



PLANO DE ENSINO - ADNP

CURSO	Engenharia Eletrônica	MATRIZ	543
-------	-----------------------	--------	-----

FUNDAMENTAÇÃO LEGAL	
---------------------	--

DISCIPLINA/UNIDADE CURRICULAR	CÓDIGO	PERÍODO	CARGA HORÁRIA horas)		
			AT	AP	Total
Metrologia Elétrica	EL64G	4º	30	30	60

AT: Atividades Teóricas, AP: Atividades Práticas.

PRÉ-REQUISITO	Probabilidade e Estatística – MA65A
EQUIVALÊNCIA	Eletrônica D – F7D430

OBJETIVOS

O objetivo da disciplina é proporcionar ao aluno conhecimentos básicos e avançados de metrologia, incluindo práticas de laboratório com a utilização de instrumentos de medição, calibrações e determinação das incertezas de medição de diferentes sistemas de medição.

EMENTA:

Conceitos gerais; Estruturas metrológicas; Sistema internacional de unidades; Termos fundamentais em metrologia; Expressão de números na metrologia; Erros de medição; Sistemas de medição; O resultado da medição; Estimativa da incerteza e correção em medições diretas; Cálculo da incerteza de medição; A qualidade e a metrologia; Estimativa da incerteza e correção em medições indiretas; Propagação de incertezas por meio de módulos; Método de Monte Carlo aplicado na avaliação da incerteza de medições; Softwares para cálculo da incerteza de medição; Uso dos principais Instrumentos de Medição nas áreas Eletrônica e Mecânica; Atividades de laboratório.

As principais competências desenvolvidas são:

- Trabalhar em equipe. Saber lidar com pessoas e negociar soluções de consenso;
- Expressar-se corretamente através da escrita e da palavra;
- Determinar a incerteza de um sistema de medição qualquer;
- Montar uma planilha para cálculo de incerteza de medição;
- Conhecer que todo instrumento de medição apresenta uma incerteza;
- Pesquisar e especificar características técnicas de um instrumento de medição;
- Elaborar um procedimento de medição;
- Manusear instrumentos de medição, com confiabilidade metrológica;
- Conhecer a estrutura metrológica brasileira;
- Empreender no segmento de instrumentos de medição ou de suporte laboratorial;
- Desenvolver capacidades empreendedoras com a elaboração de um plano de negócios para o produto desenvolvido;
- Projetar um instrumento de medição;
- Efetuar medições básicas com instrumentos de medição das principais grandezas elétricas e mecânicas.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

ITEM	EMENTA	CONTEÚDO
1	Estruturas metrológicas;	Apresentação de como funciona a metrologia em nível de mundo com as suas diferentes estruturas.
2	Sistema internacional de unidades;	Apresentação das principais unidades do sistema internacional e suas unidades derivadas.
3	Termos fundamentais em metrologia;	Apresentação dos termos do Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM e os conceitos envolvidos.
4	Expressão de números na metrologia;	Forma como expressar números e o conceito de algarismos significativos.
5	Erros de medição;	Principais erros relacionados com medição.
6	Sistemas de medição;	Caracterização dos diferentes sistemas de medição, suas limitações e aplicações.

7	O resultado da medição;	Diferentes formas de expressar o resultado de medição de acordo com o mensurando.
8	Estimativa da incerteza e correção em medições diretas;	Caracterização da medição direta e estimativa da incerteza.
9	Cálculo da incerteza de medição;	Como elaborar uma planilha para cálculo de incerteza de medição e levantamento das principais incertezas.
10	A qualidade e a metrologia;	Relação entre metrologia e qualidade, especificação de sistemas de medição em função das tolerâncias desejadas.
11	Estimativa da incerteza e correção em medições indiretas;	Caracterização da medição indireta e determinação da incerteza de medição em medições indiretas.
12	Propagação de incertezas por meio de módulos;	A partir de um sistema de medição e seus diversos módulos, com incertezas conhecidas, determinar a incerteza do sistema e propagação das incertezas.
13	Método de Monte Carlo aplicado na avaliação da incerteza de medições;	Conhecer um método numérico aplicado no cálculo da incerteza de medições.
14	Softwares para cálculo da incerteza de medição;	Conhecer softwares para cálculo de incertezas de medição.
15	Uso dos principais Instrumentos de Medição nas áreas Eletrônica e Mecânica;	Práticas com instrumentos de medição, medições de baixos valores (próximos aos limites teóricos de medição).
16	Atividades de laboratório.	Práticas de laboratório a respeito de medições.

