

PLANO DE TRABALHO

1. Dados institucionais

Convenente:

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Avenida Fernando Ferrari 514; Vitória, Espírito Santo; CEP: 29075-910

CNPJ: 32.479.123/0001-43

Representante legal: Reitor - Prof. Dr. Reinaldo Centoducatte

Telefone: (27) 4009 2212; e-mail: reitor@reitoria.ufes.br

Proponente:

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Avenida Fernando Ferrari 514; Vitória, Espírito Santo; CEP: 29075-910

CNPJ: 32.479.123/0001-43

Representante legal: Reitor - Prof. Dr. Reinaldo Centoducatte

Telefone: (27) 4009 2212; e-mail: reitor@reitoria.ufes.br

Instituição Executora:

Departamento de Engenharias e Computação (DECOM) do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES).

Avenida Fernando Ferrari 514; Vitória, Espírito Santo; CEP: 29075-910

CNPJ: 32.479.123/0001-43

Representante legal: Reitor - prof. Dr. Reinaldo Centoducatte

Telefone: (27) 4009 2212; e-mail: reitor@reitoria.ufes.br

Coordenador: prof. Dr. Fabio de Assis Ressel Pereira

CPF: 853.967.966-34

Telefone: (27) 3312 1573; e-mail: fabio.ressel@ceunes.ufes.br

2. Dados do projeto

Título: “Modelagem e Simulação do Efeito Eletro-Magnético na Mitigação da Incrustação Carbonática.”

Programa: Rede Temática de Engenharia de Poços

Tipo de despesa: 8.1.3.a Despesas em P&D contratadas junto às instituições de pesquisa e desenvolvimento credenciadas: pesquisa básica, aplicada, desenvolvimento experimental.

Prazo de Execução: 24 meses.

3. Objetivos

O escopo deste o estudo é modelar e simular, empregando técnicas de dinâmica de fluidos computacional (CFD), o comportamento dinâmico da incrustação carbonática em dutos, avaliando as principais variáveis que influenciam no processo de precipitação e incrustação, como por exemplo: os efeitos de difusão e de dispersão turbulenta no escoamento, as condições de saturação e supersaturação no equilíbrio químico, os fenômenos de nucleação primária e secundária, além de efeitos externos ao fenômeno como gradientes de pressão e temperatura e a influência de campos eletro-magnéticos induzidos. Dessa forma com uma ampla compreensão do fenômeno de incrustação carbonática, objetiva-se com este projeto estender os conhecimentos gerados para o cenário operacional, com aplicações na produção de poços de petróleo; para sistemas de bombeamento centrífugo submerso e em trocadores de calor. De forma complementar este projeto ainda visa estimular a cooperação entre Universidade e Empresa; direcionando desta forma os esforços de pesquisa para problemas operacionais da indústria na expectativa de contribuir com o desenvolvimento tecnológico nacional; além de participar no processo de formação de mão de obra especializada no segmento de óleo e gás.

4. Justificativa

O desenvolvimento de unidades em laboratório ou mesmo plantas piloto para reproduzir as condições encontradas em poços é de notória complexidade; não só pelos padrões de escoamento envolvidos, mas também pelas condições de pressão e temperatura muito distintas das condições típicas de laboratório. Neste cenário, a dinâmica de fluidos

computacional passa a representar uma alternativa para complementar os estudos teóricos e experimentais. Usada como ferramenta de investigação, a técnica de CFD apresenta grande versatilidade podendo ser empregada para reproduzir uma ampla faixa de condições, muitas das vezes indisponíveis experimentalmente. Neste sentido o emprego desta técnica acaba servindo como ponto de partida, para o desenvolvimento de estudos científicos, podendo inclusive contribuir no projeto e dimensionamento de unidades experimentais (simplificadas) para a comprovação dos resultados obtidos por modelos físico-químicos.

Problema técnico a ser resolvido

A recente expansão das reservas de hidrocarbonetos no Brasil com o pré-sal, representa o marco de uma nova era no cenário de exploração *offshore*. Estas reservas, predominantemente em formações carbonáticas, trazem consigo novos desafios a serem enfrentados; dentre os quais pode-se destacar a incrustação inorgânica em poços de petróleo. Segundo FRENIER e ZIAUDDIN (2008) o impacto econômico devido a problemas relacionados à incrustação é estimado em 1,4 bilhões de dólares por ano. Sendo as Américas e a região do mar do Norte as que registram as maiores perdas, com respectivos 600 e 400 milhões de dólares anuais.

Não há estudos que quantifiquem de forma específica o impacto da incrustação carbonática, como o trabalho feito na Inglaterra por GRAHAN e MACKAY (2004) que mensuraram o impacto da incrustação, predominantemente por sulfatos de bário e cálcio. Este estudo aponta para uma perda anual de 4 milhões de barris de petróleo. A figura 1 apresenta um exemplo típico da incrustação por sulfato de cálcio, cujo mecanismo de geração é a incompatibilidade entre a água da formação e a água injetada no reservatório.

