

## Plano de Trabalho

Processo	2018/00531-0
Tipo de Investimento / Divulgação	PROJETO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO / PESQUISA EM MEIO AMBIENTE - PESQUISA EM MEIO AMBIENTE
Coordenador	Luciana da Cunha Costa

### Projeto - Identificação

#### Título em Português

Caracterização e Descontaminação de Cascalho de Perfuração de Poços de Petróleo

### Projeto - Instituições/Empresas

#### Instituições de Pesquisa/Empresas

Proponente	Conveniente	Executora	
		Nome	Nº Ato Credenciamento
FUNDAÇÃO CENTRO UNIVERSITÁRIO ESTADUAL DA ZONA OESTE/UEZO	FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA/FUNDEP	LABORATORIO DE SINTESE ORGANICA/LASO/UEZO	0853/2019

#### Objetivo Geral

Este projeto tem como objetivo apresentar uma análise crítica das tecnologias disponíveis na literatura para tratamento de resíduos com propriedades similares aos cascalhos e fluidos de perfuração, bem como apresentar um mapeamento, através da caracterização química e toxicológica dos diferentes tipos de cascalhos e fluidos de perfuração fornecidos e de interesse da Indústria de óleo e gás. Além disso, será avaliada a eficiência da técnica de pirólise para descontaminação destes resíduos.

#### Objetivos Específicos

- 1) Analisar criticamente as tecnologias disponíveis na literatura, em revistas especializadas nacionais e internacionais e patentes; para descontaminação e descarte de resíduos com propriedades similares aos cascalhos e fluidos de perfuração de poços de petróleo;
- 2) Fazer a caracterização química (metais, compostos orgânicos voláteis e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) dos cascalhos e fluidos gerados nas diferentes etapas de exploração de petróleo realizadas pela Indústria de óleo e gás visando seu enquadramento e estabelecimento do processo de descarte permitido pela legislação vigente (Instrução Normativa do IBAMA IN n° 1/2018).
- 3) Fazer a caracterização toxicológica conforme IN n° 1/2018 e classificação quanto a periculosidade segundo Classificação de resíduos (NBR 10.004/2004) dos cascalhos e fluidos gerados nas diferentes etapas de exploração de petróleo realizadas pela Indústria de óleo e gás, visando seu enquadramento e estabelecimento do processo de descarte permitido pela legislação vigente (IN n° 1/2018).
- 4) Avaliar a eficiência da técnica de pirólise para a descontaminação dos cascalhos e fluidos contaminados com óleo e caracterização química e toxicológica dos resíduos gerados neste processo;

#### Justificativas

A perfuração de um poço, após a exploração, é a segunda etapa na busca por petróleo. Os fragmentos da rocha, gerados durante a perfuração, são comumente chamados de cascalhos e são removidos continuamente através de um fluido de perfuração. Esse fluido é,



