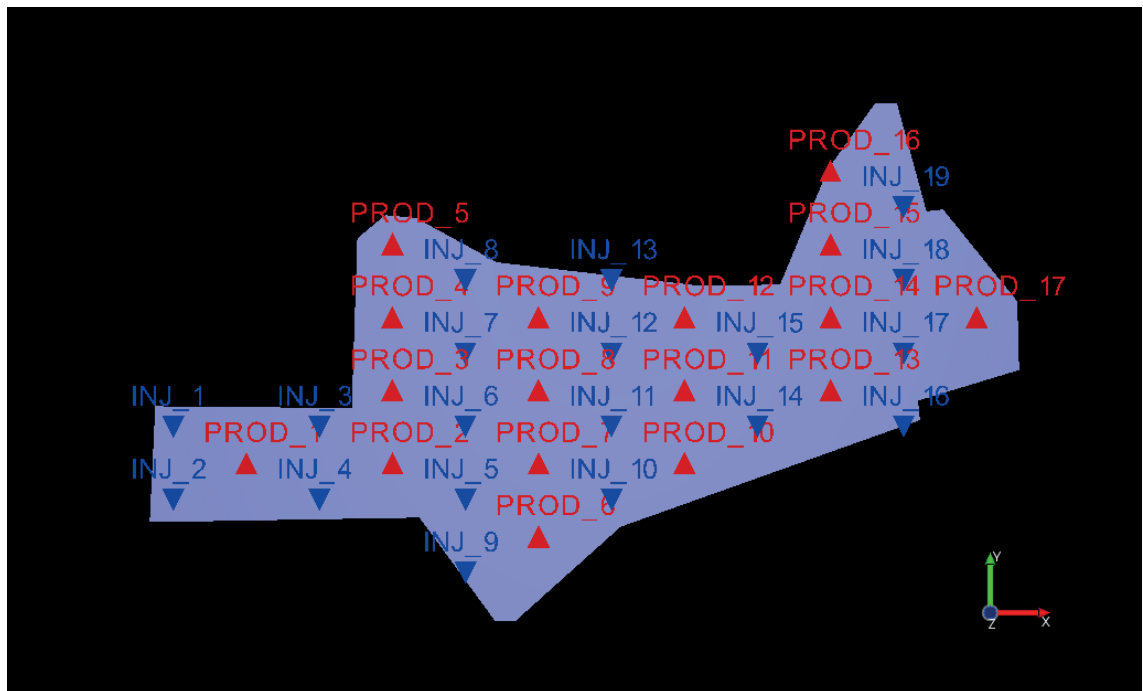


Figura 3 – Distribuição de poços injetores e produtores.

Fonte: Autor

3 | RESULTADOS

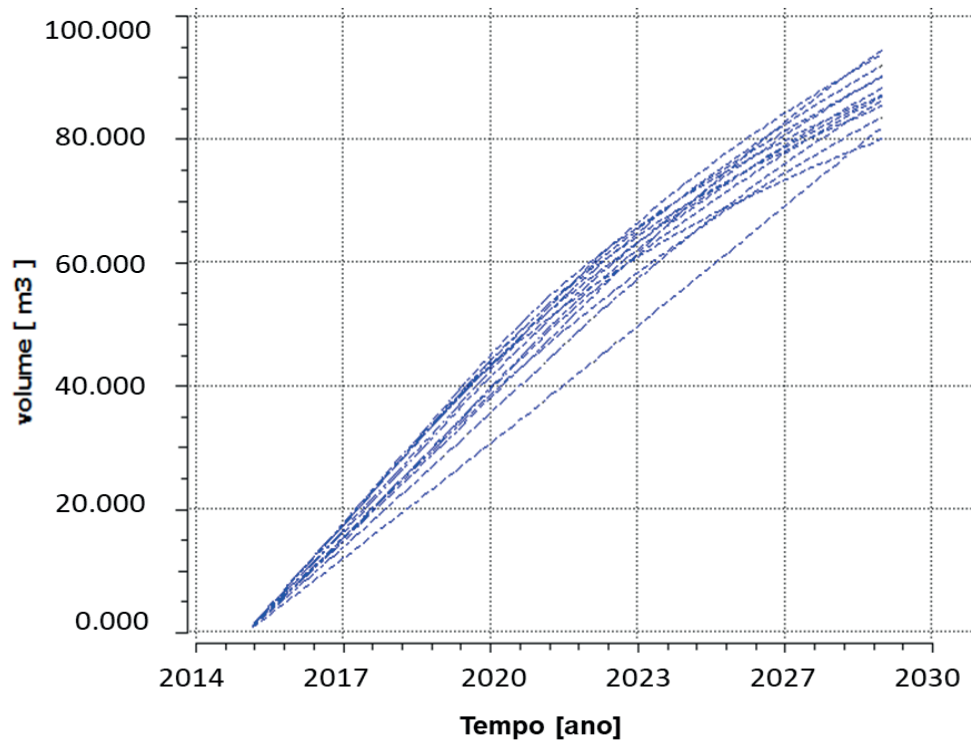
Neste trabalho foi realizada uma análise de sensibilidade dos parâmetros operacionais como a pressão tanto do poço produtor como injetor de forma a encontrar o melhor resultado para a recuperação de hidrocarbonetos.