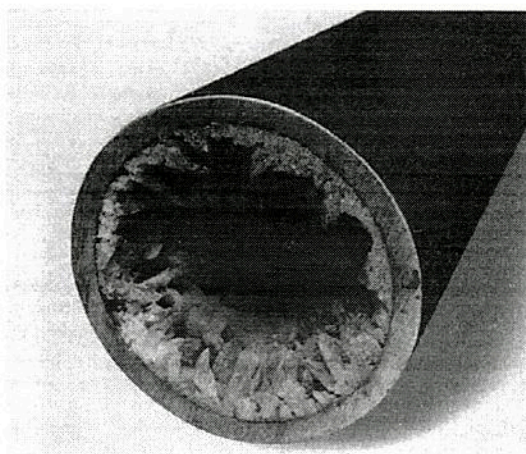
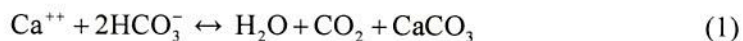


Figura 1: Incrustação por sulfato de cálcio no interior de dutos.

(fonte: FRENIER e ZIAUDDIN)

Em relação à formação de incrustações de origem carbonática o mecanismo de geração segue mais de um padrão. A questão da incompatibilidade entre a água da formação e a água injetada no reservatório é a mais recorrente, contudo o *flashing* ou *autoscaling* é também uma fonte de formação de depósitos carbonáticos. Mas independente do mecanismo de geração, o princípio do fenômeno está no estado de equilíbrio químico da formação com os sais dissolvidos que a compõe. A presença de um poço produtor promove uma alteração neste equilíbrio em decorrência da migração destes sais dissolvidos junto com os fluidos produzidos. Neste processo ocorre uma supersaturação no entorno e no interior do poço; sendo que este aumento nas concentrações dos sais dissolvidos desloca o estado de equilíbrio, representado de forma simplificada na equação 1, com a formação de precipitados de carbonato de cálcio.



A quantidade e intensidade de formação dos cristais ainda podem passar por uma fase de crescimento e aglomeração causando uma redução no diâmetro interno da coluna, promovendo desde uma redução da produção ou até mesmo a total obstrução da linha com a total interrupção da produção, conforme ilustra a figura 2.



Figura 2: Incrustação carbonato de cálcio no interior de dutos.

(fonte: FRENIER e ZIAUDDIN)

Em cenários específicos, pode ocorrer a incrustação carbonática conhecida com *autoscaling*. Neste caso o mecanismo gerador está associado às variações no gradiente de pressão envolvidos no sistema que podem facilitar a liberação de gás carbônico (vide equação 1), alterando de forma significativa o equilíbrio químico, favorecendo a precipitação de carbonato de cálcio. Este efeito pode também ser um dos mecanismos onde a incrustação carbonática também ocorre em sistemas de elevação artificial como em sistemas de bombeamento centrífugo submerso.

Sobre o processo de incrustação carbonática, pode-se ressaltar que o fenômeno é regido principalmente pelo equilíbrio termodinâmico, traduzido na relação entre as concentrações dos sais da formação. Contudo existem outros fatores que podem contribuir tanto para a formação de depósitos carbonáticos quanto para sua dissolução. Dessa forma o bom entendimento do processo como um todo é fundamental para a seleção de técnicas de remoção e inibição, que compõem as estratégias de gerenciamento de incrustação.

Técnicas de remoção e inibição

A incrustação inorgânica por se tratar de um problema que impacta diretamente na produção encontrou a motivação para o desenvolvimento de diversas técnicas para sua remoção, seja de forma mecânica ou química. Em relação à remoção mecânica, segundo TORBIN (1985), as técnicas empregadas na limpeza de trocadores de calor foram aprimoradas para a indústria do petróleo, como por exemplo: *brushing*, *scraping*, *hydro-blasting* e *particle-blasting*; cada qual com sua particularidade associada a um estágio de remoção. Em relação aos mecanismos químicos, encontram-se relatos na literatura sobre o uso intermitente de injeção de ácidos, como no trabalho de GOMES *et al.* (2010) que descreve o uso de derivados de ácido fosfórico como estratégia de controle de incrustação. Esta técnica, especificamente para formações carbonáticas, apresenta vantagem extra de atuar não apenas no interior da coluna de produção, mas também na região no entorno do poço, promovendo uma estimulação localizada, melhorando muitas das vezes a produtividade.

Contudo as técnicas mencionadas anteriormente necessitam de intervenção no poço para sua execução; o que muitas das vezes, em cenários *offshore*, esbarram em limitações não só econômicas, mas também associadas à disponibilidade de infra-estrutura (equipamentos e sondas).

Como alternativa pode-se destacar os métodos de inibição, que majoritariamente empregam o uso contínuo de aditivos químicos para mitigar a formação de precipitados ou mesmo minimizar o seu crescimento e aglomeração. Apesar de eficiente o uso desta técnica enfrenta restrições em relação à viabilidade econômica, dado ao custo dos aditivos e de técnicas especiais de completação para sua aplicação. Métodos alternativos foram reportados por GUPTA *et al.* (2010), com o uso de aditivos de inibição incorporados à formação via fraturamento hidráulico. Com a proposta de liberação gradual do aditivo ao longo da vida útil do poço, esta técnica está associada a uma série de desafios, sendo o principal: a impregnação do aditivo ao propano sem alterar a propriedade de resistência ao confinamento e a permeabilidade ao fluxo.

No início da década de 90, foram identificados os primeiros resultados do uso de campos magnéticos para mitigação da precipitação e incrustação aplicada à indústria do petróleo. Como no trabalho de MADSEN (1995) que reporta o efeito do campo magnético na precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio, avaliando as alterações na nucleação e no crescimento de cristas sob condições laboratoriais (1 atm e 25° C). Na mesma linha, JUDD e BAKER (1996) também ressaltam as alterações na nucleação e consequentemente na taxa de crescimento de cristais, causadas sob efeito de campos magnéticos, onde estes teriam induzido um comportamento hidrofílico, alterando propriedades de superfície, evitando em alguns cenários a incrustação.

