

PORTFÓLIO DE SERVIÇO	
CÓDIGO	LETGEG01
LABORATÓRIO	LETG – LABORATÓRIO DE ENSAIO DE TURBINAS A GÁS
DIVISÃO	APR – DIVISÃO DE PROPULSÃO
SUBDIRETORIA	SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA
DESCRIÇÃO	ENSAIOS E SERVIÇOS EM TURBINAS A GÁS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE

### *Descrição do STE*

A Prestação de Serviços Técnicos Especializados (PSTE) poderá ser realizada no Laboratório de Ensaios de Turbinas a Gás (LETG) e contar com o apoio técnico da Subdivisão de Propulsão Aeronáutica (APR-A). O LETG é um local de ensaios experimentais dedicado à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologias para turbinas a gás de pequeno e médio porte, com capacidade de até 15 kN de empuxo.

Uma ampla gama de serviços técnicos especializados, desde projeto conceitual até ensaios de componentes e do motor completo, é oferecida para atender às necessidades de fabricantes, engenheiros e pesquisadores da indústria aeroespacial e de energia.

**Análise de Desempenho do Motor:** Ensaios detalhados são realizados para avaliar o desempenho teórico e experimental das turbinas a gás, sendo inicialmente obtidos dados provenientes de modelos de ciclo termodinâmico do motor utilizando software comercial como o GasTurb. Os principais parâmetros para a análise operacional do motor são obtidos: empuxo, rotação, vazão de combustível, temperatura e pressão. De posse desses dados, obtêm-se resultados de desempenho do motor, além do consumo específico de combustível e eficiência da turbina. Os ensaios são realizados para conhecer o desempenho da turbina e para detectar possíveis pontos de melhorias de projeto, inclusive corrigindo os parâmetros de desempenho para a condição ISA.

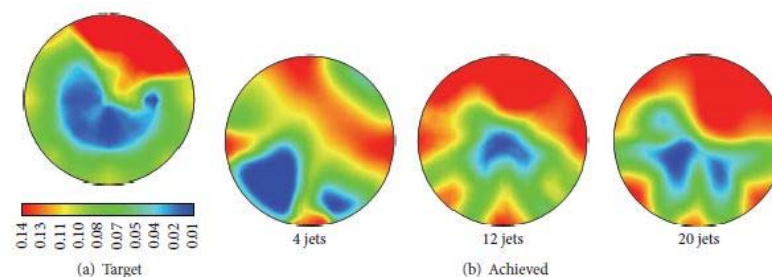


**Figura 1 – TR-5000, Turborreator de 5000N, projetado pelo IAE em parceria com a AEROCONCEPTS em testes no Laboratório de Ensaios de Turbinas a Gás.**

**Testes de Durabilidade (*Endurance Test*):** Testes de longa duração são conduzidos para garantir a confiabilidade e a vida útil das turbinas sob condições operacionais extremas. Isso ajuda a identificar pontos críticos e aumentar a resistência dos componentes.

**Emprego de Combustíveis Alternativos:** O desempenho das turbinas é avaliado utilizando combustíveis alternativos, como biocombustíveis (etanol) e SAF (*Sustainable Aviation Fuel*), promovendo soluções mais sustentáveis e eficientes em termos de emissões.

**Efeito da Distorção do Escoamento na Entrada do Motor:** Investigações são realizadas para entender como variações no escoamento de ar na entrada do motor afetam o desempenho e a estabilidade das turbinas. Isso inclui a análise de fenômenos como fluxo secundário e turbulência.



**Figura 2 - Representação da distribuição da perda de pressão na entrada do motor devido aos efeitos da distorção do escoamento.**

**Testes de Ruído e Vibração:** Medições e análises dos níveis de ruído e vibração são realizadas para atender às normas de segurança e conforto, além de identificar formas de mitigação para melhorar o desempenho acústico das turbinas.

O serviço de Balancamento estático e dinâmico de rotores, semi-eixos, e conjunto rotativo também pode ser oferecido de acordo com os critérios exigidos de residual de desbalanceamento na montagem, dimensões e pesos, assim como, ação corretora de vibração do conjunto rotativo.

O serviço de Levantamento da curva pressão versus vazão de bicos injetores poderá ser feito de acordo com os requerimentos pré-estabelecidos. Também são ofertadas uma avaliação qualitativa da distribuição do spray para os níveis de pressão investigados. O fluido utilizado na avaliação dos bicos injetores é a água.

O laboratório está equipado com as mais recentes tecnologias e segue rigorosos padrões de qualidade para garantir resultados precisos e confiáveis. Comprometido com a inovação e a sustentabilidade, a equipe trabalha em estreita colaboração com clientes para superar desafios técnicos e impulsionar o avanço da tecnologia de turbinas a gás.

**Ensaio de Periféricos:** O laboratório tem a capacidade de, além de ensaiar o motor, realizar ensaios com seus respectivos acessórios, tais quais o *sistema de combustível*, *sistema de lubrificação*, *sistema de partida*, *sistema de ignição* e *sistema de controle*. Para esses ensaios, faz-se necessário realizar, junto com o cliente, as devidas adaptações para

compatibilidade com o laboratório e segurança das operações.