PROFESSOR	TURMA
Vicente Machado Neto	S11

ANO/SEMESTRE	CARGA HORÁRIA (aulas)					
	AT	AP	APS	AD	APCC	Total
2020/01	36	36	4			72

AT: Atividades Teóricas, AP: Atividades Práticas, APS: Atividades Práticas Supervisionadas, AD: Atividades a Distância, APCC: Atividades Práticas como Componente Curricular.

DIAS DAS AULAS PRESENCIAIS						
Dia da semana	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Número de aulas no semestre (ou ano)	72					

PROGRAMAÇÃO E CONTEÚDOS DAS AULAS (PREVISÃO)		
Dia/Mês ou Semana ou Período	Conteúdo das Aulas	Número de Aulas
	Apresentação do programa da disciplina e laboratório. Trabalhos a serem desenvolvidos durante o semestre. Conceitos básicos de um instrumento de medição. Explicações Experiência 1. Laboratório Exp 1 – Multímetro.	4
	Medir Cap 1. Laboratório: Exp 1 – Multímetro. Pesquisa Fase 1 Projeto Instrumento de medição.	4
	Unidades de medida SI Cap 2. Entrega Experiência 1 Lab. Pesquisa Fase 1 Projeto Instrumento de medição.	4
	Apresentação das Equipes. Fase 1: Definição de qual instrumento de medição irão fazer. Definição do projeto inicial do instrumento de medição. Especificação das características técnicas do instrumento. - Pesquisa dos instrumentos disponíveis no mercado; - Características técnicas dos instrumentos disponíveis; - Incertezas de medição especificadas. - Quais as características de medição esperadas; - Quais as incertezas de medição esperadas. Relato das dificuldades enfrentadas.	4
	Erro de medição. Cap 3. Explicações Experiência 2. Laboratório: Exp 2 Osciloscópio. Pesquisa Fase 1 Projeto Instrumento de medição.	4

