

PORTFÓLIO DE SERVIÇO	
CÓDIGO	TA2EG02
LABORATÓRIO	TA2 – TÚNEL AERODINÂMICO 2
DIVISÃO	ACE – DIVISÃO DE AERODINÂMICA
SUBDIRETORIA	SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA
DESCRIÇÃO	ANÁLISE NUMÉRICA DE ESCOAMENTOS AERODINÂMICOS POR MEIO DO USO DE FERRAMENTAS DE DINÂMICA DOS FLUÍDOS COMPUTACIONAL – CFD

Descrição do STE

Consiste na realização de análise numérica utilizando Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD, da sigla em inglês para *Computational Fluid Dynamics*) para investigação de escoamentos aerodinâmicos em torno ou através de estruturas. Pretende-se obter resultados na forma de gráficos, coeficientes, tabelas e outras que forem pertinentes, de forma a permitir a identificação do desempenho da estrutura, bem como da possibilidade de oportunidades de otimização. Simulações fluidodinâmicas é uma ferramenta fundamental para estudar o comportamento de escoamentos sobre estruturas de interesse para diversas aplicações. Ela se baseia numa técnica computacional que faz uso de equações matemáticas de conservação para realizar modelos e efetuar análises em diversas áreas da indústria, como a engenharia automotiva, aeroespacial, construção civil, processos químicos, climatologia, dentre outros.

Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE

A sequência de tarefas a serem realizadas pela ICT na área de simulação fluido dinâmica é descrito em detalhes a seguir através de etapas:

- **Etapa 1. Reunião inicial com o solicitante para a definição dos parâmetros do projeto de análise e verificação da possibilidade de atendimento; Definição dos entregáveis; Definição dos prazos de entrega e duração total do projeto; Definição da necessidade de reuniões de acompanhamento, bem como das datas:** Inicialmente, através de reunião técnica, os detalhes do escoamento aerodinâmico e da estrutura a serem analisados devem ser apresentados pelo interessado. Todas as etapas de análise são discutidas, definindo-se os relatórios a serem entregues, prazos, e as reuniões de acompanhamento, ser assim acordados. Reserva-se o direito à equipe da ICT de avaliar a exequibilidade e pertinência do projeto, com relação às atribuições da ICT perante aos órgãos do governo, e com relação à Lei de Inovação, concordando ou recusando o projeto.
- **Etapa 2. Recebimento de modelo em *Computer Aided-Design* (CAD) correspondente à estrutura a ser analisada, ou solicitação de confecção de modelo em CAD:** Após a reunião preliminar e definida as condições de análise,

uma análise detalhada do modelo de CAD fornecido é realizada, com o objetivo de verificar a adequação do modelo às análises solicitadas. Para isto são utilizados programas de computador dedicados. Na hipótese de o modelo fornecido não atender os parâmetros necessários para se atingir os objetivos do projeto, uma solicitação de outro modelo CAD será enviada ao solicitante. Na impossibilidade do solicitante fornecer um modelo de CAD adequado, poderá ser oferecido como serviço adicional a confecção de modelo CAD pelo pessoal da ICT, desde que a confecção de tal modelo esteja dentro das possibilidades do pessoal técnico da ICT. Caso não seja possível obter um modelo de CAD compatível com as análises solicitadas, o projeto deverá ser encerrado.

- **Etapa 3. Geração de malhas computacionais para discretização do domínio presente no modelo em CAD:** Uma vez que tenha sido aceito ou concebido o modelo CAD, a tarefa de geração das malhas é executada. Quando não fornecidos os parâmetros para geração das malhas por parte do solicitante, a equipe da ICT gerará as malhas necessárias a partir de parâmetros baseados em experiência própria.

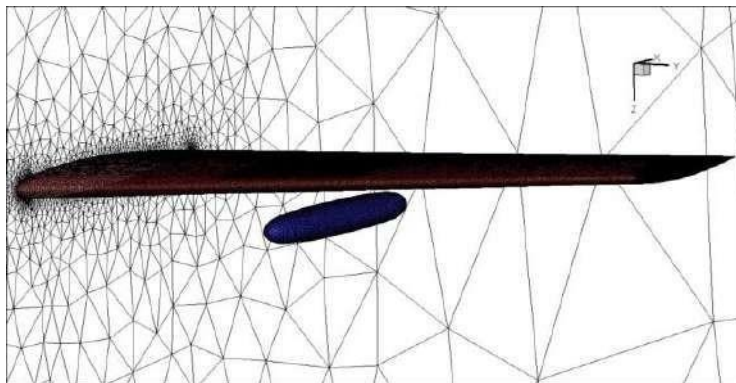


Figura 5 – Desenho representativo de um exemplo de malha gerada para a simulação do modelo aerodinâmico para uma aeronave de combate com míssil abaixo de uma asa.

