

Sistemas de Comunicações
Analógicas e Digitais



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Reitor

ANTONIO JOSÉ DE ALMEIDA MEIRELLES

Coordenadora Geral da Universidade

MARIA LUIZA MORETTI



Conselho Editorial

Presidente

EDWIGES MARIA MORATO

ALEXANDRE DA SILVA SIMÕES – CARLOS EDUARDO ORNELAS BERRIEL

CARLOS RAUL ETULAIN – CICERO ROMÃO RESENDE DE ARAUJO

DIRCE DJANIRA PACHECO E ZAN – IARA BELELI – MARCO AURÉLIO CREMASCO

PEDRO CUNHA DE HOLANDA – SÁVIO MACHADO CAVALCANTE

Getúlio Antero de Deus Júnior

Sistemas de Comunicações Analógicas e Digitais

*uma nova abordagem por meio da
Aprendizagem Baseada em Problemas e da
Aprendizagem Baseada em Projetos*

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNICAMP
DIRETORIA DE TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
BIBLIOTECÁRIA: MARIA LÚCIA NERY DUTRA DE CASTRO – CRB-8ª / 1724

D488s Deus Júnior, Getúlio Antero de.
Sistemas de Comunicações Analógicas e Digitais : uma nova abordagem por meio da Aprendizagem Baseada em Problemas e da Aprendizagem Baseada em Projetos / Getúlio Antero de Deus Júnior. – Campinas, SP : Editora da Unicamp, 2021.

1. Sistemas de comunicação. 2. Comunicações digitais. 3. Aprendizagem Baseada em Problemas. 4. Método de projeto no ensino. I. Título.

CDD – 621.38415
– 621.38
– 378.17
– 371.36

ISBN 978-85-268-1523-0

Copyright © Getúlio Antero de Deus Júnior
Copyright © 2021 by Editora da Unicamp

As opiniões, hipóteses, conclusões e recomendações expressas neste livro são de responsabilidade do autor e não necessariamente refletem a visão da Editora da Unicamp.

Direitos reservados e protegidos pela lei 9.610 de 19.2.1998.
É proibida a reprodução total ou parcial sem autorização, por escrito, dos detentores dos direitos.

Impresso no Brasil.
Foi feito o depósito legal.

Direitos reservados à

Editora da Unicamp
Rua Sérgio Buarque de Holanda, 421 – 3ª andar
Campus Unicamp
CEP 13083-859 – Campinas – SP – Brasil
Tel.: (19) 3521-7718 / 7728
www.editoraunicamp.com.br – vendas@editora.unicamp.br

Dedico este livro ao Criador יהוה, à minha querida esposa, Daniela Lino Pieroni de Deus, à minha família e a todos(as) os(as) leitores(as).

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos ao Conselho Editorial da Editora da Unicamp e aos assessores que se manifestaram favoráveis à publicação deste livro por meio de ótimos pareceres *ad hoc*. Gostaria ainda de agradecer a todos(as) os(as) meus(minhas) professores(as), que contribuíram com a minha formação artística, cultural, científica, tecnológica, social e humana. Por fim, gostaria de agradecer aos(às) meus(minhas) colegas de profissão e a todos(as) os(as) estudantes que permitiram o uso das metodologias ativas nas disciplinas que já ministrei.

Os problemas apresentados neste livro foram elaborados a partir da experiência do autor com a prática da Engenharia, sua relação com a Teoria de Telecomunicações e sua forte interação com outras áreas. Assim, eles não devem ser vistos como problemas reais vivenciados na sua plenitude pelo autor ou por qualquer pessoa, muito embora possa haver algumas coincidências. De fato, os problemas e o projeto apresentados neste livro têm a função de aguçar a experimentação da prática da Engenharia por parte dos alunos, e ainda provocar modificações do ensino por meio das metodologias ativas de Aprendizagem Baseada em Problemas (do inglês: *Problem-Based Learning*) e de Aprendizagem Baseada em Projetos (do inglês: *Project Led Education*).

Créditos

As ilustrações apresentadas nas Figuras de 9 a 29 foram gentilmente cedidas pela Anatel para este livro por meio do Ofício n. 3/2020/APC-Anatel e não estão no padrão da Editora da Unicamp, que optou por reproduzi-las sem interferência editorial. Por outro lado, os endereços virtuais (*links*) foram devidamente indicados na Bibliografia e podem ser verificados a partir das referências indicadas nas figuras.

As fotografias apresentadas na Figura 94 foram gentilmente cedidas pelo engenheiro aeronáutico Sávio Leal. Os caracteres da fonte de computador Cosmocolita (2018) do Quadro 14 foram gentilmente cedidos pela *designer* Elizabeth Sofia Aróstegui Huanca.