Buscando investigar efeitos conjugados, GABRIELLI *et al.* (2001) avaliou não só o efeito magnético na prevenção de incrustação carbonática, mas também investigou o efeito da concentração de sais, a velocidade de escoamento e o material do duto onde ocorreria a precipitação.

TAI e CHANG (2010) realizaram testes experimentais empregando leite fluidizado para analisar o efeito de campos magnéticos no crescimento de aragonita (carbonato de cálcio polimorfo). Pode-se destacar que com o uso de magnetos permanentes e eletroímãs de alto campo o crescimento do precipitado se comportou de forma distinta, onde o uso de campos magnéticos de alta intensidade praticamente não ocorreu o crescimento dos cristais.

Nos trabalhos anteriormente citados, pode-se evidenciar o mérito da contribuição no desenvolvimento desta nova técnica para mitigação da incrustação carbonática, contudo todos

reportam resultados obtidos em condições laboratoriais. Mesmo porque a montagem de um sistema para reproduzir condições de campo poderia ser economicamente impraticável. Buscando uma melhor compreensão do processo, alguns autores começaram a empregaram a modelagem e a simulação para investigar efeitos de mais de uma variável no processo de precipitação; como na proposta de WEI e GARSIDE (1997) empregando códigos comerciais de CFD, onde inicialmente modelos simplificados em 2D foram empregados para analisar a influência do campo de escoamento na taxa de crescimento do precipitado. Os autores utilizaram um modelo de duas equações (tipo $k-\epsilon$) para quantificar o efeito da turbulência enquanto que para representar a geração e crescimento dos cristais foi usada a técnica de balanço populacional. Em uma etapa posterior modelos tridimensionais foram empregados para avaliar o efeito da geometria no processo, com arranjos de tubos coaxiais e conexões do tipo-T. O uso da técnica ressaltou o potencial da ferramenta na predição de mapas de concentração ao longo do domínio, bem como o efeito do escoamento na formação da incrustação. Em uma mesma linha MAECHISIO *et al.* (2001 e 2010) também empregando códigos comerciais de CFD, avaliaram o efeito de micro mistura na precipitação turbulenta. Com foco em aplicações para reatores tubulares, BLADYGA e ORCIUCH (2001) estudaram a precipitação turbulenta de forma numérica e experimental, com o objetivo de quantificar o tamanho dos cristais e sua distribuição granulométrica. Os resultados mostram concordância satisfatória ressaltando a dependência de um modelo de nucleação adequado.

Durante a pesquisa, dentre os autores que tratam do estudo da precipitação e incrustação inorgânica através de técnicas numéricas, observou-se a ausência de estudos que contemplassem os efeitos eletro-magnéticos no fenômeno. Nesse sentido a presente proposta busca o desenvolvimento de uma metodologia computacional para que partindo de informações de trabalhos da literatura, possam ser desenvolvidos estudos que permitam contribuir com o melhor entendimento da mitigação da formação de depósitos carbonático associados à produção em poços de petróleo, sistemas de elevação artificial e trocadores de calor.

Metodologia computacional

Neste projeto serão empregados códigos comerciais de CFD, em específico os softwares da linha Ansys. Esta escolha está justificada pela opção em direcionar os esforços na análise e interpretação dos fenômenos envolvidos na incrustação carbonática ao invés da implementação de rotinas numéricas e desenvolvimento de algoritmos. A opção por softwares

da linha Ansys considerou que esta é uma das ferramentas de trabalho disponíveis tanto no CENPES quanto na Universidade Federal do Espírito Santo.

A estratégia de abordagem do problema será implementada em etapas sequenciais, partindo de modelos simplificados (utilizados como treinamento), passando por uma fase de validação (reproduzindo resultados encontrados na literatura); terminando na etapa principal que envolve a modelagem e a simulação dos efeitos eletro-magnéticos na precipitação de carbonatos.

Durante a etapa inicial serão conduzidos testes para se determinar a independência da malha nos resultados das simulações. Na sequência serão investigados os modelos de turbulência, não só o consagrado $k-\epsilon$, mas também modelos $k-\omega$, SST e RANS. As condições de escoamento em regime permanente e transiente serão implementadas. As propriedades físico-químicas e termodinâmicas serão extraídas da literatura, bem como dados para a proposta de modelos de nucleação. Para a representação da precipitação serão empregadas a princípio as técnicas de modelagem de fase discreta e de balanços populacionais.

A influência dos efeitos eletro-magnéticos serão implementados através da abordagem MHD, que envolve o acoplamento das equações de Navier-Stokes (escoamento) e das equações de Maxwell (eletro-magnético). Modelos específicos quando necessários poderão ser testados através de sub-rotinas na estrutura principal do programa.

Referências bibliográficas

Como ponto de partida, pode-se relacionar as principais fontes para o início deste projeto de pesquisa, a saber:

- BALDYGA, J. e ORCIUCH, W. Barium Sulphate Precipitation in a Pipe – An Experimental Study and CFD Modelling. Chemical Engineering Science, n. 56, p. 2435 - 2444, 2001.
- FRENIER W. W. e ZIAUDDIN, M. Formation, Removal and Inhibition of Inorganic Scale in the Oilfield Environment, SPE – Society of Petroleum Engineers, 2008, 230p.
- GABRIELLI, C.; JAOUHARI, R.; MAURIN, G. e KEDDAM, M. Magnetic Water Treatment for Scale Prevention, Water Research, v. 35, n.13, p. 3249 - 3259, 2001.
- GRAHAN, G. M. e MACKAY, E. J. A Background to Inorganic Scaling – Mechanism Formation and Control, Short Course, SPE Formation Damage Symposium, Lafayette - Louisiana, 2004.