- **Etapa 4. Ensaio, via simulação, do escoamento aerodinâmico:** Após a tarefa de geração de malhas concluída, dar-se-á início às simulações propriamente ditas. O processo de simulação numérica de escoamentos é feito através de uso de software comercial ou desenvolvido pelos membros da ICT, ou ainda pelo uso de software de uso livre. A escolha do *software* mais apropriado para executar a tarefa se dará pela equipe da ICT, acordado com o solicitante. Os parâmetros da simulação serão escolhidos pela equipe da ICT, com base nos requisitos do solicitante, tempo definido do projeto para esta tarefa, e capacidade computacional dos equipamentos de informática disponíveis na ICT no momento do projeto.

- **Etapa 5. Análise dos resultados e levantamento das características solicitadas:** Utilizando programas dedicados para pós-processamento de resultados de dinâmica dos fluidos computacional, disponíveis na ICT no

momento do projeto, a equipe avaliará e procederá a análise dos resultados obtidos na tarefa 4. Poderão ser investigados, mas não limitando-se a, os coeficientes aerodinâmicos, a interação dos escoamentos com as estruturas, valores de velocidade do vento e demais variáveis termodinâmicas, avaliações sobre o desempenho de partes ou das estruturas como um todo, para análises de desempenho e sugestões de melhorias no projeto das mesmas.

- **Etapa 6. Confecção de Relatórios:** Uma vez concluídas todas as tarefas anteriores, a equipe da ICT procederá a confecção dos relatórios acordados no início do projeto com o solicitante. Juntamente com o relatório serão entregues também todas as outras informações previamente acordadas entre a equipe da ICT e o solicitante, em mídias também definidas previamente.

Pessoal envolvido para realização do STE

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE relacionado com a área de aerodinâmica computacional também consiste do efetivo da Seção de Aerodinâmica e de Aeroelasticidade (ACE-LAA) da ICT/IAE. A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço, cabe a realização de pesquisa e desenvolvimento em aerodinâmica, aeroelasticidade, e dinâmica de fluidos teórica e computacional, bem como a proposição de procedimentos para ensaios em aerodinâmica, aeroelasticidade e dinâmica dos fluidos.

Tabela 6 – Definição de pesquisadores envolvidos.

Serviço técnico especializado	Pesquisadores envolvidos
Análise numérica de escoamentos aerodinâmicos por meio do uso de ferramentas de dinâmica dos fluídos computacional – CFD	Todo o efetivo da <i>Seção</i> de Análise Aerodinâmica e de Aeroelasticidade (ACE-LAA) da ICT/IAE. Por ser o especialista mais experiente, o servidor civil Edson Basso será incumbido de chefiar as atividades do STE em aerodinâmica computacional.

Tabela 7 – Número de servidores de nível superior envolvidos nas etapas descritas na Seção 4.2.2.

Etapa 1	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 2	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 3	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 4	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 5	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 6	1 Servidor de Nível Superior

Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE

Cada uma das etapas listadas necessita de uma infraestrutura adequada a serem sumarizadas a seguir. Para a etapa 1, faz-se necessário o uso de uma sala de reunião com recursos midiáticos. As etapas 2, 3 e 5 requerem o programa de geração de malhas computacionais ANSYS ICEM CFD, programa de pós-processamento de resultados TECPLOT e estações de trabalho de alto desempenho. Para a etapa 4, um programa de simulações de escoamentos é requerido, podendo ser escolhidos entre FLUENT, CFD++, BrU3D, ou outro programa de uso livre definido e acordado no momento da contratação do projeto. Por fim, a etapa 6 necessita de um computador com editor de texto e planilha eletrônica.

Cronograma de execução do STE

Utilizando como referência as etapas explicitadas na seção 4.2.2, estima-se que os tempos de execução atendam ao disposto na Tabela 8. Os tempos de execução de cada etapa podem variar em função da complexidade da simulação e dos processos executados em âmbito de pré e pós-processamento. Como estimativa de um projeto típico, tem-se o cronograma apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Cronograma das etapas.

Etapa 1	1 semana
Etapa 2	2 semanas
Etapa 3	2 semanas
Etapa 4	8 semanas
Etapa 5	2 semanas
Etapa 6	1 semanas

Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE

Após a entrega do relatório final com a análise aerodinâmica computacional feita pela ICT/IAE no STE, o instituto emitirá uma certificação contendo informações técnicas e recomendações para a empresa atendida resolver o problema de engenharia proposto.