Sumário

Apresentação.....	27
Acrônimos.....	29
Introdução.....	35
Capítulo 1 – Fundamentos	65

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
Governança em Telecomunicações Serviços de Telecomunicações Tecnologias de Acesso ao Meio (TAM) Fórmula de Shannon Transmissão de dados Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT)	Conhecer a Anatel Conhecer e dar significado ao papel de Governança da Anatel Conhecer as principais TAM Verificar os índices de reclamação dos serviços fiscalizados pela Anatel e os mecanismos utilizados para melhorar a oferta Verificar os custos dos serviços de Telecomunicações no mundo Conhecer a Fórmula de Shannon Conhecer a norma IEEE 802.11 Conhecer a legislação brasileira que levou à criação do Plano Nacional de IoT Compreender a infraestrutura de IoT	Capacidade de descobrir o Painel de Dados da Anatel por meio da experimentação Capacidade de realizar cálculos utilizando a Fórmula de Shannon Capacidade de correlacionar as principais TAM aos serviços de Telecomunicações Capacidade de vincular o número de usuários dos serviços de Telecomunicações às principais TAM Capacidade de descobrir os serviços de Telecomunicações e suas vinculações na Anatel Capacidade de usar a Fórmula de Shannon Capacidade de correlacionar os serviços e as taxas de dados de serviços de Telecomunicações ofertados pelo mercado com os valores teóricos da Lei de Shannon Capacidade de descobrir a norma IEEE 802.11 e verificar a taxa de dados nominal dessa norma Capacidade de descobrir o Plano Nacional de IoT	Ser proativo Saber ouvir o outro Ser colaborativo Resolver conflitos Resolver problemas Ter espírito para trabalhar em equipe Propor estratégia para construção de senhas fortes Propor um Projeto de Infraestrutura de IoT inovador Estabelecer juízo de valor sobre a importância das TAM, a partir das larguras de faixas e taxas de dados de transmissão máximas previstas em normas Saber interpretar o princípio da casualidade em Telecomunicações Propor atualizações para inovações no Projeto de Infraestrutura de IoT

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
<p>Sinais</p> <p>Integral de Fourier</p> <p>Espectro contínuo e discreto</p> <p>Tecnologias de Acesso ao Meio</p> <p>Medidas em Telecomunicações</p> <p>Projeto de Infraestrutura de Internet das Coisas (IoT)</p>	<p>Conhecer a norma G.992.1 da ITU-T</p> <p>Conhecer as máscaras da Função DEP do transmissor ATU-C e ATU-R</p> <p>Conhecer como o homem, os animais e as plantas se comunicam</p> <p>Conhecer a fórmula da Transformada de Fourier no domínio do tempo e sua inversa</p> <p>Conhecer as principais propriedades da Transformada de Fourier</p> <p>Conhecer os principais sinais utilizados em Telecomunicações</p> <p>Conhecer a fórmula da convolução</p> <p>Conhecer uma aplicação prática de implementação de uma central <i>smart metering</i></p> <p>Conhecer parte de um Projeto de TV Coletiva por Radiofrequência e seus componentes passivos e ativos</p> <p>Conhecer as principais medidas usadas em Telecomunicações</p> <p>Conhecer a norma G.995 da ITU-T</p> <p>Conhecer as normas IEEE 802.3ah e IEEE 802.3av</p> <p>Conhecer as TAM responsáveis pelo escoamento do tráfego em telefonia e redes de dados que utilizam as normas IEEE 802.3ah, IEEE 802.3av e G.995 da ITU-T</p> <p>Conhecer o princípio da casualidade em Telecomunicações</p>	<p>Capacidade de ampliar o conhecimento sobre a tecnologia ADSL por meio da G.992.1 da ITU-T</p> <p>Capacidade de descobrir a máscara da Função DEP do transmissor ATU-R</p> <p>Capacidade de descobrir como o homem, os animais e as plantas se comunicam</p> <p>Capacidade de descobrir a fórmula da Transformada de Fourier no domínio do tempo e sua inversa</p> <p>Capacidade de realizar cálculos com a fórmula da Transformada de Fourier para os principais sinais utilizados em Telecomunicações</p> <p>Capacidade de descobrir a fórmula da convolução</p> <p>Capacidade de verificar possíveis problemas que podem ocorrer numa aplicação prática de uso de TAM na automação da medição de energia elétrica</p> <p>Capacidade de descobrir parte de um Projeto de TV Coletiva por Radiofrequência, bem como seus componentes ativos e passivos numa prumada</p> <p>Capacidade de descobrir as principais medidas usadas em Telecomunicações</p> <p>Capacidade de realizar cálculos utilizando medidas usadas em Telecomunicações</p> <p>Capacidade de compreender o significado do ganho numérico de antenas em dBi, uma vez que elas se diferenciam dos amplificadores de radiofrequência</p> <p>Capacidade de compreender as TAM responsáveis pelo escoamento do tráfego de telefo-</p>	<p>Ser proativo</p> <p>Saber ouvir o outro</p> <p>Ser colaborativo</p> <p>Resolver conflitos</p> <p>Resolver problemas</p> <p>Ter espírito para trabalhar em equipe</p> <p>Propor ilustrações para a máscara da Função DEP do transmissor ATU-R em dois casos específicos</p> <p>Apresentar as diversas formas como o homem, os animais e as plantas se comunicam</p> <p>Saber ler uma conta de energia elétrica</p> <p>Apontar hipóteses de possíveis problemas que podem ocorrer numa aplicação prática de uso de TAM na automação da medição de energia elétrica</p> <p>Saber ler parte de um Projeto de TV Coletiva por Radiofrequência</p> <p>Saber ler as principais unidades de medidas em Telecomunicações</p> <p>Dimensionar a rede ativa de canalização do sinal de TV digital em UHF num prédio residencial com número de pavimentos elevado</p> <p>Estabelecer juízo de valor sobre a importância das TAM, a partir das larguras de faixas e taxas de dados de transmissão máximas previstas em normas</p> <p>Saber interpretar o princípio da casualidade em Telecomunicações</p> <p>Propor atualizações para inovações no Projeto de Infraestrutura de IoT</p>

