MODELO DE PROJETO BÁSICO

1. TÍTULO DO PROJETO

Estudo de Redução de Arrasto em Escoamento Multifásicos Turbulentos.

2. NÚMERO DO PROCESSO

23068.035311/2019-29

3. UNIDADE ACADÊMICA/ÓRGÃO A QUE SE VINCULA O PROJETO

O projeto está vinculado a Unidade Acadêmica/Órgão: **CT/DEM**.

4. OBJETO DO PROJETO

Este projeto tem como objeto principal estudar a redução de arrasto por aditivos poliméricos em escoamentos turbulentos multifásicos (água + óleo + gás) por meio, principalmente, de uma bancada composta por um sistema de tubos, visando aplicação em elevação e transporte de óleo. Deve-se estudar uma série de aditivos específicos para água e para óleo que devem ser injetados na mistura.

5. JUSTIFICATIVA DO PROJETO

A redução de arrasto em escoamentos turbulentos é um tema altamente relevante para diversas aplicações industriais e tem sido investigado por diversos pesquisadores em torno do mundo nos últimos setenta anos, mas só recentemente o tema despertou o interesse de pesquisadores no Brasil, onde a pesquisa sobre o assunto ainda é embrionária. Entre as diversas aplicações do estudo de redução de arrasto destacam-se os processos de transporte de petróleo e derivados em dutos. Uma aplicação muito conhecida de utilização de aditivos redutores de arrasto é o sistema de injeção utilizado na Trans-Alasca Pipeline que obtém 40% de redução de perda de carga em seus 1300 km de oleoduto. A técnica também vem sendo aplicada com sucesso em drenagem de água de chuva para aumentar a vazão e, consequentemente, evitar enchentes. Outras aplicações incluem a redução de atrito em circuitos de resfriamento e aquecimento de grandes sistemas industriais e melhora

de performance em combates a incêndio, com aumento do alcance dos esguichos de água.

A redução de arrasto por injeção de aditivos foi reportado pela primeira vez por (Toms, 1948, Congress of Rheology) quando o pesquisador analisava escoamentos em tubos retos em altas vazões com presença de polímeros. Desde lá o tema vem sendo abordado por muitos pesquisadores. (Virk, 1975, AIChEJ, 21, 625-656) fez uma extensa revisão dos resultados mais importantes sobre o assunto além de abordar os fundamentos físicos do fenômeno de redução de arrasto em escoamentos turbulentos com presença de moléculas poliméricas. O autor chega a uma importante conclusão sobre a máxima possível redução de arrasto, que foi posteriormente batizada como lei de Virk. Graficando-se o fator de atrito em função do número de Reynolds para escoamentos em dutos, a lei Blasius é o fator de atrito para um escoamento turbulento e a lei de Virk é a máxima redução de atrito que se pode obter em um escoamento turbulento com aditivos poliméricos. Finalmente, os fatores de atrito com soluções poliméricas são valores intermediários, entre Blasius e Virk. Em condição de alta redução de arrasto, (Soares et al., 2015, Physics of Fluids, 27, 125105) estudando escoamentos turbulentos em um tubo com soluções de Poliacrilamida em água, observam quedas de 70% da perda de carga.

A literatura apresenta vários outros trabalhos que investigam aspectos importantes da redução de arrasto por injeção de aditivos que são comentados nos parágrafos seguintes. (Gyr e Tsinober, 1997, JNNFM, 73, 153-162) analisam uma particularidade extremamente interessante de escoamentos com redução de perda de carga. O fato está associado com uma indicação de alteração qualitativa e quantitativa da viscosidade da solução. Apesar de uma injeção reduzida de aditivos não indicar alteração da viscosidade da solução em testes de cisalhamento em condição de escoamento laminar, em condição de escoamento turbulento a viscosidade pode alterar significativamente. Esta alteração, que é em geral no sentido de aumentar a viscosidade, indica uma natureza não newtoniana ainda mais forte no escoamento. Em outras palavras, a análise rigorosa de um escoamento com redução de perda de carga pressupõe o estudo de um escoamento turbulento de materiais viscoelásticos e ainda com viscosidade variável com a taxa de cisalhamento.

