

PORTFÓLIO DE SERVIÇO	
CÓDIGO	LPIREG04
LABORATÓRIO	LPIR – LABORATÓRIO DE PIROTECNIA
DIVISÃO	APR –DIVISÃO DE PROPULSÃO
SUBDIRETORIA	SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA
DESCRIÇÃO	ENSAIOS DE DESCARGA ELETROESTÁTICA EM ELETROPIROTÉCNICOS ¹ /MATERIAL ENERGÉTICO ² .

Descrição do STE₁

Compreende a realização de descarga eletrostática em eletropirotecnico utilizando o equipamento ESD-100 Sistema de teste de sensibilidade eletrostática. O intuito desse serviço está relacionado com a verificação da sensibilidade a descarga eletrostática do eletropirotecnico, objetivando encontrar defeitos que afetam a segurança do componente, baseado na extinta Norma- MIL-STD-1576 – Electro explosive Subsystem Safety Requirements and Test Method for Space Systems: Method 2205 – Static Discharge Sensitivity.

Os componentes eletropirotécnicos utilizam materiais energéticos que são iniciados por corrente elétrica para realizarem, principalmente, eventos importantes como, iniciação de motores sólido ou líquido, ignição de propulsores de rolamento, separação de estágios, atuadores pirotécnicos, terminação de vôo, entre outros. A não conformidade no desempenho do eletropirotecnico pode ocasionar risco potencial à vida.

1. Objetivo do ensaio: Este ensaio visa verificar a sensibilidade de descarga eletrostática em componente eletropirotecnico ou material energético quando submetido a uma condição de descarga eletrostática.

2. Considerações iniciais:

2.1 O ambiente deve ser controlado, com temperatura de $21^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$, e uma umidade relativa de 50% ou menos.

2.2 Uma descarga de 25 kV de um capacitor de 500-pF deve ser aplicada nas pontas de prova para uma configuração pino-carcaça. Os pinos devem estar em curto- circuito durante o teste, conforme a figura 1.

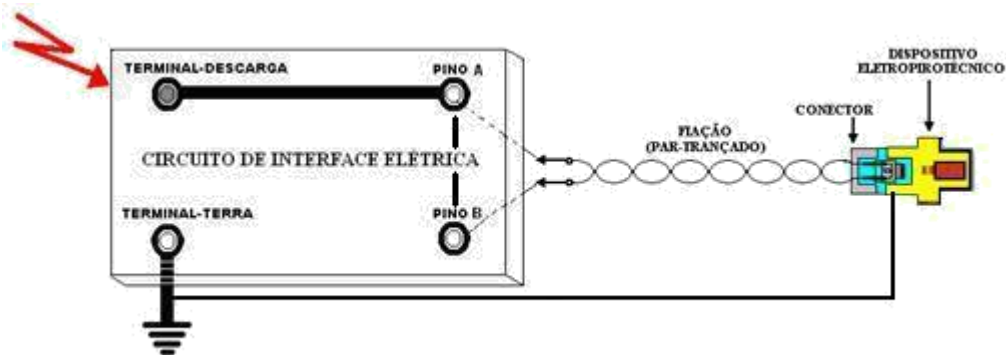


Figura 1: Circuito para ensaio de descarga Eletrostática Pino-Carça

2.3 Uma descarga de 25 kV de um capacitor de 500-pF deve ser aplicada através de um resistor de 5 k ohms nas pontas de prova para uma configuração pino-pino, conforme figura 2.