usualmente, injetado por bombas para o interior da coluna de perfuração e retorna à superfície pelo espaço anular, formado pelas paredes do poço e pela coluna. Atualmente, não existe perfuração sem a produção de cascalhos e o volume de cascalhos gerado por um poço varia de acordo com sua profundidade, diâmetro, características geológicas das formações perfuradas e tipo de fluido utilizado. O órgão ambiental americano, EPA, estima que para cada metro vertical perfurado do poço sejam produzidos entre 1 a 6 barris de cascalho. Mundialmente, a quantidade de cascalho produzido é cada vez maior, haja vista a constante perfuração de novos poços a fim de suprir a necessidade mundial por derivados do petróleo. Com a necessidade de prospectar hidrocarbonetos em ambientes cada vez mais desafiadores, perfurando poços com geometria complexas e de diferentes tipos de formações, buscam-se por fluidos específicos para garantir o sucesso de cada perfuração. Entretanto, o tipo de fluido utilizado para a perfuração marítima influencia diretamente no comportamento do cascalho após seu descarte no mar. Um cascalho proveniente de uma perfuração com fluidos à base de água se dispersa pela coluna d'água e não se acumulam no fundo do mar. Por outro lado, em fluidos sintéticos (base não aquosa), o cascalho tende a se agregar e não se dispersa na coluna d'água e afundam rapidamente até assentarem no fundo do mar. Além do fluido sintético, próximo a um reservatório de óleo, o cascalho poderá vir contaminado com o óleo proveniente do próprio poço. Para diminuir os impactos ambientais desta atividade, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis regulamentou, na IN n° 01/2018, as condições químicas e toxicológicas para que o descarte de cascalhos, em águas marinhas, sem um tratamento prévio, com tendência a descarte zero, em um futuro breve. No caso dos cascalhos contaminados com óleo, encontram-se relatados, na literatura, diversos processos para o seu tratamento. Apesar de alguns deles serem altamente eficientes, ainda faltam mais estudos para que se tornem economicamente viáveis. Dentre eles, destacam-se: extração com solvente líquido e centrifugação, com posterior separação de óleo, água e solvente por destilação; solidificação/estabilização; biorremediação; incineração; secagem a vácuo; e tratamento térmico. Considerando que a produção de petróleo no Brasil ocorre em diferentes ambientes, onshore, offshore (pós e pré-sal), a produção de diferentes cascalhos e fluidos de perfuração é um complicador na busca de uma tecnologia que seja econômica e ambientalmente eficiente. Dessa forma, um mapeamento, com base na caracterização química e toxicológica dos cascalhos gerados em diferentes plataformas, nas diversas etapas de perfuração é o ponto inicial para a escolha do processo de descontaminação mais adequado. Além disso, a avaliação da eficiência do processo de pirólise, uma técnica comprovadamente eficiente para o tratamento de borras oleosas, na descontaminação destes resíduos, fornecerá uma alternativa que pode vir a ser promissora para a Indústria de Petróleo e Gás, considerando a possibilidade de reutilização de seus produtos. Por fim, a apresentação de uma análise crítica das técnicas disponíveis na literatura, em revistas especializadas e patentes, fornecerá subsídios técnicos para que a Indústria de óleo e gás possa respaldar seus procedimentos envolvendo o descarte de cascalhos e fluidos de perfuração junto aos órgãos ambientais.

## Resultados Esperados

Descrição do Resultado	Tipo de Resultado
Analisar as tecnologias disponíveis na literatura para descontaminação de cascalhos e fluidos de perfuração de petróleo	Conhecimento Produzido
Fazer o mapeamento das características química e toxicológicas dos diferentes cascalhos e fluidos de perfuração gerados durante as diferentes etapas de exploração	Conhecimento Produzido
Otimizar as condições para a descontaminação, por meio da técnica de pirólise, dos cascalhos e fluidos de perfuração contaminados com óleo	Conhecimento Produzido

## Metodologia

A metodologia será dividida em seis etapas, como detalhadas a seguir:

1. Levantamento bibliográfico do estado da arte sobre cascalhos e fluidos de perfuração; caracterização química e toxicológica; processos de descontaminação e disposição ambientalmente adequada para este tipo de resíduo.
2. Caracterização Química dos elementos presentes nos cascalhos e fluidos de perfuração segundo IN n°1/2018: Os cascalhos e fluidos de perfuração após secagem em estufa, serão moídos em moinho de bola até granulometria de 9,5 mm. O pó gerado será aberto em digestor com aquecimento de micro-ondas conforme a norma EPA 3050. Os elementos cádmio, mercúrio, alumínio, arsênio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, molibdênio, níquel silício, vanádio e zinco serão analisados conforme método EPA 6010, 6020 ou EPA 741.
3. Caracterização química dos compostos orgânicos presentes nos cascalhos e fluidos de perfuração segundo IN n°1/2018: Os cascalhos e fluidos de perfuração após secagem em estufa a vácuo serão moídos em moinho de bola até granulometria de 9,5 mm. O pó gerado será extraído em aparelhagem de soxhlet com solvente orgânico. Os extratos serão evaporados e analisados por cromatografia em fase gasosa com detector de ionização de chama (óleo diesel e gasolina) e espectrometria de massas (16 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos prioritários) conforme a norma EPA 1654 ou EPA 8270.