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
	<p>Conhecer o diagrama de blocos de um Sistema de Comunicação Digital</p> <p>Conhecer o que é modulação</p> <p>Conhecer a norma da ABNT NBR 10151:2019 (Versão corrigida: 2020) – Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral</p> <p>Conhecer as boas práticas de documentação para emissão de Laudo Técnico de Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas</p> <p>Conhecer as fórmulas para o Nível de Pressão Sonora (SPL), o Nível de Intensidade Sonora (IL) e o Nível de Potência Sonora (PWL)</p> <p>Conhecer os principais tipos de filtros usados em Telecomunicações: Filtros para Baixas Frequências (FBF), Filtros para Altas Frequências (FAF) e Filtros para Faixa de Frequências (FFF)</p> <p>Conhecer a resposta ao impulso dos FBF, FAF e FFF</p> <p>Conhecer a resposta ao impulso de um filtro ideal</p> <p>Conhecer a principal função de um Analisador de Espectro</p> <p>Conhecer o Quadro de Atribuição de Faixas de Frequências no Brasil do PDFF da Anatel</p> <p>Conhecer a ferramenta de Design Thinking Mapa de Empatia (ME)</p>	<p>Capacidade de identificar a concorrência dos principais fabricantes de aspiradores de pó por meio de uma matriz BCG</p> <p>Capacidade de propor as especificações de um novo aspirador de pó por meio de um infográfico</p> <p>Capacidade de ler um diagrama de blocos de um Sistema de Comunicação Digital</p> <p>Capacidade de compreender a compressão de dados e a compactação de dados</p> <p>Capacidade de compreender inserção e retirada de redundância de informação num Sistema de Comunicação Digital</p> <p>Capacidade de identificar os principais tipos de ruídos de Telecomunicações</p> <p>Capacidade de interpretar o resultado de uma $L_{Aeq,T}$ como parte integrante de um Laudo Técnico de Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas</p> <p>Capacidade de interpretar as principais fórmulas para os cálculos dos níveis SPL, IL e PWL</p> <p>Capacidade de criar uma ilustração para representação dos principais ruídos produzidos pelo homem</p> <p>Capacidade de discutir o sonômetro, seu funcionamento por meio das curvas de correção A, B, C e D, e suas principais classes</p> <p>Capacidade de ler as principais curvas para o ganho de tensão e a fase dos FBF, FAF e FFF</p> <p>Capacidade de realizar cálculos para encontrar a resposta ao impulso dos principais filtros utilizados em Telecomunicações</p> <p>Capacidade de identificar os filtros envolvidos nas máscaras</p>	<p>Propor um infográfico com as especificações de um novo aspirador de pó com baixo nível de ruído</p> <p>Saber ler um diagrama de blocos de um Sistema de Comunicação Digital</p> <p>Saber apontar os principais tipos de ruídos de Telecomunicações</p> <p>Estabelecer juízo de valor sobre os resultados da $L_{Aeq,T}$ num Laudo Técnico de Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas</p> <p>Propor uma ilustração para apresentar os principais níveis de ruídos provocados pelo homem</p> <p>Saber escolher um sonômetro para atuar como perito no mercado</p> <p>Saber ler a resposta ao impulso dos principais filtros utilizados em Telecomunicações</p> <p>Realizar cálculos para encontrar a resposta ao impulso dos principais filtros utilizados em Telecomunicações</p> <p>Saber selecionar filtros para conectar o aparelho de telefone do STFC numa linha ADSL</p> <p>Saber selecionar Analisadores de Espectro para aplicações práticas</p> <p>Saber aplicar o Quadro de Atribuição de Faixas de Frequências no Brasil do PDFF da Anatel</p> <p>Saber distinguir a diferença entre filtro ideal e filtros realizáveis</p> <p>Propor atualizações para inovações no Projeto de Infraestrutura de IoT por meio de um Mapa de Empatia (ME)</p>

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
		<p>das funções DEP dos transmissores ATU-C e ATU-R, referenciados na norma G.992.1 da ITU-T</p> <p>Capacidade de selecionar Analisadores de Espectro para aplicações práticas</p> <p>Capacidade de ler, compreender e utilizar as informações do Quadro de Atribuição de Faixas de Frequências no Brasil do PDFF da Anatel</p> <p>Capacidade de compreender o filtro ideal e os filtros realizáveis</p> <p>Capacidade de aplicar o ME num projeto prático</p>	