- GUPTA, D. V. S., BROWN J. M. e SZYNCZAK, S. A 5-Year Survey of Applications and Results of Placing Solid Chemical Inhibitors in the Formation via Hydraulic Fracturing, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Florence – Italy, 2010.
- JUDD, S. J. e BAKER, J. S. Magnetic Amelioration of Scale Formation, Water Research, v. 30, n. 2, p. 247 - 260, 1996.
- MADSEN, H. E. L. Influence of Magnetic Field on the Precipitation of Some Inorganic Salts, Journal of Crystal Growth, n. 152, p. 94 - 100, 1995.
- MARCHISIO, D. L., GAVI, E., BARRESI, A. A., OLSEN, M. G. e FOX, R. O. Turbulent Precipitation in Micromixers: CFD Simulation and Flow Field Validation. Chemical Engineering Research and Design, n. 88, p. 1182 - 1193, 2010.
- TAI, C. Y e CHANG, M. C.. Effect of the Magnetic Field on the Growth Rate of Aragonite and the Precipitation of CaCO₃. Chemical Engineering Journal, n. 164, p. 1 - 9, 2010.
- TORBIN, R. N. Removal of Scale from Geothermal Heat Exchangers and Pipelines, Foster-Miller and Heat Exchangers Systems, Boston, 1985.
- WEI, H. e GARSIDE, J. Application of CFD Modelling to Precipitation Systems, v. 75, p. 219-227, 1997.

Benefício técnico/econômico

Um dos principais benefícios deste projeto de pesquisa é a informação gerada neste convênio, onde a interação entre as equipes e o compartilhamento de infra-estrutura das duas instituições irá gerar um conjunto de informações que podem ser de grande utilidade não só para as estratégias de gerenciamento de incrustação, mas para sistemas de elevação artificial e utilidades (trocadores de calor). Em termos econômicos os estudos preliminares empregando a técnica de CFD permitem desenvolver um sentimento físico sobre o fenômeno investigado sem que necessariamente sejam executados testes experimentais. Este tipo de conhecimento se traduz em ganhos futuros com unidades operando em condições mais adequadas para minimizar perdas causadas pela incrustação; projeto de plantas piloto bem dimensionadas, minimizando eventuais ajustes e principalmente otimizando o tempo de execução de testes.

5. Resultados esperados

Como resultado deste projeto de pesquisa, espera-se conseguir modelar e simular o processo de incrustação carbonática no interior de dutos, podendo quantificar os efeitos de suas principais variáveis e fenômenos governantes. E que estes resultados possam contribuir para a

melhor compreensão dos efeitos eletro-magnéticos no processo de incrustação carbonática no interior de dutos. Espera-se contribuir de forma efetiva na formação complementar de mão de obra qualificada para o setor de óleo e gás seja no nível de graduação como no nível de pós-graduação.

6. Mecanismos de acompanhamento de execução

O acompanhamento do projeto será feito de forma sistemática através de relatórios técnicos semestrais e reuniões presenciais periódicas, conforme o cronograma, com representantes da PETROBRAS (CENPES) onde os resultados obtidos serão apresentados e discutidos.

7. Equipe executora

O coordenador e pesquisador Fabio de Assis Ressel Pereira é Doutor em Engenharia Química (UFU) e Especialista em Engenharia de Petróleo (PUC-RIO). A experiência com técnicas de CFD vem deste o desenvolvimento da tese de doutorado, aplicadas à modelagem e simulação do escoamento de fluidos não Newtonianos em anulares; onde foram também realizados testes experimentais para a validação da técnica. Possui experiência em P&D para segmento de óleo e gás, quando membro da equipe técnica da ESSS Ltda atuando como Engenheiro *on-site* no CENPES de 2006 a 2009. Neste período aplicou a ferramenta de dinâmica de fluidos computacional em projetos da Gerência de Tecnologia de Poços (TEP), como por exemplo: a modelagem e simulação do acoplamento poço-reservatório, fluidodinâmica em *sliding sleeves* e circulação reversa em poços. Atualmente é professor da Universidade Federal do Espírito Santo, atuando em pesquisa e ensino no curso de Graduação em Engenharia de Petróleo e no Programa de Pós-Graduação em Energia do Centro Universitário Norte do Espírito Santo; atuando em diversas disciplinas, a saber: engenharia de completação, escoamento multifásico, modelagem e simulação de reservatórios, acompanhamento da produção, engenharia de perfuração, fluidos de perfuração e completação e acompanhamento da produção.

Os demais membros desta equipe serão selecionados dentro do quadro técnico CEUNES/UFES em especial ao elenco de discentes de graduação e pós-graduação.

8. Etapas e cronograma físico

O quadro abaixo apresenta de forma simplificada o plano de execução composto de uma única etapa e oito atividades propostas; que encontram-se descritas a seguir.