A malha de elementos triangulares gerada conta com 90.686 elementos e 46.334 nós. As propriedades físicas utilizadas estão descritas na Tabela 1.

Propriedades	Valor
Porosidade	19%
Permeabilidade	350mD
Saturação de água inicial	20%

Tabela 1 – Propriedades do reservatório.

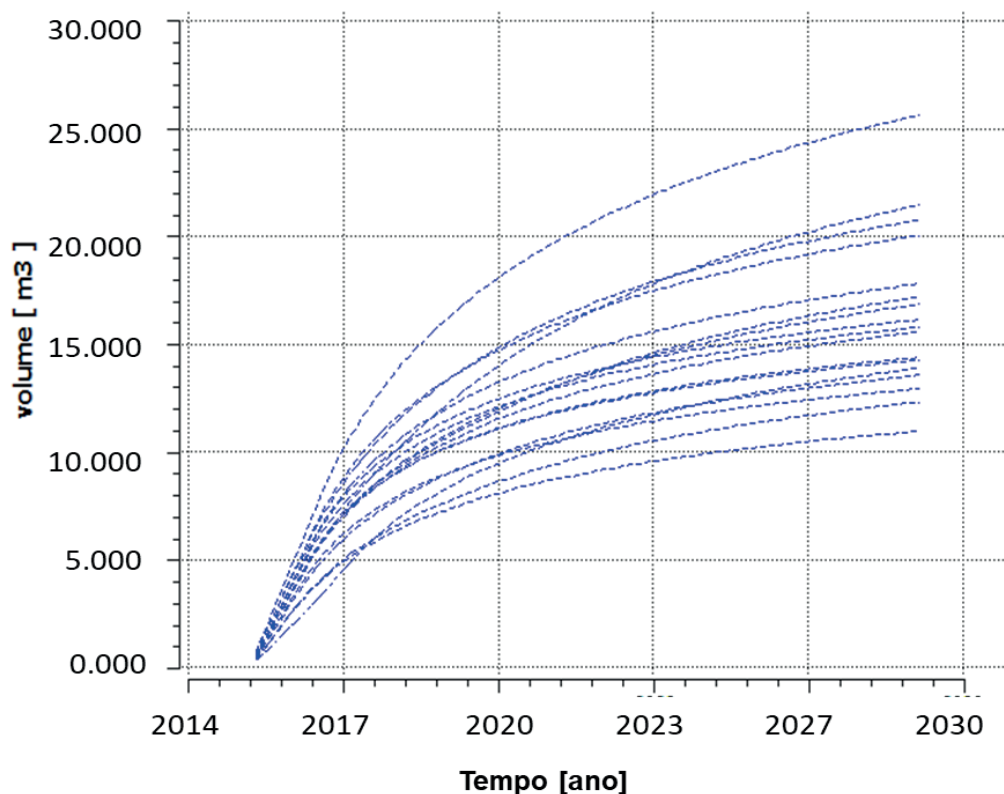
Foram utilizados dois cenários de injeção com pressões de 10 MPa e 16 MPa para os dois modelos de injeção analisados. A Figura 3 mostra a produção acumulada de petróleo para todos os poços produtores, para o esquema *five-spot* com pressão de injeção de 10MPa, após um período de simulação de cerca de 13 anos (5.000 dias).



(a) Five spot

Figura 3 – Produção acumulada de óleo para o esquema *five-spot* ($P=10\text{MPa}$).

Na Figura 4 estão traçadas as curvas de produção acumuladas dos poços produtores para o esquema de injeção *five-spot* invertido, com pressão de injeção de 10MPa, após um período de simulação de cerca de 13 anos (5.000 dias).



(b)Five spot invertido

Figura 4 – Produção acumulada de óleo para o esquema *five-spot* invertido($P=10\text{Mpa}$).