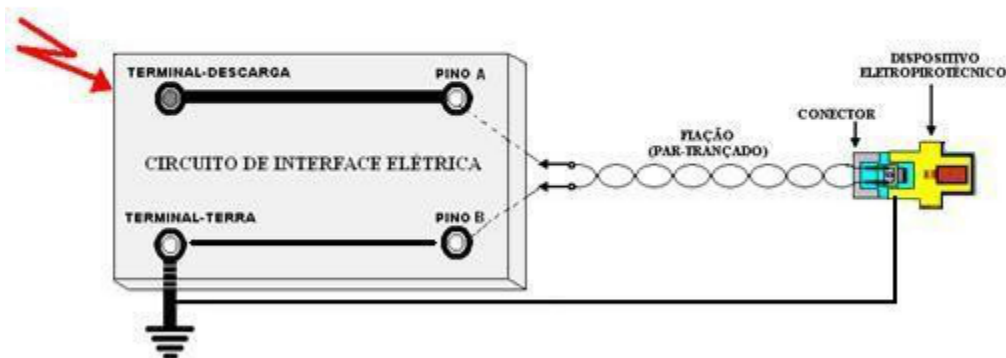


Figura 2: Circuito para ensaio de descarga Eletrostática Pino-Pino

- 2.4 O componente não deverá acender ou degradar se submetido a este teste;
- 2.5 Quando necessário, medir a resistência da ponte elétrica ou dos eletropirotécnicos antes e depois do ensaio de descarga eletrostática, conforme procedimento interno;
- 2.6 Preencher a ficha de ensaio de descarga eletrostática durante o ensaio.

Seqüência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE¹

A seqüência ordenada de atividades e tarefas da ICT/IAE que serão realizadas para a prestação do serviço técnico especializado na área de descarga eletrostática de eletropirotécnico é descrito em detalhes a partir do seguinte ordenado de etapas:

Etapa 1. Reunião inicial com o solicitante para a definição de figuras de mérito entregáveis: Inicialmente, por uma reunião técnica, a configuração a ser analisada bem como os limites de

suas condições de operação é apresentada pelo interessado.

Etapa 2. Análise da solicitação do Serviço Técnico

Especializado: Após a reunião preliminar e definida as condições de análise, uma análise do serviço solicitado quanto a possibilidade em atender com equipamento, condições ambientais, profissional habilitado e outros.

Etapa 3. Realização do ensaio de descarga eletrostática em eletropirotécnico: Executar o ensaio de descarga eletrostática em eletropirotécnico utilizando um Equipamento ESD-100 Sistema de teste de Sensibilidade Eletrostática com o componente na caixa blindada .

Etapa 4. Preparação de Relatórios: Após realizar o ensaio, prepara-se um relatório com os resultados de todos os componentes ensaiados bem como equipamentos utilizados, profissionais envolvidos, condições climáticas, entre outros.

Pessoal envolvido para realização do STE¹

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE relacionado com a área de sistemas pirotécnicos aeroespaciais é o efetivo da Seção de Ensaio Pirotécnicos (APR-XEP) da ICT/IAE. A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço, cabe executar ensaios elétricos e funcionais de sistemas e componentes pirotécnicos.

A execução desse ensaio se dá pelo gerente técnico e por técnicos aptos para a atividade.

Tabela 1 – Definição de servidores envolvidos.

Serviço técnico especializado	Gerente técnico
Técnicos com treinamento no ensaio e cumprindo todos os procedimentos de segurança necessários	Engenheiro eletricista com NR10 ou similar.

Tabela 2 – Número de servidores de nível superior e nível técnico envolvidos nas etapas descritas na Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE¹

Todas as etapas	1 Servidor de Nível Superior
Todas as etapas	1 Servidor de Nível Técnico

Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do ensaio de descarga eletrostática

Para ensaios em eletropirotécnicos:

- a) Equipamento de descarga eletrostática ESD-100 Sistema de teste de sensibilidade eletrostática (figura 3);
- b) Caixa de interface;
- c) Microcomputador;
- d) Termohigrômetro;
- e) Caixa blindada para ensaios elétricos.



Figura 3: Equipamento ESD-100 Sistema de Teste de Sensibilidade Eletrostática.

Cronograma de execução do STE¹

Utilizando como referência as etapas explicitadas na sequência ordenada de atividades, estima-se que o tempo de execução seja de aproximadamente 10 minutos para cada componente (manuseio do eletropirotécnico e tempo de ensaio) e o prazo de duas semanas após realizar o ensaio para entregar o relatório devidamente assinado.