Capítulo 4 – Modulações Analógicas 101

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
<p>Modulações em Amplitude</p> <p>Modulações em Ângulo</p> <p>Serviços de Radiodifusão e seus Ancilares</p> <p>Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil (PDFF)</p> <p>Projeto de Infraestrutura de Internet das Coisas (IoT)</p>	<p>Conhecer a importância do rádio</p> <p>Conhecer os Sistemas de Comunicações Analógicas</p> <p>Conhecer as Modulações em Amplitude: AM, DSB-SC, SSB, QAM e VSB</p> <p>Conhecer o Índice de Modulação (IM) da Modulação em Amplitude (AM)</p> <p>Conhecer os sinais e o espectro de frequências das Modulações em Amplitude</p> <p>Conhecer as vantagens e as desvantagens das Modulações em Amplitude</p> <p>Conhecer o equacionamento matemático das Modulações em Amplitude</p> <p>Conhecer o diagrama de blocos de um Sistema de Comunicação Analógica: Transmissor AM e o Receptor AM Super-Heteródino</p>	<p>Capacidade de compreender a importância do rádio</p> <p>Capacidade de compreender como o rádio pode se rejuvenescer por meio da inovação</p> <p>Capacidade de expressar sobre a importância do rádio</p> <p>Capacidade de compreender o funcionamento dos Sistemas de Comunicações Analógicas</p> <p>Capacidade de realizar o equacionamento matemático envolvendo as Modulações em Amplitude</p> <p>Capacidade de realizar cálculos envolvendo as Modulações em Amplitude: AM, DSB-SC, SSB, QAM e VSB</p> <p>Capacidade de elaborar um pré-projeto prático de uma RadCom</p>	<p>Ser proativo</p> <p>Saber ouvir o outro</p> <p>Ser colaborativo</p> <p>Resolver conflitos</p> <p>Resolver problemas</p> <p>Ter espírito para trabalhar em equipe</p> <p>Dar importância ao rádio</p> <p>Propor formas para o rejuvenescimento do rádio por meio da inovação</p> <p>Saber expressar-se sobre a importância do rádio</p> <p>Saber o funcionamento dos Sistemas de Comunicações Analógicas</p> <p>Realizar o equacionamento matemático envolvendo as Modulações em Amplitude</p> <p>Realizar cálculos envolvendo as Modulações em Amplitude: AM, DSB-SC, SSB, QAM e VSB</p>

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
	<p>Conhecer o funcionamento de um conversor de frequências para FI, e o detector retificador AM</p> <p>Conhecer o rádio de Galena</p> <p>Conhecer as Modulações em Ângulo: FM e PM</p> <p>Conhecer os sinais das Modulações em Ângulo</p> <p>Conhecer as vantagens e as desvantagens das Modulações em Ângulo</p> <p>Conhecer o equacionamento matemático das Modulações em Ângulo</p> <p>Conhecer o diagrama de blocos de um Sistema de Comunicação Analógica: Transmissor FM Indireto de Armstrong e o Receptor FM Super-Heteródino</p> <p>Conhecer o Configurador de Formato para um Transmissor FM, incluindo Pré-Ênfase e Deênfase</p> <p>Conhecer as Modulações FM e PM de Faixa Estreita</p> <p>Conhecer os principais parâmetros dos sinais FM</p> <p>Conhecer as larguras de faixas de frequências das Modulações PM e FM de Faixa Larga e das Modulações PM e FM de Faixa Estreita</p> <p>Conhecer a demodulação FM por meio de diferenciação direta</p> <p>Conhecer transmissão estereofônica FM para um Sistema de Tom-Piloto</p> <p>Conhecer a Multiplexação por Divisão em Frequência (FDM)</p> <p>Conhecer a demodulação FM por meio de diferenciação direta</p> <p>Conhecer transmissão estereofônica FM para um Sistema de Tom-Piloto</p>	<p>Capacidade de ler o diagrama de blocos de um Sistema de Comunicação Analógica: Modulações em Amplitude</p> <p>Capacidade de realizar cálculos envolvendo o Índice de Modulação (IM) para a modulação AM</p> <p>Capacidade de representar os sinais das Modulações em Amplitude no domínio do tempo e no domínio da frequência</p> <p>Capacidade de compreender as vantagens e as desvantagens das Modulações em Amplitude</p> <p>Capacidade de pesquisar circuitos práticos para receptores AM e FM</p> <p>Capacidade de compreender o funcionamento de um Transmissor AM</p> <p>Capacidade de compreender o funcionamento de um Receptor AM Super-Heteródino</p> <p>Capacidade de realizar o equacionamento matemático para as Modulações em Ângulo</p> <p>Capacidade de realizar cálculos envolvendo Modulações em Ângulo</p> <p>Capacidade de ler o diagrama de blocos de um Sistema de Comunicação Analógica: Modulações em Ângulo</p> <p>Capacidade de representar os sinais das Modulações em Ângulo no domínio do tempo</p> <p>Capacidade de compreender as vantagens e as desvantagens das Modulações em Ângulo</p> <p>Capacidade de compreender o funcionamento de um Transmissor FM Indireto de Armstrong</p> <p>Capacidade de compreender o funcionamento de um Receptor FM Super-Heteródino</p>	<p>Despertar o interesse de construir receptores de rádio</p> <p>Elaborar um pré-projeto prático de uma RadCom</p> <p>Saber ler o diagrama de blocos de um Sistema de Comunicação Analógica: Modulações em Amplitude</p> <p>Realizar cálculos envolvendo o Índice de Modulação (IM) para a modulação AM</p> <p>Saber representar os sinais das Modulações em Amplitude no domínio do tempo e no domínio da frequência</p> <p>Saber aplicar as Modulações em Amplitude</p> <p>Saber pesquisar circuitos práticos para receptores AM e FM</p> <p>Saber o funcionamento de um Transmissor AM</p> <p>Saber o funcionamento de um Receptor AM Super-Heteródino</p> <p>Realizar o equacionamento matemático para as Modulações em Ângulo</p> <p>Realizar cálculos envolvendo Modulações em Ângulo</p> <p>Saber ler o diagrama de blocos de um Sistema de Comunicação Analógica: Modulações em Ângulo</p> <p>Saber representar os sinais das Modulações em Ângulo no domínio do tempo</p> <p>Saber as vantagens e as desvantagens das Modulações em Ângulo</p> <p>Saber o funcionamento de um Transmissor FM Indireto de Armstrong</p> <p>Saber o funcionamento de um Receptor FM Super-Heteródino</p> <p>Saber o funcionamento das Modulações FM e PM de Faixa Estreita</p>