4. Caracterização toxicológica dos cascalhos e fluidos de perfuração segundo IN n°1/2018, será realizada conforme a norma ABNT NBR 1568.
5. Os cascalhos e fluidos de perfuração será classificado quanto a sua periculosidade segundo a normas ABNT 10004 (resíduos sólidos-classificação), da ABNT 10006 (solubilização de resíduos) e 10007 (lixiviação de resíduos). Os extratos serão analisados por ICP/MS para determinação do teor de metais.
6. Os cascalhos e fluidos de perfuração contaminados com óleo serão pirolisados em unidade de pirólise que consiste de um forno de leito fixo vertical com fluxo de nitrogênio líquido e três controladores de temperatura, no qual é introduzido um reator em aço que é alimentado de modo semi-contínuo. Na saída do reator é acoplado um condensador de vidro com uma saída lateral para recolhimento dos gases. Serão otimizadas as seguintes condições do processo: granulometria dos materiais; temperaturas (400 a 500°C) e tempo de pirólise (1 a 30 min). A eficiência do processo será avaliada através do balanço de massa dos produtos gerados e da caracterização dos produtos gerados conforme descrito anteriormente nos itens 2, 3, 4 e 5.

### Mecanismo de Acompanhamento da Execução

O acompanhamento do projeto deverá ser através de reuniões, relatórios, workshops e apresentação dos resultados em congressos e publicação em revista especializada. O acompanhamento do projeto será feito pela seguinte dinâmica:

Reuniões:

- reuniões técnicas mensais entre a coordenação do projeto e membros da equipe da instituição exêcutora;
- reuniões técnicas bimestrais entre a coordenação da instituição executora e as coordenações técnicas da Indústria de petróleo e gás;
- realização de workshops anuais com a participação de toda a equipe da instituição executora e a coordenação técnica da Indústria de petróleo e gás.

Relatórios:

Ao final do mês 12: revisão bibliográfica incluindo o estado da arte em descontaminação de resíduos similares a cascalhos e fluidos de perfuração. Resultados das análises de caracterização química e toxicológicas de 100 amostras;

Ao final do mês 24: revisão bibliográfica incluindo o estado da arte em descontaminação de resíduos similares a cascalhos e fluidos de perfuração. Resultados das análises de caracterização química e toxicológicas de mais 200 amostras. Discussão dos resultados sobre o uso de pirólise para a descontaminação dos cascalhos e fluidos de perfuração;

Relatório final no mês 36: Análise crítica de todos as tecnologias disponíveis em literatura sobre a descontaminação de resíduos similares a cascalhos e fluidos de perfuração. Mapeamento das caracterizações químicas e toxicológica de todos os cascalhos e fluidos de perfuração. Resultados e avaliação da técnica de pirólise para descontaminação de cascalhos e fluidos de perfuração de petróleo.

## Projeto - Etapas/Atividades

### Etapas

Ordem	Nome
1	Atualização Bibliográfica e desenvolvimento de metodologias analíticas
2	Caracterização química de cascalhos e fluidos de perfuração
3	Descontaminação de cascalhos e fluidos de perfuração por pirólise
4	Caracterização toxicológicas de cascalhos e fluidos de perfuração

### Atividades

Etapas	Atividades	Mês de Início	Mês Final	Duração
1	Pesquisa bibliográfica sobre o estado da arte de cascalhos e fluidos de perfuração	1	36	36

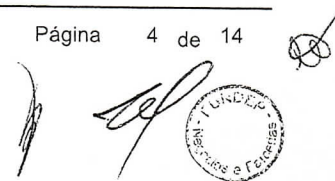


### Atividades

Etapas	Atividades	Mês de Início	Mês Final	Duração
1	Treinamento de equipe e instalação de acessórios para todas as etapas experimentais	1	2	2
1	Desenvolvimento e treinamento das técnicas de análises químicas de cascalho e fluidos de perfuração	3	5	3
2	Caracterização dos compostos orgânicos voláteis presentes nos cascalhos e fluidos de perfuração	6	35	30
2	Caracterização dos elementos presentes nos cascalhos e fluidos de perfuração	6	35	30
2	Caracterização química de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos presentes nos cascalhos e fluidos	6	35	30
3	Avaliação da técnica de pirólise, em escala de laboratório para descontaminação dos cascalhos	13	36	24
4	Caracterização toxicológicas dos cascalhos e fluidos de perfuração	6	35	30
4	Classificação pela ABNT NBR 10004 dos cascalhos e fluidos perfuração	7	34	28