Infraestrutura necessária para realização dos ensaios de descarga eletrostática.

Para a realização desse ensaio o laboratório 4 da APR-X conta com uma caixa blindada aterrada, aterramento para o cabo do equipamento e aterramento para o pessoal envolvido. No caso do pessoal além da malha de aterramento o piso também é dissipativo sendo necessário o uso de sapato condutivo para o servidor que estiver manipulando o eletropirotécnico. O servidor que estiver operando o equipamento de descarga deve utilizar sapato isolado. No laboratório de pirotecnia temos um medidor de corrente de pulseiras e sapatos para garantir a eficácia dos EPIs.

O laboratório 4 da APR-X possui termohigrômetros para controlar a umidade e temperaturas necessárias para execução correta do ensaio, assim como desumidificadores para corrigir a umidade caso necessário.

Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE¹

Após a Etapa 4 (preparação de relatório) o setor de Ensaio Piro-técnicos (APR-XEP) produz o relatório final para entrega ao solicitante.

Formação dos custos unitários/globais do STE¹ na área de sistemas pirotécnicos aeroespaciais

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 a 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 LPIR. 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 a seguir exibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

Tabela 3 – Composição de custos considerando 1 hora de ensaio¹ (até 6 componentes)

	Atividade	Qualificação	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
Mão de Obra Dedicada	Execução do ensaio	Nível Superior	1	R\$ 189,81	R\$ 189,81
		Nível Técnico	1	R\$ 109,24	R\$ 109,24
	Elaboração de relatório	Nível Superior	30	R\$ 189,81	R\$ 5.694,30
		Nível Técnico	30	R\$ 109,24	R\$ 3277,2
	SUBTOTAL	R\$ 9.270,55			
Bombeiro	Atividade	Qtde	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
	Execução do ensaio	2	1	R\$ 109,24	R\$ 218,48
	SUBTOTAL	R\$ 218,48			
Segurança do Trabalho	Atividade	Qtde	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
	Execução do ensaio	1	1	R\$ 109,24	R\$ 109,24
	SUBTOTAL	R\$ 109,24			

Descrição do STE₂

Este teste determina o limite de energia necessário para ignitar um material energético por estímulo eletrostático de diversas intensidades. O teste é conduzido na Unidade de Teste de Materiais Energéticos do Sistema de Teste de Sensibilidade a Descarga Eletrostática ESD 100. Os testes realizados estão descritos na norma NATO

AOP-7 (Edition 2) Manual of data requirements and tests for qualification of explosive materials for military use.

Este ensaio tem grande importância para segurança no manuseio de materiais energéticos pois o perigo aumenta quando esse material é carregado ao ponto da ruptura de sua isolação ou quando há mudanças nas condições de aterramento do material permitindo assim uma descarga. Processos de descarga geram carregadores de carga que diminuem a resistência do material, aumentando rapidamente a corrente elétrica que passa por ele. Isso pode levar a criação de um arco ou o estabelecimento de caminhos estreitos de descarga, onde há aumento de temperatura e pressão que pode levar a ignição, combustão auto sustentada ou até mesmo detonação.

- 1. Objetivo do ensaio:** Determinar a energia máxima que o material energético suporta sem iniciar ou deteriorar em 20 tentativas consecutivas.
- 2. Considerações iniciais:**
 - 2.2 O ambiente deve ser controlado, com temperatura de $21^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$, e uma umidade relativa de 50% ou menos.
 - 2.3 A energia do teste é iniciada em 0,25 J e é ajustada para mais ou para menos a cada reação positiva do material.
 - 2.4 Um resultado positivo é definido como flash, faísca, queima ou barulho diferente do barulho do equipamento.

Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE²

A sequência ordenada de atividades e tarefas da ICT/IAE que serão realizadas para a prestação do serviço técnico especializado na área de descarga eletrostática em material energético é descrito em detalhes a partir do seguinte ordenado de etapas:

Etapa 1. Reunião inicial com o solicitante para a definição de figuras de mérito entregáveis: Inicialmente, por uma reunião técnica, a configuração a ser analisada bem como os limites de suas condições de operação é apresentada pelo interessado.

