

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
COMANDO DA AERONÁUTICA**



**ENSINO**

**PROTEÇÃO – MANUTENÇÃO DE  
SISTEMAS DE ATERRAMENTO E SPDA**

**(SEL028)**

**2014**

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
COMANDO DA AERONÁUTICA  
DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO**



**ENSINO**

**PROTEÇÃO – MANUTENÇÃO DE  
SISTEMAS DE ATERRAMENTO E SPDA**

**(SEL028)**

**2014**

## SUMÁRIO

PREFÁCIO .....	4
1 DISPOSIÇÕES PRELIMINARES .....	5
2 LISTA DE ABREVIATURAS .....	6
3 ATIVIDADES COMPLEMENTARES.....	7
4 DETALHAMENTO DAS UNIDADES DIDÁTICAS.....	8
5 DISPOSIÇÕES FINAIS.....	14

## **PREFÁCIO**

Esta instrução estabelece o Plano de Unidades Didáticas para o CURSO DE PROTEÇÃO - MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE ATERRAMENTO E SPDA (SEL028).

Este Plano de Unidades Didáticas (PUD) contém a previsão de todas as atividades que o instruído deverá realizar sob a orientação do PAME-RJ, durante 15 (quinze) dias letivos, para atingir os objetivos do curso em que está matriculado, conforme preceitua a ICA 37-269.

Destina-se, especificamente, aos docentes, discentes e ao uso administrativo do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Contém dados relativos ao desenvolvimento das unidades didáticas que compõem as disciplinas do curso acima mencionado.

## **1 DISPOSIÇÕES PRELIMINARES**

### **1.1 FINALIDADE**

Esta instrução tem por finalidade estabelecer o Plano de Unidades Didáticas a ser adotado no curso Curso de Proteção – Manutenção de Sistemas de Aterramento e SPDA (SEL028)

### **1.2 ÂMBITO**

Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

### **1.3 OBSERVAÇÕES GERAIS**

O CURSO DE PROTEÇÃO – MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE ATERRAMENTO E SPDA (SEL028) tem como objetivo capacitar os técnicos para a realização das manutenções preventivas e corretivas de níveis orgânico e base dos sistemas de proteção que incluem aterramento e SPDA e, ainda, capacitar os técnicos na especificação, contratação e fiscalização de projetos e obras dos sistemas em questão.

O público-alvo deste curso constitui-se de militares, graduados e cabos (SEM / SEL / BET), e, civis técnicos, que estejam trabalhando na área de manutenção de sistemas elétricos.

A turma do Curso SEL028 deverá ser dimensionada para o máximo de 12 (doze) alunos por turma, não devendo ser excedido esse número.

**2 LISTA DE ABREVIATURAS**

AE	-	Aula Expositiva
Ap	-	Aplicação
Apt	-	Aula Prática
BET	-	Básico em Eletrônica
Ce	-	Cerimônia
CH	-	Carga Horária
Cn	-	Conhecimento
Cp	-	Compreensão
COMAER	-	Comando da Aeronáutica
Ctc	-	Crítica
DECEA	-	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
Exc	-	Exercícios
Ot	-	Orientação
Pr	-	Prova
PUD	-	Plano de Unidades Didáticas
Ro	-	Resposta orientada
S.A.	-	Sistema de Aterramento
SEL	-	Serviços em Eletricidade
SEM	-	Serviços em Eletromecânica
TEC	-	Técnica de Ensino

### 3 ATIVIDADES COMPLEMENTARES

#### 3.1 ATIVIDADES ADMINISTRATIVAS

ATIVIDADE	CH	TEC
Cerimônia de abertura	02	Ce/Ot
Cerimônia de encerramento	03	Ce
<b>TOTAL</b>	<b>05</b>	

#### 3.2 COMPLEMENTAÇÃO DA INSTRUÇÃO

ATIVIDADE	CH	TEC
-	-	-
<b>TOTAL</b>		

#### 3.3 FLEXIBILIDADE DA PROGRAMAÇÃO

ATIVIDADE	CH	TEC
Flexibilidade	04	-
<b>TOTAL</b>	<b>04</b>	

#### 3.4 ATIVIDADES AVALIATIVAS

ATIVIDADE	CH	TEC
Prova	02	Pr
Discussão da Avaliação	02	Cte
Crítica Final de Curso	01	Cte
<b>TOTAL</b>	<b>05</b>	