↓ Atividades Período →	1º ano				2º ano			
	1ºt	2ºt	3ºt	4ºt	5ºt	6ºt	7ºt	8ºt
a. Revisão bibliográfica	X	X			X			
b. Treinamento da equipe	X	X			X			
c. Simulações preliminares		X	X					
d. Avaliação de modelos de nucleação			X	X				
e. Simulação dos efeitos externos				X	X			
f. Simulação de fenômenos conjugados					X	X	X	X
g. Participação em eventos científicos	X		X		X	X	X	
h. Reuniões técnicas		X		X		X		X
i. Apresentação de relatórios		X		X		X		X

a. Revisão bibliográfica: Levantamento de informações sobre a precipitação e incrustação inorgânica em periódicos especializados, livros, anais de eventos. Etapa a ser desenvolvida em dois momentos, um inicial (1º e 2º trimestres) e outro complementar (5º trimestre).

b. Treinamento da equipe: Nesta etapa pode ser dividida em duas partes: a primeira de caráter interno, será realizado o treinamento da equipe (pessoal vinculado) com o uso das ferramentas de dinâmica de fluidos computacional envolvendo a geração de malhas e os princípios básicos do escoamento e do equilíbrio químico. A segunda parte envolve o treinamento em um estágio mais avançado no uso de técnicas avançadas de CFD, conhecidas como *multiphysics*, que abordam o acoplamento de diversos fenômenos associados ao estudo da precipitação de carbonatos no interior de dutos.

c. Simulações preliminares: Marco inicial do projeto, onde serão implementadas os primeiros modelos (simplificados) para representar a precipitação e incrustação carbonática e avaliando os efeitos do escoamento através de modelos de turbulência.

d. Avaliação de modelos de nucleação: Extraído informações da literatura serão implementados modelos buscando representar a nucleação primária e secundária.

e. Simulação de efeitos externos: Simulação do gradiente de pressão e temperatura no escoamento e seus efeitos no processo de precipitação e incrustação, que mesmo em condições simplificadas, podem trazer informações que possam aproximar dos efeitos encontrados em sistemas de bombeamento centrífugo submerso e em trocadores de calor.

f. Simulação de fenômenos conjugados: Etapa final do projeto onde modelos complexos serão avaliados simultaneamente ao processo de precipitação e incrustação de carbonatos no interior de dutos; como efeitos difusivos e de dispersão turbulenta, gradientes de pressão e temperatura e efeitos de campos eletromagnéticos induzidos.

g. Participação em eventos científicos: Está prevista a participação da equipe em diversos eventos científicos como: ENAHPE (Encontro Nacional de Hidráulica de Poços e Estimulação), *Offshore Technical Conference*, COBEQ (Congresso Brasileiro de Engenharia Química), CFD Oil, Rio Oil and Gás e eventos promovidos pela *Society of Petroleum Engineering* (SPE). Onde o objetivo é a interação com a comunidade científica para divulgar os resultados, mas principalmente trocar experiência e avaliar críticas e sugestões da metodologia empregada.

h. Reuniões técnicas: Estão previstas de forma sistemática reuniões técnicas com representantes do CENPES para acompanhamento dos trabalhos. Nestes encontros serão apresentados os resultados obtidos e feita as discussões sobre os mesmos.

i. Apresentação de relatórios: Estão previstas a apresentação, ao término de cada semestre, de um relatório de atividade. Estes serão empregados como instrumentos de acompanhamento da execução do projeto.

9. Cronograma de desembolso

O valor do aporte financeiro, necessário para desenvolver as atividades descritas nesse Plano de Trabalho será de R\$ 214.731,00 (duzentos e quatorze mil setecentos e trinta e um reais). Tendo em vista, as características do presente projeto, o aporte financeiro da PETROBRAS deverá ser feito em 04 (quatro) parcelas, da seguinte forma:

1ª Parcela – R\$ 42.380,00 (quarenta e dois mil trezentos e oitenta reais), 30 dias após a assinatura do instrumento contratual.

2ª Parcela – R\$ 64.737,00 (sessenta e quatro mil setecentos e trinta e sete reais), 06 meses após a assinatura do instrumento contratual e contra a apresentação e aprovação da prestação de contas parcial e do relatório de desenvolvimento das atividades.

3ª Parcela – R\$ 56.797,00 (cinquenta e seis mil setecentos e noventa e sete reais), 12 meses após a assinatura do instrumento contratual e contra a apresentação e aprovação da prestação de contas parcial e do relatório de desenvolvimento das atividades.

4ª Parcela R\$ 50.817,00 (cinquenta mil oitocentos e dezessete reais), 18 meses após a assinatura do instrumento contratual e contra a apresentação e aprovação da prestação de contas parcial e do relatório de desenvolvimento das atividades.

10. Orçamento detalhado

O valor total do projeto foi orçado já incluindo as despesas administrativas da Universidade. O cronograma de desembolso da proposta de projeto de pesquisa a ser firmado entre DECOM/CEUNES/UFES e o CENPES/PETROBRAS está apresentado na tabela 1. Observa-se que os aportes são realizados de forma semestral; sendo a primeira parcela 30 dias após a assinatura do convênio/contrato e as demais parcelas condicionadas a entrega de relatórios parciais de atividades.

Tabela 1: Cronograma de desembolso.