Etapa 2. Análise da solicitação do Serviço Técnico Especializado: Após a reunião preliminar e definida as condições de análise, uma análise do serviço solicitado quanto a possibilidade em atender com equipamento, condições ambientais, profissional habilitado e outros.

Etapa 3. Realização do ensaio de descarga eletrostática em material energético: Executar o ensaio de descarga eletrostática no material utilizando o Equipamento ESD-100 Sistema de Teste de Sensibilidade Eletrostática e a Unidade de Testes de Material Energético.

Etapa 4. Preparação de Relatórios: Após realizar o ensaio, prepara-se um relatório com os resultados de todos os componentes ensaiados bem como equipamentos utilizados, profissionais envolvidos, condições climáticas, entre outros.

Pessoal envolvido para realização do STE²

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE relacionado com a área de sistemas pirotécnicos aeroespaciais é o efetivo da Seção de Ensaio Pirotécnicos (APR-XEP) e do Laboratório de Pirotecnia (APR-LPIR) da ICT/IAE. A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço, cabe executar ensaios elétricos e funcionais de sistemas e componentes pirotécnicos.

A execução desse ensaio se dá pelo gerente técnico e por técnicos aptos para a atividade.

Tabela 4 – Definição de servidores envolvidos.

Serviço técnico especializado	Gerente técnico
Técnicos com treinamento no ensaio e cumprindo todos os procedimentos de segurança necessários	Engenheiro eletricista com NR10 ou similar.

Tabela 5 – Número de servidores de nível superior e nível técnico envolvidos nas etapas descritas na Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE²

Todas as etapas	1 Servidor de Nível Superior
Todas as etapas	2 Servidor de Nível Técnico

Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do ensaio de descarga eletrostática

Para ensaios em material energético:

- a) Equipamento de descarga eletrostática ESD-100 Sistema de teste de sensibilidade eletrostática (figura 3);
- b) Unidade de Teste de Material Energético (figura 4);
- c) Porta amostra de aço;
- d) Termohigrômetro;
- e) Balança analítica;
- f) Microcomputador;



Figura 3: Equipamento ESD-100 Sistema de Teste de Sensibilidade Eletrostática.