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
<p>Conhecer a Multiplexação por Divisão em Frequência (FDM)</p> <p>Conhecer os Serviços de Radiodifusão e seus Ancilares</p> <p>Conhecer o Quadro de Atribuição de Faixas de Frequências no Brasil do PDFF da Anatel e suas atualizações</p> <p>Conhecer os parâmetros típicos de receptores de rádios AM e FM</p> <p>Conhecer o processo de solicitação de uma marca no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi) por meio do Sistema e-Marcas</p>	<p>Capacidade de compreender a importância de Pré-Ênfase e Deênfase em FM</p> <p>Capacidade de compreender as Modulações FM e PM de Faixa Estreita</p> <p>Capacidade de compreender os principais parâmetros dos sinais FM</p> <p>Capacidade de compreender as larguras de faixas de frequências das Modulações FM e PM de Faixa Larga e Modulações FM e PM de Faixa Estreita</p> <p>Capacidade de compreender o processo de demodulação FM por meio de diferenciação direta</p> <p>Capacidade de compreender uma transmissão estereofônica FM para um Sistema de Tom-Piloto</p> <p>Capacidade de compreender a multiplexação FDM e a sua importância</p> <p>Capacidade de compreender os Serviços de Radiodifusão e seus Ancilares, e suas características técnicas</p> <p>Capacidade de compreender o Quadro de Atribuição de Faixas de Frequências no Brasil do PDFF da Anatel e suas possíveis atualizações</p> <p>Capacidade de compreender o processo de solicitação de uma marca no Inpi por meio do Sistema e-Marcas</p> <p>Capacidade de aplicar a construção de uma marca num projeto prático</p>	<p>Saber aplicar os principais parâmetros dos sinais FM</p> <p>Realizar cálculos envolvendo as larguras de faixas de frequências das Modulações FM e PM de Faixa Larga e Modulações FM e PM de Faixa Estreita</p> <p>Saber realizar a demodulação FM por meio de diferenciação direta</p> <p>Saber extrair os dois canais estereofônicos no receptor, a partir de uma transmissão estereofônica FM para um Sistema de Tom-Piloto</p> <p>Saber aplicar a multiplexação FDM e reconhecer sua importância</p> <p>Saber identificar os Serviços de Radiodifusão e seus Ancilares, bem como suas características técnicas</p> <p>Saber atualizar o Quadro de Atribuição de Faixas de Frequências no Brasil do PDFF</p> <p>Saber aplicar os parâmetros típicos de receptores de rádios AM e FM</p> <p>Saber o processo de solicitação de uma marca no Inpi por meio do Sistema e-Marcas</p> <p>Propor uma marca para o produto/serviço inovador do Projeto de Infraestrutura de IoT</p>	