CONTRAPARTIDA FINANCEIRA Grupos/Elementos de Despesa	PARCELAS				TOTAL
	1ª	2ª	3ª	4ª	
DESPESAS CORRENTES	42.380,00	64.737,00	56.797,00	50.817,00	214.731,00
Outras Despesas Correntes	42.380,00	64.737,00	56.797,00	50.817,00	214.731,00
Passagens e Despesas com Locomoção	1.960,00	6.940,00	2.940,00	1.960,00	13.800,00
Diárias (Pessoal Civil / Militar)	1.000,00	4.940,00	2.000,00	1.000,00	8.940,00
Material de Consumo	2.100,00	650,00	650,00	650,00	4.050,00
Pessoal Não Vinculado	16.200,00	22.680,00	22.680,00	22.680,00	64.240,00
Outros Serviços de Terceiros / Pessoa Jurídica	21.120,00	29.527,00	28.527,00	24.527,00	103.701,00
DESPESAS DE CAPITAL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Obras e Instalações	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Equipamento e Material Permanente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL GERAL	42.380,00	64.737,00	56.797,00	50.817,00	214.731,00

Em termos de distribuição de recursos ao longo do tempo de execução do projeto, observa-se o rateio em 19,7% do valor do projeto na 1ª parcela, 30,1% na 2ª parcela, 26,5% na 3ª parcela e por fim 23,7% na 4ª e última parcela. Esta planilha encontra-se no arquivo MS-Excel em anexo: P 01901 Cronograma de Desembolso.xls.

Passagens

Orçada em R\$ 13.800,00 (treze mil e oitocentos reais) esta rubrica contempla viagens nacionais e internacionais; sendo que R\$ 9.800,00 (nove mil e oitocentos reais) para viagens nacionais destinadas às reuniões periódicas para acompanhamento das atividades e eventos técnicos e científicos como: ENAHPE, OTC Brasil, CFDOil, ENEMP, COBEQ, Rio Oil & Gas. Para viagem com destino internacional está previsto R\$ 4.000,00 (quatro mil reais) visando destino aos Estados Unidos para participação em evento promovido pela SPE (*Society of Petroleum Engineers*) além de visita técnica a institutos de pesquisa que desenvolvem pesquisa na mesma área deste projeto, como a *University of Texas at Austin* e a *Houston University*.

Diárias

Orçada em R\$ 8.940,00 (oito mil e novecentos e quarenta reais) esta rubrica contempla as despesas envolvidas com as viagens mencionadas anteriormente tanto em território nacional R\$ 6.000,00 (seis mil reais), quanto aquela com destino internacional R\$ 2.940,00 (dois mil novecentos e quarenta reais).

Material de consumo

Orçada em R\$ 4.050,00 (quatro mil e cinquenta reais) esta rubrica contempla a despesas com material de papelaria, escritório e suprimentos de informática (como cartuchos de impressora jato de tinta e toners para impressora laser).

Pessoal não vinculado

Orçada em R\$ 84.240,00 (oitenta e quatro mil duzentos e quarenta reais) esta rubrica contempla o pagamento de bolsas durante o projeto. Sendo que três do tipo iniciação tecnológica e industrial (ITI-A) totalizando R\$ 19.440,00 (dezenove mil quatrocentos e quarenta reais) e outras duas bolsas do tipo desenvolvimento tecnológico e industrial, para profissionais envolvidos na execução do projeto (DTI-D, DTI-E) no total de R\$ 64.800,00 (sessenta e quatro mil e oitocentos reais).

Pessoa jurídica

Orçada em R\$ 103.701,00 (cento e três mil setecentos e um reais) esta rubrica contempla três itens, a saber: R\$ 84.480,00 (oitenta e quatro mil quatrocentos e oitenta reais) contemplando o pagamento pessoal vinculado através de H.H. para as funções de coordenador e pesquisador do projeto, correspondendo a carga horária semanal de 8 horas durante os 24 meses de execução do projeto; pagamento de taxas e inscrição em eventos, congressos, cursos e treinamentos para os membros da equipe no valor total de R\$ 9.000,00 (nove mil reais); despesas administrativas da UNIVERSIDADE em R\$ 10.221,00 (dez mil duzentos e vinte e um reais).

Destaca-se ainda que neste Plano de Trabalho não estão previstas despesas com equipamentos e material permanente, obras e instalações.

CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Sigla Conveniente: UFES

Sigla Proponente: UFES

Sigla Executor: DECOM / UFES

Título do projeto: Modelagem e Simulação do Efeito Eletromagnético na Mitigação da Incrustação Carbonática.
Programa: Rede Temática de Engenharia de Poço

CONTRAPARTIDA FINANCEIRA	PARCELAS				TOTAL
	1ª	2ª	3ª	4ª	
Grupos/Elementos de Despesa					
DESPESAS CORRENTES	42.380,00	64.737,00	56.797,00	50.817,00	214.731,00
Outras Despesas Correntes	42.380,00	64.737,00	56.797,00	50.817,00	214.731,00
Passagens e Despesas com Locomoção	1.960,00	6.940,00	2.940,00	1.960,00	13.800,00
Diárias (Pessoal Civil / Militar)	1.000,00	4.940,00	2.000,00	1.000,00	8.940,00
Material de Consumo	2.100,00	650,00	650,00	650,00	4.050,00
Pessoal Não Vinculado	16.200,00	22.680,00	22.680,00	22.680,00	84.240,00
Outros Serviços de Terceiros / Pessoa Jurídica	21.120,00	29.527,00	28.527,00	24.527,00	103.701,00
DESPESAS DE CAPITAL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Investimentos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Obras e Instalações	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Equipamento e Material Permanente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL GERAL	42.380,00	64.737,00	56.797,00	50.817,00	214.731,00

Evento

Assinatura do instrumento contratual
6 meses após assinatura do instrumento contratual
12 meses após assinatura do instrumento contratual
18 meses após assinatura do instrumento contratual

Parcela

1ª 19,7 %
2ª 30,1 %
3ª 26,5 %
4ª 23,7 %



**RELAÇÃO DOS ITENS
PASSAGENS**

Sigla Conveniente UFES

Sigla Proponente UFES

Sigla Executor DECOM / UFES

Título do projeto: Modelagem e Simulação do Efeito Eletromagnético na Mitigação da Incrustação Carbonática.