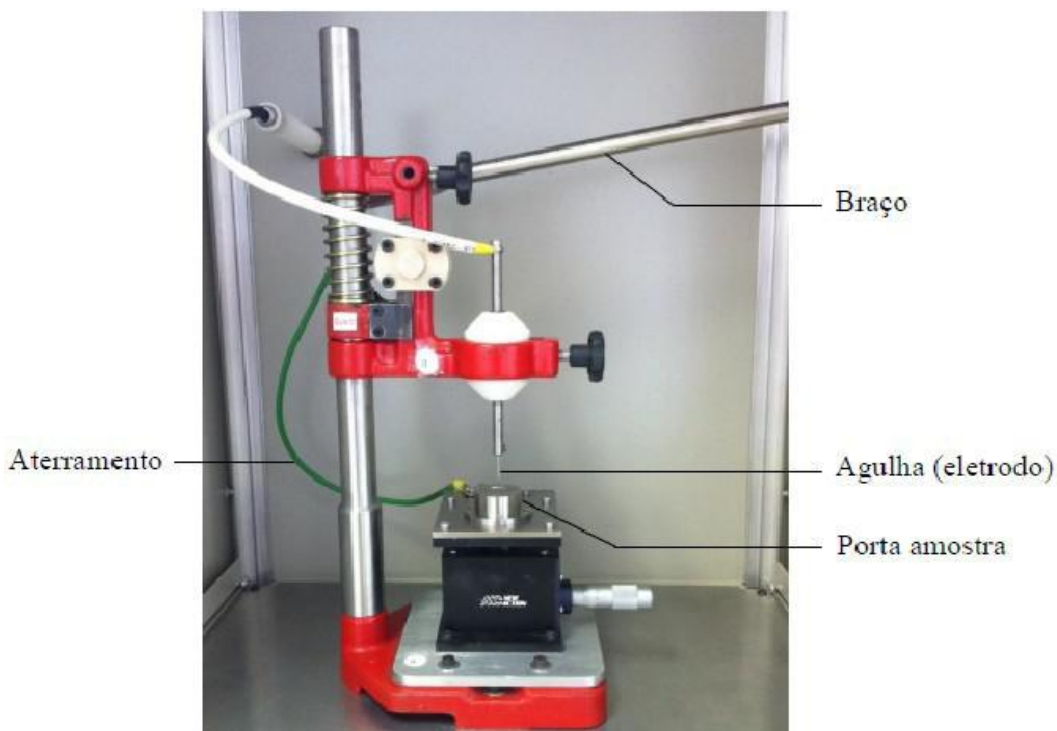


Figura 4: Unidade de Teste de Materiais Energéticos

Amostragem para a realização do ensaio de descarga eletrostática

- a) Para amostras em pó, determinar a granulometria do material;
- b) Para amostras sólidas, cortar com as dimensões mínimas de 15,875 milímetros quadrados (0,625 polegadas quadradas) ou 15,875 milímetros de diâmetro com uma espessura de 0,838 0,102 milímetros (0,033 0,004 polegadas) medidas com um micrômetro.

Cronograma de execução do STE²

Utilizando como referência as etapas explicitadas na sequência ordenada de atividades, estima-se que o tempo de execução seja de aproximadamente 4 horas para cada lote de amostras e o prazo de duas semanas após realizar o ensaio para entregar o relatório devidamente assinado.

Infraestrutura necessária para realização dos ensaios de descarga eletrostática.

Para a realização desse ensaio o laboratório 2 da APR-X conta com uma bancada para a unidade de teste de material energético, aterramento para o cabo do equipamento e aterramento para o pessoal envolvido. No caso do pessoal além da malha de aterramento o piso também é dissipativo sendo necessário o uso de sapato condutivo para o servidor que estiver manipulando o material energético. O servidor que estiver operando o equipamento de descarga deve utilizar sapato isolado. No laboratório de pirotecnia temos um medidor de corrente de pulseiras e sapatos para garantir a eficácia dos EPIs.

O laboratório 2 da APR-X termohigrômetro para controlar a umidade e temperatura necessárias para execução correta do ensaio, assim como condicionador de ar e desumidificadores para corrigir a umidade caso necessário.

Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE²

Após a Etapa 4 (preparação de relatório) o setor de Ensaio Pirotécnicos (APR-XEP) produz o relatório final para entrega ao solicitante.

Formação dos custos unitários/globais do STE² na área de sistemas pirotécnicos aeroespaciais

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 a 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 LPIR. 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 a seguir exibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

Tabela 6 – Composição de custos considerando 1 hora de ensaio²

Mão de Obra Dedicada	Atividade	Qualificação	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
	Execução do ensaio	Nível Superior	1	R\$ 189,81	R\$ 189,81
		Nível Técnico	2	R\$ 109,24	R\$ 218,48
	Elaboração de relatório	Nível Superior	30	R\$ 189,81	R\$ 5.694,30
		Nível Técnico	30	R\$ 109,24	R\$ 3.277,20
SUBTOTAL	R\$ 9.379,79				
Bombeiro	Atividade	Qtde	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
	Execução do ensaio	2	1	R\$ 109,24	R\$ 218,48
	SUBTOTAL	R\$ 218,48			
Segurança do Trabalho	Atividade	Qtde	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
	Execução do ensaio	1	1	R\$ 109,24	R\$ 109,24
	SUBTOTAL	R\$ 109,24			