PROGRAMAÇÃO E CONTEÚDOS DAS AULAS (PREVISÃO)		
Dia/Mês ou Semana ou Período	Conteúdo das Aulas	Número de Aulas
03/08/2020	Sistema de medição, características. Cap 4 – Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. Pesquisa Fase 2 Projeto Instrumento de medição. Laboratório: Exp 2 Osciloscópio. Os relatórios serão feitos teoricamente, com a explicação dos resultados esperados, ou ainda com a utilização de algum software de simulação.	4
10/08	Calibração de um sistema de medição. Cap 5. – Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. Entrega Experiência 2 Osciloscópio. Os relatórios serão feitos teoricamente, com a explicação dos resultados esperados, ou ainda com a utilização de algum software de simulação. Pesquisa Fase 2 Projeto Instrumento de medição.	4
17/08	Resultado de Medições diretas - Incerteza de medição como calcular. Cap 6 - Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. Pesquisa Fase 2 Projeto Instrumento de medição.	4
24/08	Resultado de Medições diretas - Incerteza de medição como calcular. Cap 6 - Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. <u>Apresentação das Equipes. Preparar um arquivo PP da apresentação e um vídeo onde os integrantes da equipe apresentam esta fase do projeto. O vídeo poderá ser feito individualmente ou em equipe, mas é preciso a participação de todos os alunos da equipe, quem não aparecer no vídeo falando sobre esta fase do projeto não receberá os créditos relativos a esta Fase 2.</u> Fase 2: Instrumento de medição funcionando de forma inicial. - <u>Consegue fazer algum tipo de medição, ainda que de forma rudimentar;</u> - <u>Consegue apresentar um resultado de medição que correlacione a intensidade da variável a ser medida.</u> Relato das dificuldades enfrentadas. Pesquisa Fase 3 Projeto Instrumento de medição.	4
31/08	Resultado de Medições Diretas – Cálculo de incertezas. Cap 6. Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. Pesquisa Fase 3 Projeto Instrumento de medição.	4
14/09	Resultado de Medições Diretas – Cálculo de incertezas. Cap 6. Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. Pesquisa Fase 3 Projeto Instrumento de medição.	4
21/09	Resultados de medições indiretas. Cap 7. Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. Pesquisa Fase 3 Projeto Instrumento de medição.	4
28/09	Resultados de medições indiretas. Cap 7. Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. Apresentação das Equipes. <u>Apresentação das Equipes. Preparar um arquivo PP da apresentação e um vídeo onde os integrantes da equipe apresentam esta fase do projeto. O vídeo poderá ser feito individualmente ou em equipe, mas é preciso a participação de todos os alunos da equipe, quem não aparecer no vídeo falando sobre esta fase do projeto não receberá os créditos relativos a esta Fase 3. O vídeo deverá apresentar o instrumento de medição funcionando.</u> Fase 3: Instrumento de medição funcionando de forma final. - Repetibilidade e reprodutibilidade aceitáveis; Relato das dificuldades enfrentadas.	4
05/10	Controle de Qualidade e Metrologia – Cap 10 . Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. Pesquisa Fase 4 Projeto Instrumento de medição	4
19/10	Medições de baixos valores. Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. Pesquisa Fase 4 Projeto Instrumento de medição.	4
26/10	Medições de baixos valores. Vídeo Aula iterativa com link a ser enviado previamente. Pesquisa Fase 4 Projeto Instrumento de medição.	4
09/11	Prova sobre metrologia. Prova individual a ser enviada para os e-mails dos alunos com data e hora para entrega das respostas também por email. Pesquisa Fase 4 Projeto Instrumento de medição.	4

PROGRAMAÇÃO E CONTEÚDOS DAS AULAS (PREVISÃO)		
Dia/Mês ou Semana ou Período	Conteúdo das Aulas	Número de Aulas
16/11	<p>Apresentação das Equipes. Apresentação das Equipes. Preparar um arquivo PP da apresentação e um vídeo onde os integrantes da equipe apresentam esta fase do projeto. O vídeo poderá ser feito individualmente ou em equipe, mas é preciso a participação de todos os alunos da equipe, quem não aparecer no vídeo falando sobre esta fase do projeto não receberá os créditos relativos a esta Fase 4. O vídeo deverá apresentar o instrumento de medição funcionando.</p> <p>Fase 4: Levantamento das características técnicas dos instrumentos de medição projetado e executado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calibração do instrumento de medição; - Incertezas associadas a calibração do instrumento; - Características técnicas apresentadas pelo Instrumento de medição; - Curva de resposta; - Apresentação de um plano de negócio para transformar o instrumento de medição desenvolvido em um produto de mercado. Análise da concorrência; <p>Relato das dificuldades enfrentadas.</p> <p>O relatório final da disciplina deverá ser elaborado no formato de um artigo técnico com as seguintes diretrizes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) A estrutura do trabalho deve ser a mesma de um artigo, portanto leiam as orientações que foram passadas do material Scientific Writing que foi passado; 2) No relatório deverá constar a calibração do instrumento desenvolvido. Isto inclui: planilha de incertezas do processo de calibração, procedimento de medição adotado em detalhes e curva de erros do instrumento ao longo da sua faixa de medição. Lembrando que para a calibração vocês deverão estabelecer um sistema de medição como padrão para a calibração; 3) Todo o relatório deverá ser feito na linguagem metrológica de acordo com o VIM 2012. 4) Planilhas de repetibilidade e reprodutibilidade do instrumento de medição com gráficos comparativos para facilitar a visualização. Curvas de resposta nas diferentes condições testadas. 5) Plano de negócio para transformação do produto desenvolvido em um produto de mercado. 6) Características técnicas finais do Instrumento de medição desenvolvido. 7) Relato das dificuldades e próximos passos para aprimoramento do produto. 8) Avaliação do instrumento de medição na presença de variações ambientais. O instrumento apresenta imunidade ambiental. 	4
23/11	Recuperação para alunos com média inferior a 6 (duas aulas) Veja com atenção os critérios para fazer a recuperação.	4