### Projeto - Equipe Executora

Equipe Executora				
Função	Titulação (nível)	Instituição Executora	Período (meses)	Carga Horária Semanal
Coordenador	Doutor II	LABORATORIO DE SINTESE ORGANICA/ LASO/UEZO	36	20
Pesquisador	Recém-Mestre	LABORATORIO DE SINTESE ORGANICA/ LASO/UEZO	36	40
Pesquisador	Mestre II	LABORATORIO DE SINTESE ORGANICA/ LASO/UEZO	36	20
Pesquisador	Profissional Sênior	LABORATORIO DE SINTESE ORGANICA/ LASO/UEZO	36	40
Técnico	Técnico Nível Médio I	LABORATORIO DE SINTESE ORGANICA/ LASO/UEZO	36	40
Bolsista - Graduando	Nível Médio / Graduação	LABORATORIO DE SINTESE ORGANICA/ LASO/UEZO	36	20



Equipe Executora				
Função	Titulação (nível)	Instituição Executora	Período (meses)	Carga Horária Semanal
Bolsista - Graduando	Nível Médio / Graduação	LABORATORIO DE SINTESE ORGANICA/ LASO/UEZO	36	40
Bolsista - Graduando	Nível Médio / Graduação	LABORATORIO DE SINTESE ORGANICA/ LASO/UEZO	36	20
Bolsista - Graduando	Nível Médio / Graduação	LABORATORIO DE SINTESE ORGANICA/ LASO/UEZO	36	20

<b>Coordenador</b>	<b>Nome</b>	Luciana da Cunha Costa
	<b>E-mail</b>	lucianaccunha@yahoo.com.br
	<b>CPF</b>	03309192610

### Projeto - Relatórios Previstos

Relatório	Mês
Relatório Técnico 1	12
Relatório de Acompanhamento Gerencial 1	12
Relatório Técnico 2	24
Relatório de Acompanhamento Gerencial 2	24
Relatório Técnico 3	36

### Orçamento - Parcela Planejada

Quantidade de Parcelas Planejadas - 3		
Mês	Valor da Parcela (R\$)	Percentual (%)
1	1.202.820,75	29,70%
12	1.302.746,11	32,17%
24	1.544.391,12	38,13%
<b>TOTAL</b>	<b>4.049.957,98</b>	<b>100,00%</b>



## Aportes Financeiros

O valor do aporte financeiro necessário para desenvolver as atividades descritas nesse plano de trabalho será de R\$ 4.049.957,98. Tendo em vista as características deste projeto, o aporte financeiro da Petrobras deverá ser realizado em 3 parcela(s), da seguinte forma:

1ª Parcela - R\$ 1.202.820,75, na assinatura do instrumento contratual e contra apresentação de recibo.

2ª Parcela - R\$ 1.302.746,11, 12 mês(es) após a assinatura do instrumento contratual, contra apresentação e aprovação da prestação de contas parcial e mediante emissão e aprovação de relatório que evidencie a execução das atividades previstas no cronograma.

3ª Parcela - R\$ 1.544.391,12, 24 mês(es) após a assinatura do instrumento contratual, contra apresentação e aprovação da prestação de contas parcial e mediante emissão e aprovação de relatório que evidencie a execução das atividades previstas no cronograma.

## Orçamento - Origem Desembolso Recurso

### Orçamento - Detalhamento

Despesas	Valor Total (R\$)	Percentual (%)
<b>Despesas de Capital</b>		
Equipamento e Material Permanente	199.925,36	4,94%
<b>Total</b>	<b>199.925,36</b>	<b>4,94%</b>
<b>Despesas Correntes</b>		
Equipe Executora	2.495.380,32	61,61%
Material de Consumo	733.445,37	18,11%
Serviços de Terceiros	408.125,00	10,08%
Outras Despesas	213.081,93	5,26%
<b>Total</b>	<b>3.850.032,62</b>	<b>95,06%</b>
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>4.049.957,98</b>	<b>100,00%</b>