**Assessoria para Certificação do Motor:** Baseado nos ensaios e demais testes realizados no laboratório, pode ser oferecida assessoria técnica através de relatórios de ensaios e documentações de projeto para realização de Ensaios em voo e definição de Base de Certificação para obtenção da Certificação de Produto Aeronáutico. Assessoria para indicar os caminhos críticos para certificação de tecnologias inovadoras “estado da arte”, tais como, sistemas de propulsão que empregam configurações híbridas-elétricas (turbina a gás e motorização elétrica) poderão ser conduzidas.

### ***Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE relacionada a ENSAIOS e demais Serviços***

Para a prestação de serviços no Laboratório de Ensaios de Turbinas a Gás, as atividades e tarefas podem ser organizadas na seguinte sequência:

- 1. Recebimento de Solicitação e Análise de Requisitos (executado pelo IAE):**
  - a. Receber a solicitação do cliente para o serviço de ensaio.
  - b. Realizar uma análise detalhada dos requisitos específicos do cliente e das especificações da turbina, definindo a viabilidade para a realização do serviço.
- 2. Planejamento do Ensaio (executado pelo IAE e pelo cliente):**
  - a. Definir os objetivos do ensaio com base nos requisitos do cliente.
  - b. Elaborar um plano de ensaio detalhado, incluindo cronograma, recursos necessários, e procedimentos a serem seguidos.
  - c. Garantir que todos os aspectos de segurança sejam considerados e planejados.
- 3. Preparação do Equipamento e do Laboratório (executado pelo IAE):**
  - a. Verificar e calibrar todos os equipamentos de medição e controle necessários para o ensaio, pertencentes ao IAE. Caso seja necessária instrumentação adicional ao disponível no Laboratório, este será de responsabilidade do cliente.
  - b. Preparar a bancada de testes e assegurar que todas as conexões e configurações estejam corretas.
  - c. Implementar medidas de segurança para proteger os operadores e o equipamento.
- 4. Execução do Ensaio (executado pelo IAE e pelo cliente):**
  - a. Realizar os testes conforme o plano estabelecido, monitorando o desempenho da turbina.
  - b. Coletar dados de desempenho, durabilidade, consumo de combustível, emissões, etc.
- 5. Elaboração e Entrega de Relatório e de Dados (executado pelo IAE):**
  - a. Elaborar um relatório técnico contendo dados de configuração do motor, objetivos do ensaio, procedimentos adotados no ensaio, observações e anomalias durante o ensaio.
  - b. Entregar o relatório e todos os dados obtidos durante o ensaio ao cliente, apresentando os principais pontos observados.
- 6. Discussão de Resultados (executado pelo IAE e pelo cliente):**
  - a. Oferecer suporte técnico para esclarecer dúvidas sobre os resultados e orientar sobre as próximas etapas.

Essa sequência é apenas uma sugestão para atividades relacionadas aos ensaios do motor, podendo ser alterada de acordo com a respectiva especificidade do motor ou da necessidade do cliente.

### ***Pessoal envolvido para realização do STE***

O pessoal necessário para a prestação do STE relacionado com a área de ensaios de turbinas a gás é o efetivo da Subdivisão de Propulsão Aeronáutica (APR-A) do IAE, ficando a cargo da chefia a designação dos servidores envolvidos em cada uma das atividades listadas acima.

**Tabela 1 – Definição de pesquisadores envolvidos.**

<b>Serviço técnico especializado</b>	<b>Pesquisadores envolvidos</b>
Laboratório de Ensaios de Turbinas a Gás	Todo o efetivo da <i>Subdivisão de Propulsão Aeronáutica do IAE</i> está capacitado para realização do serviço, sendo designados de acordo com atribuições e critérios a serem definidos.

**Tabela 2 – Número de servidores de nível superior e nível técnico envolvidos nas etapas descritas.**

Etapa 1	1 Servidor de Nível Superior e 1 Servidor de Nível Técnico
Etapa 2	2 Servidores de Nível Superior e 2 de Nível Técnico
Etapa 3	2 Servidor de Nível Superior e 3 de Nível Técnico
Etapa 4	2 Servidores de Nível Superior e 3 de Nível técnico
Etapa 5	2 Servidores de Nível Superior
Etapa 6	2 Servidores de Nível Superior

### ***Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE***

A seguinte lista de insumos, equipamento e laboratório poderão ser utilizadas para a realização do ensaio:

#### **1. INSUMOS:**

- a. Combustível a ser utilizado:
  - i. Querosene de aviação;
  - ii. Etanol;
  - iii. Gasolina de aviação;
- b. Lubrificantes:
  - i. Óleos específicos para a turbina a ser ensaiada;

- ii. Graxas específicas para a turbina a ser ensaiada;
- c. Materiais de calibração:
  - i. Materiais eletrônicos para a calibração dos sensores (resistores, potenciômetros, etc);
  - ii. Pesos e referências de calibração;
- d. Peças de reposição:
  - i. Filtros;
  - ii. Juntas;
  - iii. Buchas;
  - iv. Conectores;
  - v. Mangueiras.
- e. Material de Segurança:
  - i. EPI's;
  - ii. Extintores;
  - iii. Kits de emergência;

## 2. EQUIPAMENTOS:

- a. Bancada de testes do motor;
- b. Sensores e transdutores;
- c. Sistemas de aquisição de dados (*National Instruments*);
- d. Computadores e softwares de controle e aquisição de dados;
- e. Sistemas de câmeras de alta velocidade.