PROCEDIMENTOS DE ENSINO
AULAS TEÓRICAS
Nas aulas teóricas se utilizará reproduções por data show, quadro negro e dinâmica de grupo. A disciplina possui o sitio do professor (www.energiapura.net.br/) onde o aluno poderá baixar assuntos abordados em aula e outros materiais da disciplina.
AULAS PRÁTICAS
Nas aulas práticas os alunos terão experiências de laboratório a serem executadas sob a supervisão do professor. Para isto os alunos em duplas disporão de equipamentos de laboratório, tais como: multímetros de mão, multímetros de bancada, osciloscópios, fontes DC, geradores de funções, proto board e componentes eletrônicos.
A validação das experiências 1 e 2 será feita com apresentação da folha da experiência preenchida corretamente e comprovação em bancada dos dados obtidos.
ATIVIDADES PRÁTICAS SUPERVISIONADAS
A APS da disciplina envolve a especificação e construção de um instrumento de medição, levantamento das suas características técnicas e calibração.
ATIVIDADES A DISTÂNCIA
Não serão utilizadas atividades a distância.
ATIVIDADES PRÁTICAS COMO COMPONENTE CURRICULAR
As atividades práticas se desenvolverão nos laboratórios e no projeto de um instrumento de medição. A técnica didática baseia-se em parte no Aprendizado Baseado em Problemas, ressaltando-se a limitação de tempo da disciplina e a necessidade de conteúdos teóricos a serem ministrados. O problema proposto leva em conta pela sua abrangência o tempo que o aluno terá disponível para a disciplina, de forma a não o sobrecarregar com conteúdos que não possam ser absorvidos no período de um semestre letivo.
PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO
Avaliação, composição da nota final: 15% experiência 1 Multímetro.

15% experiência 2 Osciloscópio.
20% prova sobre conceitos metrológicos.
10% fase 1 projeto.
10% fase 2 projeto.
10% fase 3 do projeto.
20% fase 4 do projeto.
Todos os itens acima comporão a nota final do aluno antes da recuperação.

Alunos com média igual ou superior a 6 e 75% de presença estão aprovados sem mecanismo de recuperação.

O mecanismo de recuperação é para os alunos que não atingiram média 6 nos itens anteriores e tiverem 75% de presença. O aluno que não tiver 75% de presença será considerado reprovado sem direito a recuperação. O mecanismo de recuperação versará sobre todo o conteúdo da disciplina em uma prova com consulta.

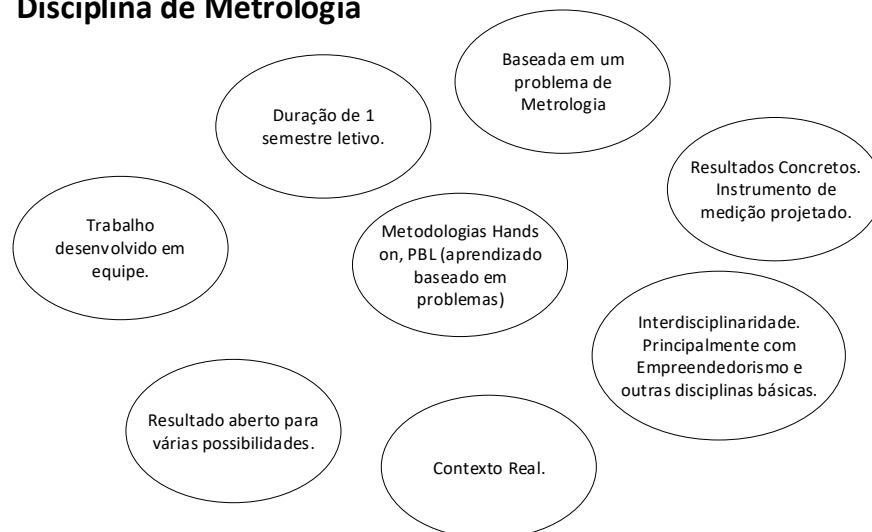
O aluno que obtiver média, após a recuperação, igual ou superior a 6, será considerado aprovado. A média será calculada entre a nota dos itens acima discriminados e a nota da recuperação.