Formação dos custos unitários/globais do STE

Para o dimensionamento dos custos, o setor administrativo da ICT/IAE será responsável por estabelecer o custo da Hora Laboratório (HL), da Hora Computador (HC) e do Homem Hora (HH) referentes à ICT/IAE. Para a HL, tem-se como composição as horas em energia, do custo de manutenção de operacionalidade do equipamento e do custo de obsolescência do equipamento diluído em horas utilizadas pelo STE. Para a HC, considera-se o custo dos programas utilizados, de sua atualização e de sua obsolescência. Para o HH, estabelecem-se os valores referentes aos custos de serviços de funcionários de Nível Superior e Nível Médio. A Tabela 9 exibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados

Tabela 9 – Composição de custos

	Atividade	Qualificação	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total	
Mão de Obra Dedicada	Etapa 1	Nível Superior	40	R\$ 189,81	R\$ 7.592,40	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 2	Nível Superior	80	R\$ 189,81	R\$ 15.184,80	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 3	Nível Superior	80	R\$ 189,81	R\$ 15.184,80	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 4	Nível Superior	80	R\$ 189,81	R\$ 15.184,80	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 5	Nível Superior	80	R\$ 189,81	R\$ 15.184,80	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 6	Nível Superior	40	R\$ 189,81	R\$ 7.592,40	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
		SUBTOTAL	R\$ 75.924,00			

Equipamentos Dedicados e de Apoio (Consumo Energético e Depreciação)	Tipo de Equipamento (Dedicado ou de Apoio)	Equipamento	Valor de Compra (conforme BMP)	Potência do Equipamento (em Watts)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (min)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas)	Consumo em kWh – Durante o tempo de utilização	Custo de Energia (R\$0,78 por kWh)	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
	Etapa 2	Software ICEMCFD		0	0	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
	Etapa 2	Estação de trabalho	R\$ 24.793,00	500	4.800	80	40,00	R\$ 31,20	R\$ 329,04	R\$ 0,00
	Etapa 3	Software ICEMCFD		0	0	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
	Etapa 3	Estação de trabalho	R\$ 24.793,00	500	4.800	80				
	Etapa 4	Software de CFD		0	0	0				
	Etapa 4	Estação de trabalho ou cluster de computadores	R\$ 24.793,00	1000	19.200	320	320,00	R\$ 249,60	R\$ 1.316,15	R\$ 0,00
	Etapa 5	Software TECPLOT ou similar de uso livre		0	0	0				
	Etapa 5	Estação de trabalho	R\$ 24.793,00	500	4.800	80	40,00	R\$ 31,20	R\$ 329,04	R\$ 0,00
	Etapa 6	Software WORD ou similar de uso livre		0	0	0	0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Etapa 6	computador do tipo desktop	R\$ 1.313,04	400	2.400	40	16,00	R\$ 12,48	R\$ 8,71	R\$ 0,00	
								R\$ 324,48		R\$ 493,56
									R\$ 2.307,42	

Depreciação de Instalações	Instalação (nome como é conhecido o prédio/laboratório)	Número / identificação do prédio	Valor estimado da obra	Tempo Estimado de Vida Útil – em anos	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas)	Horas Estimadas de Vida Útil	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
	SUBDIVISÃO DE AERODINÂMICA – ACE-L (sala computacional)	E-236	R\$ 115.420,26	50	360	60280	R\$ 1,91	R\$ 689,30
SUBTOTAL								R\$ 689,30

CÁLCULO DO VALOR FINAL DO SERVIÇO	
Mão de Obra Dedicada	R\$ 75.924,00
Consumo Energético e Depreciação dos Equipamentos	R\$ 2.307,42
Depreciação de Instalações	R\$ 689,30
TOTAL	R\$ 78.920,72

Informações que a contratante deve apresentar para apreciação do grau de inovação do STE

De acordo com o estabelecido na Política de Inovação da ICT/IAE, a contratante deve apresentar mediante Carta ao Instituto um compêndio de informações acerca da necessidade de realização de STE e que estejam enquadrados nos objetivos da Lei de Inovação de nº 10.973/04, mais especificamente os artigos 4º, 6º, 8º, 9º e 22º, e devidamente verificados pelo Chefe da VDIR-GI/IAE. Um encaminhamento formal será enviado para a Coordenadoria de Gestão da Inovação (DCTA-CGI), para enfim serem aprovados pelo Diretor da ICT/IAE.