Programa: Rede Temática de Engenharia de Poço

Elemento de Despesa: Passagens e Despesas com Locomoção

Nº	Descrição do item (1)	Finalidade/Justificativa (2)	Destinação (3)	Valor unitário	Quant.	Valor (R\$)
1	Passagem Nacional	Participação em eventos técnicos científicos em território nacional (ENAHPE, CFD Oil, OTC Brasil, Rio Oil & Gas, ENEMP, COBEQ) e encontros técnicos com representantes da Petrobras (Cenpes)	DECOM/ CEUNES/UFES	980,00	10	9.800,00
2	Passagem Internacional	Participação em congresso internacional	DECOM/ CEUNES/UFES	4.000,00	1	4.000,00
VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA						13.800,00

(1) Descrever cada item solicitado.

(2) Informar a necessidade de cada item para a execução das atividades previstas no projeto.

(3) Registrar a qual instituição se destina cada item solicitado, informando as siglas do Proponente, Executor ou Co-executores, conforme o caso.

RELAÇÃO DOS ITENS DIÁRIAS

Sigla Conveniente	UFES
Sigla Proponente	UFES
Sigla Executor	DECOM / UFES

Título do projeto: Modelagem e Simulação do Efeito Eletromagnético na Mitigação da Incrustação Carbonática.

Programa: Rede Temática de Engenharia de Poço

Elemento de Despesa: Diárias (Pessoal Civil / Militar)

Nº	Descrição do item (1)	Finalidade/Justificativa (2)	Destinação (3)	Valor unitário	Quant.	Valor (R\$)
1	Diárias Nacionais	Participação em eventos técnicos científicos em território nacional (ENAHPE, CFD Oil, OTC Brasil, Rio Oil & Gas) e encontros técnicos com representantes da Petrobras (Cenpes)	DECOM/ CEUNES/UFES	250,00	24	6.000,00
3	Diárias Interacionais	Participação em congresso internacional	DECOM/ CEUNES/UFES	490,00	6	2.940,00
VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA						8.940,00

(1) Descrever cada item solicitado.

(2) Informar a necessidade de cada item para a execução das atividades previstas no projeto.

(3) Registrar a qual instituição se destina cada item solicitado, informando as siglas do Proponente, Executor ou Co-executores, conforme o caso.



**RELAÇÃO DOS ITENS
MATERIAL DE CONSUMO**

Sigla Conveniente	UFES
Sigla Proponente	UFES
Sigla Executor	DECOM / UFES

Título do projeto: Modelagem e Simulação do Efeito Eletromagnético na Mitigação da Incrustação Carbonática.

Programa: Rede Temática de Engenharia de Poço

Elemento de Despesa: Material de Consumo

Nº	Descrição do item (1)	Finalidade/ Justificativa (2)	Destinação (3)	Valor unitário	Quant.	Valor (R\$)
MATERIAL DE CONSUMO NACIONAL						
1	Material de papelaria e suprimentos de informática (cartuchos e toners de impressora)	Apoio a desenvolvimento das atividades	DECOM/ CEUNES/ UFES	4.050,00	1	4.050,00
2						
3						
4						
5						
Total Nacional						4.050,00
MATERIAL DE CONSUMO IMPORTADO						
1						
2						
3						
4						
5						
Total Importado						0,00
VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA						4.050,00

(1) Descrever cada item solicitado.

(2) Informar a necessidade de cada item para a execução das atividades previstas no projeto.

(3) Registrar a qual instituição se destina cada item solicitado, informando as siglas do Proponente, Executor ou Co-executores, conforme o caso.



**RELAÇÃO DOS ITENS
PESSOAL NÃO VINCULADO**

Sigla Conveniente	UFES
Sigla Proponente	UFES
Sigla Executor	DECOM / UFES

Título do projeto: Modelagem e Simulação do Efeito Eletromagnético na Mitigação da Incrustação Carbonática.
Programa: Rede Temática de Engenharia de Poço

Elemento de Despesa Pessoal Não Vinculado

Nº	Descrição do cargo (1)	Finalidade/ Justificativa (2)	Destinação (3)	Período (em meses)	Quant. (hr/mês)	Valor HH / encargos (4)	Valor (R\$)
1							0,00
VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA							0,00

Bolsas de Desenvolvimento Tecnológico:

Nº	Modalidade da bolsa (1)	Finalidade/ Justificativa (2)	Destinação (3)	Período (em meses)	Valor da Bolsa	Valor (R\$)
1	Bolsa DTI-E	Bolsa para desenvolvimento tecnológico e industrial	DECOM/ CEUNES/ UFES	24	1.200,00	28.800,00
2	Bolsa DTI-D	Bolsa para desenvolvimento tecnológico e industrial	DECOM/ CEUNES/ UFES	24	1.500,00	36.000,00
3	Bolsa ITI-A	Bolsa iniciação científica para aluno de graduação	DECOM/ CEUNES/ UFES	18	360,00	6.480,00
4	Bolsa ITI-A	Bolsa iniciação científica para aluno de graduação	DECOM/ CEUNES/ UFES	18	360,00	6.480,00
5	Bolsa ITI-A	Bolsa iniciação científica para aluno de graduação	DECOM/ CEUNES/ UFES	18	360,00	6.480,00
VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA						84.240,00

VALOR TOTAL DOS ELEMENTOS DE DESPESA 84.240,00

- (1) Informar o cargo ou a modalidade da bolsa de cada profissional envolvido no projeto.
- (2) Descrever as atribuições e responsabilidades do profissional para a execução das atividades previstas no projeto.
- (3) Registrar a qual instituição se destina, informando as siglas do Proponente, Executor ou Co-executores, conforme o caso.
- (4) Informar o valor de HH e, separadamente, os encargos correspondentes.