#### 4 DETALHAMENTO DAS UNIDADES DIDÁTICAS

CAMPO: TÉCNICO-ESPECIALIZADO		ÁREA: ENGENHARIA
DISCIPLINA 1: SISTEMA DE ATERRAMENTO ELÉTRICO		
CH INSTRUÇÃO: 106 Tempos	CH AVALIAÇÃO: - Tempos	CH TOTAL: 106 Tempos
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) aplicar o método gráfico de estratificação do solo. (Ap).</li> <li>b) utilizar os métodos de medidas de resistência de terra em sistemas de aterramento. (Ap).</li> <li>c) calcular um sistema de aterramento elétrico. (Ap).</li> <li>d) calcular o sistema de aterramento sob o ponto de vista de segurança. (Ap)</li> <li>e) empregar os tipos de proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. (Ap).</li> </ul>		

#### UNIDADES DIDÁTICAS

UNIDADE 1.1: NOÇÕES DE RESISTIVIDADE DO SOLO		CH: 30	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA UNIDADE:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Explicar os efeitos causadores das variações da resistividade e dispersão da corrente no solo (Cp).</li> <li>b) Utilizar o processo de medida de resistividade do solo (Ap).</li> <li>c) Aplicar o método de Wenner na estratificação do solo (Ap).</li> </ul>			
SUBUNIDADES	OBJETIVOS OPERACIONALIZADOS	CH	TEC
1.1.1 RESISTIVIDADE DO SOLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Diferenciar o tipo de solo com a resistividade. (Cp).</li> <li>b) Distinguir os fatores que influenciam na resistividade do solo. (Cp).</li> <li>a) Diferenciar as variações da dispersão de corrente com a resistividade do solo. (Cp).</li> </ul>	02	AE
1.1.2 PROCESSO DE MEDIDA DA RESISTIVIDADE DO SOLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Identificar aparelho utilizado. (Cp).</li> <li>b) Citar fatores que influenciam o número de pontos a serem medidos. (Cn).</li> <li>c) Identificar fatores que influenciam no critério de aceitação do valor médio da resistividade do solo. (Cp).</li> <li>d) Descrever o procedimento de medida da resistividade do solo. (Cn).</li> <li>e) Calcular o valor da resistividade do solo através da fórmula de Wenner. (Ap).</li> </ul>	02 12	AE Apt

	a) Identificar as precauções de segurança durante o processo de medida da resistividade do solo. (Cp).		
I.1.3 ESTRATIFICAÇÃO DO SOLO	a) Identificar as curvas auxiliar e padrão. (Cn). b) Aplicar o método prático na estratificação do solo. (Ap). c) Calcular a resistividade aparente. (Cp). a) Calcular a resistividade equivalente do solo com três ou mais camadas reduzindo a duas camadas. (Cp).	14	AE/ Exc

<b>UNIDADE 1.2: CONFIGURAÇÕES DE S.A.</b>		<b>CH: 40</b>	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA UNIDADE:</b>			
a) Calcular a resistência de aterramento do S.A. composto por eletrodos verticais. (Ap). b) Calcular a resistência de aterramento do S.A. composto por eletrodos horizontais. (Ap). c) Calcular a resistência de aterramento do S.A. composto por eletrodos mistos. (Ap). d) Distinguir as vantagens e desvantagens nas conexões exotérmica. (Cp). e) Identificar os tipos de tratamento químico. (Cp). d) Descrever as causas da corrosão e os tipos de proteção no S.A. (Cp).			
<b>SUBUNIDADES</b>	<b>OBJETIVOS OPERACIONALIZADOS</b>	<b>CH</b>	<b>TEC</b>
I.2.1 ATERRAMENTO COMPOSTO POR ELETRODOS VERTICAIS	a) Definir S.A. (Cn). b) Explicar as configurações de S.A. (Cp). c) Distinguir dentre as configurações a que melhor se adequa as condições do tipo de solo, dimensão e importância do S.A. (Cp). d) Calcular a resistência de aterramento das configurações: haste alinhada, quadrado vazio, quadrado cheio e eletrodo profundo. (Ap). b) Discutir as vantagens e desvantagens da configuração eletrodo profundo (Cp).	03 24	AE Apt
I.2.2 BOLETIM TÉCNICO	a) Identificar os procedimentos de manutenção existentes nos boletins técnicos. (Cn). Calcular o valor da resistividade do solo através da fórmula de Wenner. (Ap). b) Identificar as precauções de segurança durante o processo de medida da resistividade do solo. (Cp).	02 12	AE Apt