(Hoyer e Gyr, 1996, JNNFM, 65, 221-240) investigam a redução heterogênea de perda de carga em um tubo por introdução de aditivos. Entende-se por redução heterogênea aquela obtida quando o aditivo é literalmente injetado no centro do duto através de um sistema de injeção. Uma outra forma de introdução do aditivo é através de sua mistura prévia no solvente, quando se obtém uma solução homogênea. A redução de arrasto obtida com a mistura prévia do aditivo é chamada de redução

homogênea. Os autores analisam o efeito da posição de injeção ao longo do tubo e da velocidade relativa de injeção comparada com a velocidade média do escoamento. Os resultados sugerem claramente que o perfil da velocidade média turbulenta medida com injeção heterogênea é bem diferente daquele medido com injeção homogênea. Conseqüentemente, a resposta de redução de perda de carga deve ser diferente para os mesmos valores de número de Reynolds e concentração de aditivos. Entretanto, os resultados aparentemente não induzem a uma conclusão definitiva sobre qual técnica é mais eficiente para redução de arrasto.

A literatura disponibiliza diversos outros trabalhos relevantes em redução de arrasto por injeção de aditivos. Uma revisão importante sobre o assunto foi conduzida por (White e Mugal, 2008, Ann. Rev. Fluid. Mech, 40, 235-256). Os autores analisam os principais trabalhos dos dez anos anteriores, deixando claro que muito ainda precisa ser feito para uma boa compreensão do fenômeno. Depois de uma cuidadosa revisão fica claro que um dos principais obstáculos ao desenvolvimento de aditivos eficientes é o fato de que ele se degrada mecanicamente. Essa degradação está diretamente relacionada com o grau de turbulência do meio, com a geometria do escoamento, tipo de solvente e polimeros. Outros efeitos que ainda não foram estudados também podem influenciar o problema, como temperatura e pressão.

É importante também destacar que ainda não existe uma teoria totalmente consolidada que descreva o fenômeno da redução de arrasto. Uma das primeiras tentativas de explicação do Fenômeno foi apresentada por (Lumley, 1969, Ann. Rev. Fluid. Mech., 1, 367-384). A base de sua teoria está relacionada com alterações da viscosidade extensional em regiões afastadas da parede que levam a redução de arrasto. Apesar de bastante razoável, essa teoria está bem longe de explicar uma série de observações experimentais. (Tabor e de Gennes, 1986, Europhys. Lett, 7, 519-522) e mais tarde (de Gennes, 1986, Physica A, 9-25), ganhador do prêmio Nobel em 1991, propõem uma teoria que considera a deformação elástica dos polímeros a razão da destruição das pequenas escalas turbulentas com conseqüente redução de arrasto. Recentes resultados sugerem que os dois fenômenos ocorrem, sendo o segundo mais importante para a redução de arrasto. De fato, várias variáveis são importantes para o pleno entendimento do fenômeno. Utilizando um reômetro rotativo (Pereira e Soares , 2012, JNNFM, 179, 9-22) apresentam um estudo de vários parâmetros como temperatura, concentração, peso molecular e número de Reynolds no processo de redução de arrasto e, principalmente, no mecanismo de degradação polimérica e recentemente, pela primeira vez, modelado em (Pereira, Mompean e Soares, 2018, JNNFM, 256, 1-7).

Finalmente, pode-se dizer que é quase inexistente pesquisa em redução de arrasto envolvendo escoamento multifásico (água-óleo), interesse principal do presente projeto, apesar das inúmeras possíveis aplicações.