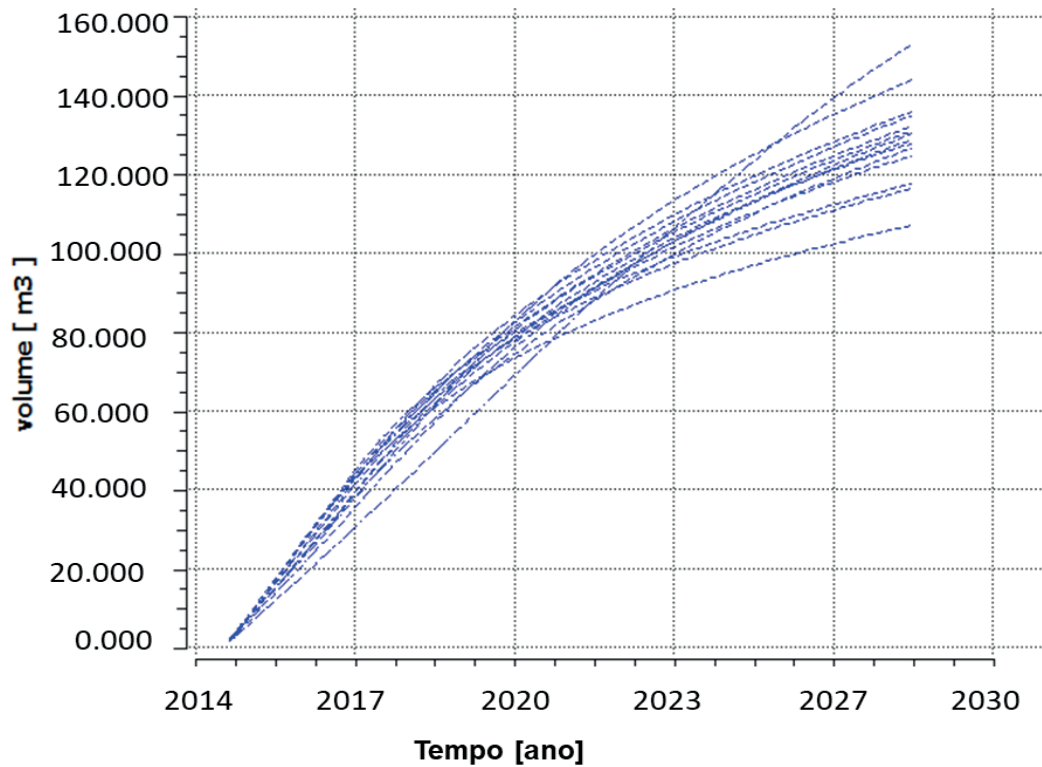
O resultado do esquema *five-spot* foi bastante superior ao resultado do esquema *five-spot* invertido. Os poços que obtiveram melhor resultado, e suas respectivas produções acumuladas, podem ser vistos na Tabela 2.

Five-Spot		Five-Spot Invertido	
Poço	Produção Acumulada (m ³)	Poço	Produção Acumulada (m ³)
3	94.897	1	25.779
6	93.201	2	21.010
26	91.823	28	23.661

Tabela 2 – Poços com melhor produção acumulada de óleo com pressão de injeção de 10 MPa.

Os poços do esquema *five-spot* citados na Tabela 1, acima, tiveram melhor resultado por estarem distantes das falhas; uma vez que o simulador as considera apenas como barreiras ao fluxo, os poços localizados próximos das falhas começaram a produzir água muito cedo, o que diminuiu a vazão de óleo. Já para o esquema *five-spot* invertido o fato de haver menos poços injetores dificultou a eficiência de varrido do reservatório.

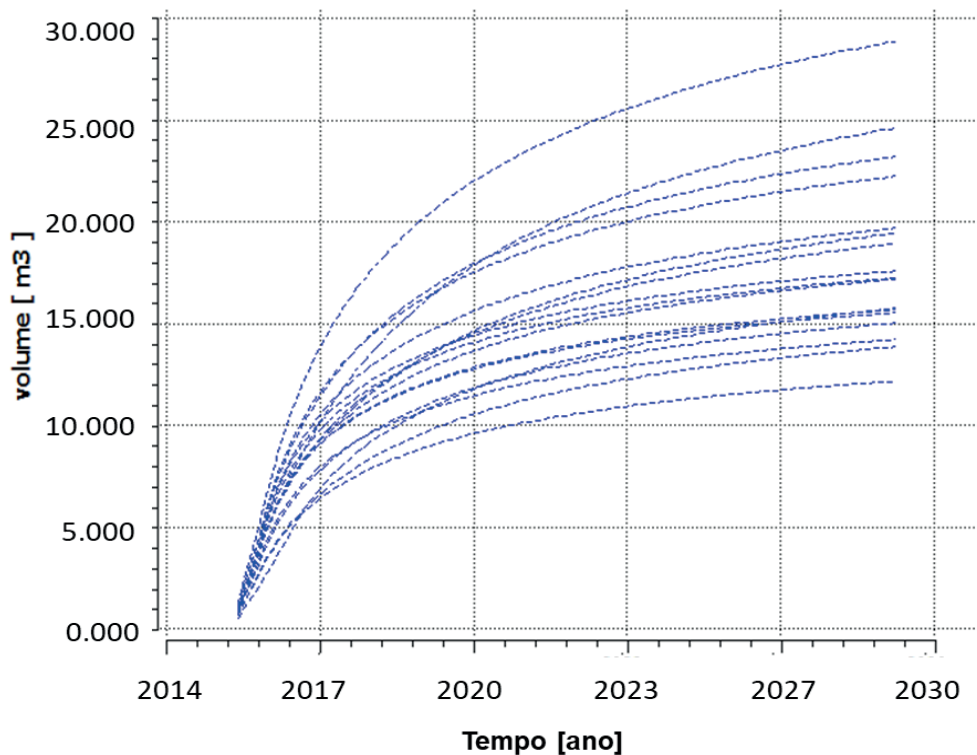
As Figuras 5 e 6 apresentam a produção acumulada de óleo ao alterar a pressão de injeção, de 10 MPa para 16 MPa, para os esquemas *five-spot* e *five-spot* invertido, respectivamente.