Ensaio de eletropirotécnico

Consumo m³	Tipo de Equipamento (Dedicado)	Equipamento	Valor de Compra (conforme)	(em Watts) Potência do Equipamento	Tempo de ATIVIDADE	Tempo de ATIVIDADE	Consumo em tempo de kWh - Durante o utilização	kWh) Custo de Energia (R\$0,78 por	Hora de Uso Depreciação Estimada por	Valor tempo de uso Depreciado durante o em R\$
					Uso PARA A (min)	Uso PARA A (horas)				
	Apoio	Medidor de pulseiras e sapatos (EPIs)	R\$ 2.150,00	15	30	0,5	0,075	R\$ 0,06	R\$ 0,04	R\$ 0,04
	Dedicado	Equipamento de descarga eletrostática ESD-100	-	90	60	1	0,09	R\$ 0,07	R\$ 0,04	R\$ 0,04
	Apoio	Condicionador de ar	-	1625	60	1	1,62	R\$ 1,26	R\$ 0,03	R\$ 0,03
	Apoio	Desumidificador	R\$ 897,00	290	60	1	0,29	R\$ 0,23	R\$ 0,01	R\$ 0,01
	Apoio	Termohigrômetro	R\$ 28,29	(bateria)	60	1	-	-	R\$ 0,01	R\$ 0,01
	Apoio	Lenovo	R\$ 1.480,85	725	240	4	2,9	R\$ 2,26	R\$ 0,04	R\$ 0,16
								R\$ 3,88		R\$ 0,29
									R\$ 4,17	

Instalações Depreciação	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 PIROTECNIA – APR-X (Laboratório 4)	E-130	R\$ 140.763,72	50	1	60.280	R\$ 2,34
							SUBTOTAL	R\$ 2,34

Ensaio de material energético

Tipo de ou de Apoio) Equipamento (Dedicado)	Equipamento	Valor de BMP) Compra (conforme)	Potência do Equipamento (em Watts)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE	Consumo em kWh – Durante o tempo de	Custo de Energia (R\$0,78 por kWh)	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso
Apoio	Medidor de pulseiras e sapatos (EPs)	R\$ 2.150,00	15	30	0,5	0,075	R\$ 0,06	R\$ 0,04	R\$ 0,04
Apoio	Balança analítica	R\$ 798,00	12	60	1	0,012	R\$ 0,01	R\$ 0,05	R\$ 0,05
Dedicado	Equipamento de descarga eletrostática ESD-100	-	150	60	1	0,15	R\$ 0,12	R\$ 0,04	R\$ 0,04
Apoio	Condicionador de ar	-	1100	60	1	1,1	R\$ 0,86	R\$ 0,03	R\$ 0,03
Apoio	Desumidificador	R\$ 897,00	290	60	1	0,29	R\$ 0,23	R\$ 0,01	R\$ 0,01
Apoio	Termohigrômetro	R\$ 28,29	(bateria)	60	1	-	-	R\$ 0,01	R\$ 0,01
Apoio	Computador Lenovo	R\$ 1.480,85	725	240	4	2,9	R\$ 2,26	R\$ 0,04	R\$ 0,16
							R\$ 3,54		R\$ 0,34
								R\$ 3,88	

Instalações Depreciação	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 PIROTECNIA – APR-X (Laboratório 2)	E-130	R\$ 40.218,21	50	1	60.280	0,67
SUBTOTAL								R\$ 0,67

CÁLCULO DO VALOR FINAL DO SERVIÇO ELETROPIROTÉCNICO	
Mão de Obra Dedicada	R\$ 9.270,55
Bombeiro	R\$ 218,48
Segurança do trabalho	R\$ 109,24
Consumo Energético e Depreciação dos Equipamentos	R\$ 4,17
Depreciação de Instalações	R\$ 2,34
Material de Consumo/Insumos	R\$ 0,00
TOTAL	R\$ 9.604,78

CÁLCULO DO VALOR FINAL DO SERVIÇO MATERIAL ENERGÉTICO	
Mão de Obra Dedicada	R\$ 9.379,79
Bombeiro	R\$ 218,48
Segurança do trabalho	R\$ 109,24
Consumo Energético e Depreciação dos Equipamentos	R\$ 3,88
Depreciação de Instalações	R\$ 0,67
Material de Consumo/Insumos	R\$ 0,00
TOTAL	R\$ 9.712,06

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.