**RELAÇÃO DOS ITENS
PESSOAL VINCULADO**

Sigla Conveniente UFES

Sigla Proponente UFES

Sigla Executor DECOM / UFES

Título do projeto: Modelagem e Simulação do Efeito Eletromagnético na Mitigação da Incrustação Carbonática.

Programa: Rede Temática de Engenharia de Poço

Elemento de Despesa: Outros Serviços de Terceiros (Pessoal Vinculado)

Nº	Descrição do cargo (1)	Finalidade / Justificativa (2)	Destinação (3)	Período (em meses)	Valor HH / encargos (4)	Quant. (h/mês)	Valor (R\$)
1	H/H de coordenador e pesquisador (Doutor II)	Coordenação e execução do projeto	DECOM/ CEUNES/ UFES	24	110,00	32	84.480,00
VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA							84.480,00

(1) Informar o cargo de cada profissional envolvido no projeto.

(2) Descrever as atribuições e responsabilidades do profissional para a execução das atividades previstas no projeto.

(3) Registrar a qual instituição se destina, informando as siglas do Proponente, Executor ou Co-executores, conforme o caso.

(4) Informar o valor de HH e, separadamente, os encargos correspondentes.



**RELAÇÃO DOS ITENS
SERVIÇOS DE TERCEIROS - PESSOA JURÍDICA**

Sigla Conveniente	UFES
Sigla Proponente	UFES
Sigla Executor	DECOM / UFES

Título do projeto: Modelagem e Simulação do Efeito Eletromagnético na Mitigação da Incrustação Carbonática.

Programa: Rede Temática de Engenharia de Poço

Elemento de Despesa: Outros Serviços de Terceiros (Pessoa Jurídica)

Nº	Descrição do item (1)	Finalidade / Justificativa(2)	Destinação (3)	Período (4)	V. Unitário	Quant.	Valor (R\$)
DESPESAS ACESSÓRIAS DE IMPORTAÇÃO							
1							
2							
3							
Total das Despesas Acessórias de Importação							0,00
OUTRAS DESPESAS COM SERVIÇOS DE TERCEIROS (Pessoa Jurídica)							
1	Despesas operacionais administrativas	Despesas relacionadas à contratação de serviço de execução administrativo-financeiro do projeto	UFES	24	10.221,00	1	10.221,00
2	Taxas para participação em congressos, cursos e treinamentos	Participação em congressos nacionais e internacionais, além de cursos e treinamentos	DECOM/UFES	24	1.500,00	6	9.000,00
Total de Outras Despesas							19.221,00
RESSARCIMENTO DE PESSOAL							
Total de Ressarcimento de Pessoal							84.480,00
VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA							103.701,00



**RELAÇÃO DOS ITENS
OBRAS E INSTALAÇÕES**

Sigla Conveniente UFES

Sigla Proponente UFES

Sigla Executor DECOM / UFES

Título do projeto: Modelagem e Simulação do Efeito Eletromagnético na Mitigação da Incrustação Carbonática.

Programa: Rede Temática de Engenharia de Poço

Elemento de Despesa: Obras e Instalações

Nº	Descrição do item (1)	Finalidade / Justificativa (2)	Destinação (3)	Valor (R\$)
1				0,00
2				0,00
3				0,00
VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA				0,00

(1) Descrever cada item solicitado.

(2) Informar a necessidade de cada item para a execução das atividades previstas no projeto.

(3) Registrar a qual instituição se destina cada item solicitado, informando as siglas do Proponente, Executor ou Co-executores, conforme o caso.



**RELAÇÃO DOS ITENS
EQUIPAMENTO E MATERIAL PERMANENTE**

Sigla Conveniente	UFES
Sigla Proponente	UFES
Sigla Executor	DECOM / UFES

Título do projeto: Modelagem e Simulação do Efeito Eletromagnético na Mitigação da Incrustação Carbonática.

Programa: Rede Temática de Engenharia de Poço

Elemento de Despesa: Equipamento e Material Permanente

Nº	Descrição do item (1)	Finalidade/ Justificativa (2)	Destinação (3)	Valor unitário	Quant.	Valor (R\$)
EQUIPAMENTO E MATERIAL PERMANENTE NACIONAL						
1						
2						
3						
4						
Total Nacional						0,00
EQUIPAMENTO E MATERIAL PERMANENTE IMPORTADO						
1						
2						
3						
Total Importado						0,00
VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA						0,00

(1) Descrever cada item solicitado.

(2) Informar a necessidade de cada item para a execução das atividades previstas no projeto.

(3) Registrar a qual instituição se destina cada item solicitado, informando as siglas do Proponente, Executor ou Co-executores, conforme o caso.