(a) Five spot

Figura 5 – Produção acumulada de óleo para o esquema *five-spot* ($P=16\text{Mpa}$).

O tempo de produção do campo foi determinado após observação de várias hipóteses diferentes. Com a alteração da pressão de injeção notamos que há incremento na produção de todos os poços. O primeiro esquema tem um incremento de 57%, em média, enquanto que para o esquema *five-spot* invertido teve um incremento de 6,87%.



(b) Five spot invertido

Figura 7– Produção acumulada de óleo para o esquema *five-spot* invertido (P=16Mpa).

A Tabela 3 mostra os poços que tiveram o melhor resultado após a alteração da pressão de injeção.

Five-Spot		Five-Spot Invertido	
Poço	Produção Acumulada (m ³)	Poço	Produção Acumulada (m ³)
3	154.323	1	29.010
6	144.087	2	24.878
26	135.322	28	23.245

Tabela 3 – Poços com melhor produção acumulada de óleo com pressão de injeção 16 MPa.

4 | CONCLUSÕES

De modo geral, concluiu-se que o modelo de reservatório utilizado e as simulações realizadas permitiram fazer uma análise inicial do modelo de reservatório e avaliar diferentes alternativas de gerenciamento. A análise dos resultados indica que a presença de falhas que funcionam como barreira ao fluxo influenciou na eficiência do varrido do reservatório. Face ao exposto, o provável modelo a ser escolhido para produção neste campo deveria ser o *five-spot* com pressão de injeção de 16 Mpa, visto que apresentou uma melhor eficiência na produção.

REFERÊNCIAS

AL-HUSSAINY, R. & HUMPHREYS, N.; **Reservoir Management: an Overview**; SPE 30144; SPE PetroVietnã 95; Ho Chi Minh City, Vietnam, 1995.

ANP, **Relatório da Quarta Rodada de Licitações da Bacia do Solimões**, Agência Nacional do Petróleo, 2001.

AZIZ, K.; DURLOFISK, L.; TCHELEPI, H.; THIELE, M.; KARIMIO-FARD. M. **Notes Petroleum Reservoir Simulation**. California: Department of Energy Resources Engineering School of Earth Science. Stanford University (Petroleum Engineering), 2007.

BARATA, C. F. & CAPUTO, M. V. **Geologia do petróleo da Bacia do Solimões: O “Estado da Arte,”** 4th Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, Campinas, São Paulo, 2007.

CUNHA, J. C. C. DA, **Propagação de Incertezas na Exploração e Produção de Petróleo: Abordagens com o uso do Método do Caos Polinomial e da Colocação Estocástica**. Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

ELIAS, A. R. D. **Padrões Diagenéticos em Arenitos de Sistemas de Sabkha Costeiros-Eólicos: Um Estudo Comparativo dos Reservatórios Juruá da Área de Urucu, Bacia do Solimões, AM**. Instituto de Geociências, Porto Alegre/RS, 2004.

GRIFFIN, **Manual Teórico**. Laboratório de Simulação Numérica em Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

KLEIN, G., **Gerenciamento de Reservatório de Petróleo**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Financiadora de Estudos e Projetos. 2002.

MARSILI, M. D. **Otimização de Projetos de Recuperação Suplementar para Campos de Alto Grau de Exploração**. In: Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, Brasil, set., 2008.

MELO, L. C. de, **Modelagem da Evolução e Projeção de Óleo Recuperável Acumulado: Metodologia e Aplicação**. Tese. COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

MEZZOMO, C. C. **Otimização de Estratégias de Recuperação para Campos de Petróleo**. Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2001.

PIZARRO, J. O. S. **Fundamentos da Engenharia de Reservatórios**. Rio de Janeiro: PUC, 2002.

SOBRINHO, M. C. M. **Respostas MT de Soleiras de Diabásio da Província Petrolífera de São Mateus (SOLIMÕES/AM)**. Faculdade de Geofísica da Universidade Federal do Pará, 2007.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-087-2