## 3. LABORATÓRIOS:

- a. Laboratório de Ensaio de Turbinas a Gás;
- b. Laboratório de Ensaio de Combustíveis (opcional).

Estes insumos, equipamentos e laboratórios são essenciais para garantir que os ensaios de turbinas a gás sejam conduzidos com precisão e segurança, proporcionando resultados confiáveis e aplicáveis a diferentes contextos de pesquisa e desenvolvimento.

### *Cronograma de execução do STE*

Utilizando como referência as etapas explicitadas, estima-se que os tempos de execução atendam ao disposto na Tabela 3. Ressalta-se que variações são esperadas em função da complexidade da configuração estrutural a ser atendida pelo STE.

**Tabela 3 – Cronograma das etapas para realização do ensaio de turbinas a gás.**

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

**Tabela 4 – Infraestrutura necessária para realização das etapas.**

Etapas 1 e 2	Sala de reunião com recursos midiáticos
Etapas 3 e 4	Laboratório de Ensaios e Turbinas a Gás
Etapa 5	Atividades a serem executadas nas salas internas
Etapa 6	Sala de reunião com recursos midiáticos

***Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE***

Após a entrega do relatório final do ensaio de turbinas a gás, executado pela ICT/IAE no STE, o instituto emitirá uma certificação para a empresa atendida, contendo informações técnicas sobre o resultado ensaio, não sendo obrigada a fornecer informações ou sugestões de melhoria para o projeto do cliente.

***Formação dos custos unitários/globais do STE na área de turbinas a gás***

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 de referência “inicialmente estimados” aos custos de serviços de funcionários de Nível Superior e Nível Médio. A tabela a seguir exhibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

**Tabela 5 – 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	40	R\$ 109,24	R\$ 4.369,60	
	Etapa 2	Nível Superior	150	R\$ 189,81	R\$ 28.471,50	
		Nível Técnico	150	R\$ 109,24	R\$ 16.386,00	
	Etapa 3	Nível Superior	150	R\$ 189,81	R\$ 28.471,50	
		Nível Técnico	225	R\$ 109,24	R\$ 24.579,00	
	Etapa 4	Nível Superior	60	R\$ 189,81	R\$ 11.388,60	
		Nível Técnico	90	R\$ 109,24	R\$ 9.831,60	
	Etapa 5	Nível Superior	60	R\$ 189,81	R\$ 11.388,60	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 6	Nível Superior	60	R\$ 189,81	R\$ 11.388,60	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>R\$ 153.867,40</b>

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 3	Estação de Trabalho	31.659,20	1.000	1800	30	30	R\$ 23,40	R\$ 5,25	R\$ 157,56
	Etapa 3	LETG	1.313.171,62	271.000	1800	30	8.130	R\$ 6.341,40	R\$ 108,92	R\$ 3.267,68
	Etapa 4	Estação de Trabalho	31.659,20	1.000	2400	40	40	R\$ 31,20	R\$ 5,25	R\$ 210,08
	Etapa 4	LETG	1.313.171,62	271.000	2400	40	10.840	R\$ 8.455,20	R\$ 108,92	R\$ 4.356,91
								<b>R\$ 14.851,20</b>		<b>R\$ 7.992,23</b>
									<b>R\$ 22.843,43</b>	

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\$
		Laboratório de Ensaio de Turbinas a Gás (LETG)	E-0085	R\$ 2.315.762,87	20	70	24112	R\$ 96,04
<b>SUBTOTAL</b>								<b>R\$ 6.722,93</b>

<b>CÁLCULO DO VALOR FINAL DO SERVIÇO</b>		
<b>Mão de Obra Dedicada</b>	<b>R\$ 153.867,40</b>	<b>81%</b>
<b>Custos com Bombeiro</b>	<b>R\$ 4.369,60</b>	<b>2%</b>
<b>Custos com Ambulância / Assistência Médica</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>0%</b>
<b>Custos com Segurança do Trabalho</b>	<b>R\$ 3.277,20</b>	<b>2%</b>
<b>Custos com Segurança e Defesa</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>0%</b>
<b>Consumo Energético e Depreciação dos Equipamentos</b>	<b>R\$ 22.843,43</b>	<b>12%</b>
<b>Depreciação de Instalações</b>	<b>R\$ 6.722,93</b>	<b>4%</b>
<b>Material de Consumo/Insumos</b>	<b>R\$ 0,00</b>	<b>0%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 191.080,56</b>	<b>100%</b>

***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 IAE-CGI. Um encaminhamento formal será enviado para a Comissão de Avaliação em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (IAE-CAPDI) da ICT e à Coordenadoria de Gestão da Inovação (DCTA-CGI), para enfim serem aprovados pelo Diretor da ICT/IAE.