1.2.3 TRATAMENTO QUÍMICO DO SOLO	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Identificar as características de um bom tratamento químico. (Cn).</li> <li>b) Identificar os tipos de tratamento químico. (Cn).</li> <li>c) Descrever as variações da resistividades ao longo do tempo, de solos com e sem tratamento químico. (Cn).</li> <li>b) Descrever as etapas do tratamento químico do composto Érico Gel. (Cn).</li> </ul>	01	AE
1.2.4 SOLDA EXOTÉRMICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Identificar a composição e aplicação da solda. (Cn).</li> <li>b) Explicar o processo de conexão. (Cp).</li> <li>c) Identificar as vantagens da conexão exotérmica. (Cp).</li> <li>d) Apresentar as precauções de segurança durante o processo de soldagem. (Cp).</li> <li>d) Aplicar a solda exotérmica nas conexões do aterramento elétrico. (Ap).</li> </ul>	01 06	AE Apt
1.2.5 ALICATE TERRÔMETRO	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Explicar o funcionamento do equipamento (Cp).</li> <li>b) Aplicar o instrumento na manutenção de malhas de aterramento elétrico conforme as tarefas do boletim técnico (Ap).</li> </ul>	01 02	AE Apt
1.2.6 CORROSÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Definir corrosão. (Cn).</li> <li>b) Apontar os tipos de corrosão em relação ao meio ambiente. (Cp).</li> <li>c) Citar algumas formas de corrosão. (Cn).</li> <li>d) Explicar o processo de formação da pilha galvânica. (Cp).</li> <li>e) Citar as causas da corrosão subterrânea. (Cn).</li> </ul>	01	AE

<b>UNIDADE 1.3: RESISTÊNCIA DE TERRA</b>		<b>CH: 14</b>	
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA UNIDADE:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) apresentar métodos de cravação de hastes. (Cn).</li> <li>b) explicar os métodos de medidas da resistência de terra. (Cp).</li> <li>e) aplicar os métodos de medidas de resistências de terra. (Ap).</li> </ul>			
<b>SUBUNIDADES</b>	<b>OBJETIVOS OPERACIONALIZADOS</b>	<b>CH</b>	<b>TEC</b>
1.3.1 HASTE DE ATERRAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) identificar as normas aplicáveis a fabricação das hastes de aterramento. (Cn).</li> <li>b) Aplicar os métodos de cravação de hastes de aterramento. (Ap).</li> </ul>	03 24	AE Apt

1.3.2 MEDIDAS DE RESISTÊNCIA DA TERRA	a) Identificar os métodos de medidas da resistência de aterramento. (Cn).	02	AE
	b) Citar as desvantagens no uso do método de bateria de acumuladores e cano d'água. (Cn).		
	c) Citar as vantagens e desvantagens do método dos três pontos. (Cn).	12	Apt
	d) Citar as vantagens do método volt-amperímetro. (Cn).		
	e) Descrever as recomendações de segurança durante o processo de medida da resistência de aterramento. (Cn).		
	f) Identificar as possíveis interferências durante o processo de medida da resistência de aterramento. (Cn).		
	g) Distinguir o procedimento de medida da resistência de aterramento, conhecendo o S. A. e não conhecendo o S. A. (Cp).		
	c) Descrever o método prático de medida da resistência de aterramento. (Cn).		