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
<p>Amostragem</p> <p>Modulações por Pulsos</p> <p>Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM)</p> <p>Codificadores e Decodificadores de Áudio</p> <p>Plano de Atribuição, Destinação e Distribuição de Faixas de Frequências no Brasil (PDFF)</p> <p>Projeto de Infraestrutura de Internet das Coisas (IoT)</p>	<p>Conhecer o Teorema da Amostragem</p> <p>Conhecer as Leis de Compressão: Lei μ e Lei A</p> <p>Conhecer os principais sinais modulados por pulsos: PWM, PAM, PPM e PCM</p> <p>Conhecer a multiplexação TDM</p> <p>Conhecer os principais Codificadores e Decodificadores (Codecs) de Áudio</p> <p>Conhecer as principais normas da ITU-T relacionadas aos Codecs de Áudio</p> <p>Conhecer os principais sinais de linha: RZ, NRZ, AMI e HDB-3</p> <p>Conhecer a Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI)</p> <p>Conhecer as tecnologias legadas do STFC</p> <p>Conhecer um Sonômetro de Baixo Custo (SBC)</p> <p>Conhecer o terminal de transmissão PCM</p> <p>Conhecer a regra para geração de um sinal HDB-3</p> <p>Conhecer a fórmula da Relação Sinal-Ruído (RSR) de saída para sinais PCM</p> <p>Conhecer a largura de faixa dos sinais PCM</p> <p>Conhecer o terminal de recepção PCM</p> <p>Conhecer os principais problemas na transmissão e na recepção de um sinal PCM</p> <p>Conhecer a estrutura básica de quadro e multiquadro do PCM, a partir das normas da ITU-T</p> <p>Conhecer os principais problemas dos regeneradores PCM</p>	<p>Capacidade de aplicar o Teorema da Amostragem</p> <p>Capacidade de realizar cálculos utilizando a Frequência de Amostragem de Nyquist e o Intervalo de Amostragem de Nyquist</p> <p>Capacidade de aplicar as Leis de Compressão</p> <p>Capacidade de compreender os principais sinais modulados por pulsos</p> <p>Capacidade de realizar a multiplexação TDM</p> <p>Capacidade de escolher os Codecs de Áudio</p> <p>Capacidade de ampliar o conhecimento sobre os Codecs de Áudio, a partir das normas da ITU-T</p> <p>Capacidade de gerar os principais sinais de linha</p> <p>Capacidade de reconhecer e compreender as principais redes legadas do STFC</p> <p>Capacidade de projetar um SBC, a partir de conhecimentos sobre o processo de amostragem, quantização e codificação de sinais analógicos</p> <p>Capacidade de compreender o diagrama de blocos do terminal de transmissão PCM</p> <p>Capacidade de reconhecer as principais TAM mais utilizadas pelo PCM</p> <p>Capacidade de compreender a regra para geração de um sinal HDB-3</p> <p>Capacidade de gerar um sinal HDB-3</p> <p>Capacidade de realizar cálculos envolvendo a RSR de saída para sinais PCM</p>	<p>Ser proativo</p> <p>Saber ouvir o outro</p> <p>Ser colaborativo</p> <p>Resolver conflitos</p> <p>Resolver problemas</p> <p>Ter espírito para trabalhar em equipe</p> <p>Saber aplicar o Teorema da Amostragem</p> <p>Realizar cálculos utilizando a Frequência de Amostragem de Nyquist e o Intervalo de Amostragem de Nyquist</p> <p>Saber aplicar as Leis de Compressão</p> <p>Compreender os principais sinais modulados por pulsos</p> <p>Saber realizar a multiplexação TDM</p> <p>Saber escolher os Codecs de Áudio</p> <p>Saber ampliar o conhecimento sobre os Codecs de Áudio por meio das principais normas da ITU-T</p> <p>Saber gerar os principais sinais de linha</p> <p>Reconhecer e compreender as principais redes legadas do STFC</p> <p>Elaborar um pré-projeto prático de um SBC, a partir de conhecimentos sobre amostragem, quantização e codificação de sinais analógicos</p> <p>Compreender o diagrama de blocos do terminal de transmissão PCM</p> <p>Reconhecer as principais TAM mais utilizadas pelo Terminal de Transmissão PCM</p> <p>Compreender a regra para geração de um sinal HDB-3</p>

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
	<p>Conhecer a possibilidade de transmissão de um sinal PCM por meio de um transmissor FM</p> <p>Conhecer um enlace de micro-ondas terrestre</p> <p>Conhecer a forma de dimensionamento de um enlace de micro-ondas terrestre</p> <p>Conhecer a atribuição de subfaixas de frequências para aplicações do STFC, a partir do PDFF na faixa de EHF</p> <p>Conhecer as redes com Hierarquia Digital Plesiócrona (PDH)</p> <p>Conhecer as redes com Hierarquia Digital Síncrona (SDH)</p> <p>Conhecer aplicações de redes PDH e SDH</p> <p>Conhecer o Quadro de Modelo de Negócios (QMN)</p>	<p>Capacidade de realizar cálculos envolvendo a largura de faixa dos sinais PCM</p> <p>Capacidade de compreender o diagrama de blocos do terminal de recepção PCM</p> <p>Capacidade de compreender os principais problemas na transmissão e na recepção de um sinal PCM</p> <p>Capacidade de compreender a estrutura básica de quadro e multiquadro, a partir das normas da ITU-T</p> <p>Capacidade de compreender os principais problemas dos regeneradores PCM</p> <p>Capacidade de realizar uma transmissão de um sinal PCM por meio de um transmissor FM</p> <p>Capacidade de expressar opinião sobre o futuro do STFC</p> <p>Capacidade de expandir o conhecimento sobre os Codecs de Áudio utilizando implementações práticas disponibilizadas pela ITU-T</p> <p>Capacidade de comprimir e descomprimir arquivos de áudio por meio de programas disponíveis no mercado</p> <p>Capacidade de propor uma ilustração para representar o grau de fidelidade de diversas mídias e diversos formatos de música em relação à fidelidade do formato original em estúdio</p> <p>Capacidade de expressar opinião sobre o mercado de música, com abertura para inovações</p> <p>Capacidade de compreender um enlace de micro-ondas terrestre</p>	<p>Saber gerar um sinal HDB-3</p> <p>Realizar cálculos envolvendo a RSR de saída para sinais PCM</p> <p>Realizar cálculos envolvendo a largura de faixa dos sinais PCM</p> <p>Compreender o diagrama de blocos do terminal de recepção PCM</p> <p>Compreender os principais problemas na transmissão e na recepção do PCM</p> <p>Saber a estrutura básica de quadro e multiquadro, a partir das normas da ITU-T</p> <p>Saber os principais problemas dos regeneradores PCM</p> <p>Saber realizar uma transmissão de um sinal PCM por meio de um transmissor FM</p> <p>Saber expressar-se sobre o futuro do STFC</p> <p>Buscar o conhecimento sobre os Codecs de Áudio utilizando implementações práticas disponibilizadas pela ITU-T</p> <p>Realizar a compressão e a descompressão de arquivos de áudio por meio de programas disponíveis no mercado</p> <p>Propor uma ilustração para representar o grau de fidelidade de diversas mídias e diversos formatos de música em relação à fidelidade do formato original em estúdio</p> <p>Saber expressar-se sobre o mercado de música atual, com possibilidade de inovações</p> <p>Compreender um enlace de micro-ondas terrestre por meio das principais normas da ITU-R</p>