A nota final do aluno após a recuperação será a média entre os itens acima discriminados e a nota da recuperação. Portanto o aluno que tiver média final igual a 4 e não comparecer à prova de recuperação ficará com nota 2 na disciplina.

O aluno que não obtiver nota 2 entre os itens acima discriminados, terá direito a fazer recuperação, embora já esteja reprovado na disciplina. No entanto a sua nota final poderá ser elevada, ou rebaixada caso faça a recuperação, já que é determinada pela média da nota dos itens discriminados e a nota da recuperação.

O aluno que não obtiver nota 2 entre os itens acima discriminados, e optar por não fazer a recuperação, terá a sua nota final dividida por 2. O mesmo vale para alunos com nota superior a 2 e inferior a 6 entre os itens acima discriminados.

Disciplina de Metrologia



Resultados esperados: Que o aluno tenha noções iniciais de metrologia. Saiba analisar as características técnicas de um instrumento de medição. Noções iniciais de empreendedorismo. Tenha ao final um protótipo de um produto que possa ser eventualmente comercializado.

REFERÊNCIAS

Referências Básicas:

- 1) **Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais.** --Duque de Caxias,RJ:1995-52 p.
- 2) ABNT,INMETRO,SBM. **Guia para a Expressão de Incerteza de Medição.** Segunda edição em língua portuguesa - Rio de Janeiro :,1998.121p.:il(21x29,7) cm.
- 3) INMETRO - <http://www.inmetro.gov.br>
- 4) ALBERTAZZI, Armando; SOUSA, André R. **Fundamentos de metrologia científica e industrial.** 2ª

Edição - Barueri, SP: Manole, 2018.

- 5) BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner João. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas. Volumes 1 e 2.** Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- 6) ADVAL, Francisco de Lira. **Metrologia na Indústria.** São Paulo: Érica, 2001.
- 7) KEITHLEY. **Low Level Measurements Handbook. Precision DC Current, Voltage, and Resistance Measurements.** 6ª Edition ou superior. Disponível em www.keithley.com.
- 8) Tero Karvinenn, Kimmo Karvinen, Ville Valtokari. **Make: Sensors. Projects and Experiments to Measure the World with Arduino and Raspberry Pi.** MarkerMedia Sebastopol, CA. 3ª Ed 07/07/2017.

Referências Complementares:

- 9) ALLOCCA, John A. e STUART, Allen. **Transducers Theory and Applications.** 1ª Ed. Virginia: Prentice Hall, 1984
- 10) GARRETT, PATRICK H. **Advanced Instrumentation and Computer I/O Design.** ISBN 0-7803-1060-8. New York: IEEE Press, 1994.
- 11) GAYAKWAD, RAMAKANT A. **Op-Amps and Linear Integrated Circuits.** 2ª Ed. ISBN 0-13-637174-4 025. New Jersey: Prentice Hall, 1983.
- 12) RAMSAY, D.C. **Principles of Engineering Instrumentation.** ISBN 0 470 23616 7. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- 13) SHEINGOLD, Daniel H. **Transducer Interfacing Handbook.** ISBN 0-916550-05-2. USA: Analog Divices, Inc, 1980.

ORIENTAÇÕES GERAIS

Assinatura do Professor

Assinatura do Coordenador do Curso