<b>UNIDADE 1.4: SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS</b>			<b>CH: 22</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA UNIDADE:</b>			
a) calcular os potenciais perigosos em um S.A. (An).			
b) Identificar as proteções das estruturas contra descargas atmosféricas. (Cp).			
<b>SUBUNIDADES</b>	<b>OBJETIVOS OPERACIONALIZADOS</b>	<b>CH</b>	<b>TEC</b>
1.4.1 HASTE DE ATERRAMENTO	a) Definir subsistema captor. (Cn). b) Definir subsistema de descida. (Cn). c) Diferenciar um SPDA isolado de um não isolado do volume a proteger.(An). c) Identificar os materiais de um SPDA e suas aplicações. (Ap).	10	AE
1.4.2 PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	a) Identificar os níveis de proteção.(Cn). b) Recordar os métodos de proteção contra descargas atmosféricas (Franklin e Faraday). (Cn).	04	AE
	c) Discutir os tipos possíveis de descidas dos pára-raios.(Cp) d) Explicar a necessidade das ligações equipotenciais em estruturas metálicas. (Cn). e) Identificar as possíveis interferências durante o processo de medida da resistência de aterramento. (Cn).	08	Apt

	f) Distinguir o procedimento de medida da resistência de aterramento, conhecendo o S. A. e não conhecendo o S. A. (Cp). g) Descrever o método prático de medida da resistência de aterramento. (Cn).		
--	---	--	--

### RECOMENDAÇÕES METODOLÓGICAS

Esta disciplina será desenvolvida mediante aulas expositivas.

### PERFIL DE RELACIONAMENTO

Esta disciplina deverá seguir o sequenciamento previsto no conteúdo programático do Curso.

### REFERÊNCIAS

KINDERMANN, Geraldo - Aterramento Elétrico. Editora Sagra - DC Luzzatto, Porto Alegre 1995.

KINDERMANN, Geraldo. Curto-Circuito. Editora Sagra - DC Luzzatto, Porto Alegre 1992.

LEÓN, J.A.M. Aterramento Elétrico. Julho de 1978. Revista Eletricidade Moderna.

CARDOSO, J. R. e BADOK, A.. Dissipação de Correntes de Impulso por Malhas de

Aterramento. Maio, 1988. Revista Mundo Elétrico, pág. 36-40.

NUBILE, Paulo. Por dentro da eletricidade atmosférica. Junho, 1983. Revista Nova Eletrônica.

LEÓN, J.A.M. Sistemas de Aterramento, Medições, Dimensionamento e Segurança. Érico, 1978.

GENTIL, VICENTE. Corrosão. Editora Guanabara dois, 1982.

NBR - 5410. Instalações Elétricas de Baixa Tensão – Procedimentos.

KINDERMANN, Geraldo. Descargas Atmosféricas. Editora Sagra-DC Luzzatto, Porto Alegre 1995.

SABA, Marcelo. Relâmpagos. Palestra. S.J.Campos, 1999. Tese de Doutorado.

LACERDA, Moacir. Proteção contra descargas Atmosféricas. Apostila, INPE, 1996.

NBR-5419. Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Junho, 1993.

NOGUEIRA FILHO, Francisco. Efeito do campo magnético sobre uma descarga elétrica. Trabalho de Graduação. ITA - Univap, 1996.

LEÓN, J.A.M. Sistema de aterramento para aeroportos. Seminário de manutenção de aeroportos, 1992-2007.

CECCHINI, Marco A. G.. Proteção contra corrosão. SENAI-SP 1990

DUTRA, Aldo Cordeiro e NUNES, Laerce de Paula. Proteção Catódica. Editora técnica, Rio de Janeiro 1987.

MEDEIROS FILHO, Solon. Fundamentos de medidas elétricas. Guanabara. Rio de Janeiro 1981.

HILTON, Moreno e COSTA, Paulo Fernandes. PROCOBRE 1999.

DUÍLIO, Moreira Leite. Aterramento e Blindagem de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis. Seminários Técnicos. São Paulo 1999.

ADEMARO, Cotrim. Aterramento em Instalações Elétricas. Seminários, São Paulo 1999

## 5 DISPOSIÇÕES FINAIS

As sugestões de alteração deste PUD deverão ser encaminhadas à Divisão de Capacitação e Treinamento Profissional (DCTP), que as submeterá à consideração do Chefe do Subdepartamento de Administração do DECEA (SDAD).

Os casos não previstos serão resolvidos pelo Chefe do Subdepartamento de Administração do DECEA (SDAD).

  
FREDERICO JOSÉ MORETTI DA SILVEIRA Cel Av  
Chefe Interino do SDAD

  
Artur Gonçalves Ferreira  
Maj Esp Met