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
		<p>Capacidade de compreender um enlace de micro-ondas terrestre por meio das principais normas da ITU-R</p> <p>Capacidade de realizar cálculos para o dimensionamento de um enlace de micro-ondas terrestre</p> <p>Capacidade de relacionar o PDF na faixa de EHF para as aplicações práticas do STFC</p> <p>Capacidade de compreender as redes PDH</p> <p>Capacidade de compreender as redes SDH</p> <p>Capacidade de compreender as aplicações das redes PDF e SDH pelo STFC</p> <p>Capacidade de expressar opinião sobre a importância das redes SDH no contexto do STFC, além de identificar seus principais concorrentes</p> <p>Capacidade de propor uma ilustração para o ME</p> <p>Capacidade de propor uma ilustração para o QMN</p> <p>Capacidade de propor atualizações para o ME do Projeto de Infraestrutura de IoT</p> <p>Capacidade de propor um QMN para o Projeto de Infraestrutura de IoT</p>	<p>Buscar a ampliação do conhecimento sobre o projeto de um enlace de micro-ondas terrestre por meio das principais normas da ITU-R</p> <p>Realizar cálculos para o dimensionamento de um enlace de micro-ondas terrestre</p> <p>Saber relacionar o PDF na faixa de EHF para as aplicações práticas do STFC</p> <p>Saber aplicar as redes PDF e SDH</p> <p>Saber expressar-se sobre a importância das redes SDH no contexto do STFC e identificar seus principais concorrentes</p> <p>Propor uma ilustração para o ME</p> <p>Propor uma ilustração para o QMN</p> <p>Propor atualizações para o ME para o Projeto de Infraestrutura de IoT</p> <p>Propor um QMN para o Projeto de Infraestrutura de IoT</p>

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
<p>Processos Estocásticos</p> <p>Modulações Digitais</p> <p>Desempenho de Sistemas de Comunicações Digitais</p>	<p>Conhecer os principais Processos Estocásticos relacionados com a Teoria de Telecomunicações</p> <p>Conhecer as principais fórmulas de Processos Estocásticos</p>	<p>Capacidade de compreender os principais Processos Estocásticos relacionados com a Teoria de Telecomunicações</p> <p>Capacidade de realizar cálculos com as principais fórmulas de Processos Estocásticos</p>	<p>Ser proativo</p> <p>Saber ouvir o outro</p> <p>Ser colaborativo</p> <p>Resolver conflitos</p> <p>Resolver problemas</p> <p>Ter espírito para trabalhar em equipe</p>

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
Modelos de Propagação de Sinais Projeto de Infraestrutura de Internet das Coisas (IoT)	<p>Conhecer os requisitos dos Processos Estacionários, dos Processos Estacionários no Sentido Amplo (WSS) e dos Processos Ergódicos</p> <p>Conhecer a definição para a Função DEP e para a Função de Autocorrelação</p> <p>Conhecer a Função DEP e a Função de Autocorrelação do ruído térmico (AWGN)</p> <p>Conhecer o processo de filtragem do ruído AWGN</p> <p>Conhecer as principais modulações digitais: PSK, FSK, ASK e QAM</p> <p>Conhecer as regiões de decisão das modulações digitais</p> <p>Conhecer o diagrama de olho e seus parâmetros</p> <p>Conhecer a interferência intersimbólica (ISS)</p> <p>Conhecer os principais Sistemas de Comunicações Digitais Coerentes e Não Coerentes</p> <p>Conhecer modelos de receptores digitais com ruído AWGN</p> <p>Conhecer o diagrama de blocos do receptor Bask</p> <p>Conhecer o desempenho dos principais Sistemas de Comunicações Digitais por meio de gráficos da PSE e da BER</p> <p>Conhecer a fórmula de eficiência espectral, a partir da definição da Energia de Bit por Energia do Ruído AWGN</p> <p>Conhecer aplicações da fórmula de eficiência espectral para os principais Sistemas de Comunicações Digitais</p> <p>Conhecer as normas 802.11 e 802.15 do IEEE</p>	<p>Capacidade de reconhecer os Processos Estacionários, WSS e Ergódicos</p> <p>Capacidade de realizar cálculos com a Função DEP e a Função de Autocorrelação</p> <p>Capacidade de compreender a filtragem do ruído AWGN e sua importância no cálculo de desempenhos para os Sistemas de Comunicações</p> <p>Capacidade de compreender as principais modulações digitais</p> <p>Capacidade de determinar as regiões de decisão das modulações digitais</p> <p>Capacidade de compreender o diagrama de olho e seus parâmetros</p> <p>Capacidade de compreender a ISS</p> <p>Capacidade de distinguir os principais Sistemas de Comunicações Digitais Coerentes e Não Coerentes</p> <p>Capacidade de compreender os receptores digitais com ruído AWGN</p> <p>Capacidade de compreender o diagrama de blocos do receptor Bask</p> <p>Capacidade de realizar cálculos de desempenhos para os principais Sistemas de Comunicações Digitais</p> <p>Capacidade de realizar cálculos de desempenho para os principais receptores digitais com ruído AWGN</p> <p>Capacidade de aplicar a fórmula de eficiência espectral para os principais Sistemas de Comunicações Digitais</p> <p>Capacidade de compreender e selecionar parâmetros para os principais Sistemas de Comunicações Digitais em aplicações práticas</p>	<p>Saber compreender os principais Processos Estocásticos relacionados com a Teoria de Telecomunicações</p> <p>Realizar cálculos com as principais fórmulas de Processos Estocásticos</p> <p>Saber reconhecer os Processos Estacionários, WSS e Ergódicos</p> <p>Realizar cálculos com a Função DEP e Função de Autocorrelação</p> <p>Dar importância à filtragem do ruído AWGN no cálculo de desempenho de Sistemas de Comunicações</p> <p>Compreender as principais modulações digitais</p> <p>Saber determinar as regiões de decisão das modulações digitais</p> <p>Compreender o diagrama de olho e seus parâmetros</p> <p>Compreender a ISS</p> <p>Saber distinguir os principais Sistemas de Comunicações Digitais Coerentes e Não Coerentes</p> <p>Compreender os receptores digitais com ruído AWGN</p> <p>Compreender o diagrama de blocos do receptor Bask</p> <p>Realizar cálculos de desempenhos dos principais Sistemas de Comunicações Digitais</p> <p>Realizar cálculos de desempenho para os principais receptores digitais com ruído AWGN</p> <p>Aplicar a fórmula de eficiência espectral para os principais Sistemas de Comunicações Digitais</p> <p>Selecionar parâmetros para os principais Sistemas de Comunicações Digitais em aplicações práticas</p> <p>Ler e compreender gráficos de desempenho da PSE e da BER para os principais Sistemas de Comunicações Digitais</p>