6. RESULTADOS ESPERADOS E INDICADORES PARA MENSURAÇÃO

RESULTADOS	INDICADORES
- Desenvolvimento de um método de injeção de aditivos para redução de arrasto no processo de elevação e transporte multifásico (água-óleo-gás);	Número de testes específicos comparativos
- Compreensão básica dos mecanismos de redução de arrasto em escoamentos multifásicos;	Descrição do mecanismo
- Compreensão básico de como os polímeros redutores de arrasto afetam a distribuição dos tamanhos de gotas das emulsões água-óleo;	Número de testes com diferentes distribuições de gotas
- Desenvolvimento de um bio-polímero estável solúvel para redução de arrasto em escoamentos multifásicos;	Número de testes com diferentes concentrações do bio-polímero
- Construção e validação de uma bancada de escoamento multifásico para estudos de redução de arrasto com polímeros;	Número de testes com diferentes regimes de funcionamento da bancada

7. METAS E INDICADORES PARA QUANTIFICÁ-LAS

METAS	INDICADORES
Projetos, aquisição de equipamentos e adequação da bancada	Projeto elaborado, 100% dos equipamento adquiridos e 100% da adequação da bancada concluída.
Treinamento da equipe	Treinamento de 100% dos alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado que participarão do projeto.
Testes com polímeros solúveis em água	- Relatórios das atividades e uma dissertação de mestrado.
Testes com polímeros solúveis em óleo	- 1 Relatório de atividade e ume dissertação; 1 artigo em congresso e 1 artigo em revista indexada.
Testes do efeito conjugado dos polímeros (solúveis em óleo e solúveis em água)	- 1 Relatório de atividade, 1 artigo em congresso e 1 artigo

	em revista indexada.
Teste do efeito dos redutores de arrasto na distribuição de tamanhão de gotas	- 1 relatório de atividade.

8. PRAZO DE EXECUÇÃO DO PROJETO

O período previsto para a execução do projeto é:
Início: 01/08/2019
Término: 31/07/2022

9. COORDENAÇÃO ADMINISTRATIVA, FISCALIZAÇÃO E ORDENAÇÃO DE DESPESAS DO CONTRATO

a) **Coordenador**
Nome: Edson José Soares
Lotação: Centro Tecnológico - CT
Matrícula SIAPE: 2365438
CPF: 180.783.088-84
Ramal: 2162
Celular:
E-mail: edson.soares@ufes.br

b) **Coordenador adjunto***
Nome:
Lotação:
Matrícula SIAPE:
CPF:
Ramal:
Celular:
E-mail:
Facultativo

c) **Fiscal**
Nome: Andréia Guzi Eyng
Lotação: Centro Tecnológico - CT
Matrícula SIAPE: 1655807

CPF: 045.140.549-84
Ramal: *5028 (voip)
Celular: 99244-1443
E-mail: andreiaeyng@hotmail.com

d) **Fiscal adjunto***
Nome: Patricio José Moreira Pires
Lotação: Centro Tecnológico - CT
Matrícula SIAPE: 018927556
CPF: 022.860.234-33
Ramal: 2707
Celular: 27-98111-8881
E-mail: patricio.pires@gmail.com

e) **Ordenador de despesas**
Nome: Geraldo Rossoni Sisquini
Lotação: Centro Tecnológico - CT
Matrícula SIAPE: 0296971.3
CPF: 727.093.837-72
Ramal: 2655
Celular: 997722927
E-mail: geraldo.sisquini@ufes.br

10. ENQUADRAMENTO DO PROJETO

O presente projeto é classificado como (marque "X" no quadrado ao lado de apenas uma modalidade):

MODALIDADE[1]	DESCRIÇÃO
☐ **DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL**	Seu principal objetivo é a **gerar produtos** que resultem em **melhorias mensuráveis** da eficácia e eficiência no desempenho da IFE, **com impacto evidente** em sistemas de avaliação institucional do MEC e em políticas públicas plurianuais de educação com metas definidas.
☐ **DESENVOLVIMENTO**	São aqui enquadrados os programas, projetos, atividades e operações especiais, inclusive de natureza infraestrutural, material e laboratorial, **que levem à melhoria mensurável**

[1] Para o projeto que não puder ser registrado em sistema digital, deverá ser apresentada a declaração de interesse institucional pelo setor da UFES responsável.