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
	<p>Conhecer os parâmetros dos canais de radiodifusão no Brasil, disponibilizados pela Anatel</p> <p>Conhecer a ferramenta Google Earth Pro</p> <p>Conhecer os principais Modelos de Propagação de Sinais</p> <p>Conhecer a metodologia de aplicação de Modelos de Propagação de Sinais, a partir da norma da ITU-R BT.2035-2 para Televisão Digital</p> <p>Conhecer a ferramenta de <i>Design Thinking Personas</i></p>	<p>Capacidade de ler e compreender gráficos de desempenho da PSE e da BER para os principais Sistemas de Comunicações Digitais</p> <p>Capacidade de relacionar os principais parâmetros e desempenhos das modulações digitais com as normas 802.11 e 802.15 do IEEE</p> <p>Capacidade de descobrir os parâmetros dos canais de radiodifusão no Brasil, disponibilizados pela Anatel</p> <p>Capacidade de fazer o levantamento do perfil do terreno, a partir do Google Earth Pro</p> <p>Capacidade de aplicar Modelos de Propagação de Sinais, a partir da Recomendação da ITU-R BT.2035-2</p> <p>Capacidade de buscar e adaptar Modelos de Propagação de Sinais</p> <p>Capacidade de realizar cálculos com os principais Modelos de Propagação de Sinais</p> <p>Capacidade de aplicar a ferramenta de <i>Design Thinking Personas</i></p>	<p>Relacionar os principais parâmetros e desempenhos das modulações digitais com as normas 802.11 e 802.15 do IEEE</p> <p>Buscar o conhecimento dos parâmetros dos canais de radiodifusão no Brasil, disponibilizados pela Anatel</p> <p>Propor um levantamento do perfil do terreno, a partir do Google Earth Pro</p> <p>Saber aplicar Modelos de Propagação de Sinais, a partir da Recomendação da ITU-R BT.2035-2</p> <p>Buscar e adaptar Modelos de Propagação de Sinais</p> <p>Realizar cálculos com os principais Modelos de Propagação de Sinais</p> <p>Aplicar a ferramenta de <i>Design Thinking Personas</i></p> <p>Propor três <i>Personas</i> para o Projeto de Infraestrutura de IoT</p> <p>Propor atualizações para o ME para o Projeto de Infraestrutura de IoT</p> <p>Propor atualizações para o QMN para o Projeto de Infraestrutura de IoT</p>

Capítulo 7 – Sistemas de Comunicações Codificados..... 169

Conteúdo Programático	Competências		
	Conhecimentos	Habilidades	Atitudes
<p>Fundamentos da Teoria de Informação</p> <p>Codificação de Fonte</p> <p>Codificação de Canal</p> <p>Sistemas de Comunicações Codificados</p>	<p>Conhecer as principais medidas de informação e Entropia</p> <p>Conhecer as propriedades da Entropia</p> <p>Conhecer as principais fórmulas para o cálculo da incerteza com uma e duas variáveis</p> <p>Conhecer os principais canais DMC</p>	<p>Capacidade de compreender as principais medidas de informação e Entropia</p> <p>Capacidade de compreender as propriedades da Entropia</p> <p>Capacidade de realizar cálculos com as principais fórmulas da incerteza com uma e duas variáveis</p> <p>Capacidade de identificar os principais canais DMC</p>	<p>Ser proativo</p> <p>Saber ouvir o outro</p> <p>Ser colaborativo</p> <p>Resolver conflitos</p> <p>Resolver problemas</p> <p>Ter espírito para trabalhar em equipe</p> <p>Ser capaz de compreender as principais medidas de informação e Entropia</p>