



# PRECOM

Workshop Multidisciplinar  
em Precificação do Espectro  
Eletromagnético

*21 e 22 de Maio*  
*Florianópolis*



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA



Este evento faz parte do Termo de Execução Descentralizada 02/2023 relativa ao Processo no  
53500.099070/2023-37.

# Contents

<b>Sobre o PRECOM</b>	<b>4</b>
PRECOM . . . . .	4
UFSC . . . . .	4
Organizadores . . . . .	4
<b>Agenda</b>	<b>5</b>
Terça-feira, 21 de Maio . . . . .	5
Quarta-feira, 22 de Maio . . . . .	6
<b>Resumos - Apresentações</b>	<b>7</b>
Terça-feira, 21 de Maio . . . . .	7
Quarta-feira, 22 de Maio . . . . .	8
<b>Lista de Participantes</b>	<b>12</b>
<b>Informações Úteis</b>	<b>13</b>
Como chegar? . . . . .	13

# Sobre o PRECOM

Este documento é um dos entregáveis do projeto "Estudo e Prospecção de Técnicas para Aperfeiçoamento de Metodologia de Precificação do Espectro de Radiofrequências".

## PRECOM

O I Workshop em Pesquisa Multidisciplinar em Precificação do Espectro Eletromagnético tem como objetivo aproximar pesquisadores da academia e profissionais que trabalham com o estado da arte no campo de regulação para telecomunicações.

Os tópicos principais do workshop são (a) análises sobre os aspectos referentes às novas tecnologias e seus impactos na precificação do espectro, assim como (b) as análises econômicas para determinação dos custos fixos e variáveis dos serviços de telecomunicações.

## UFSC

O PRECOM workshop será organizado pela UFSC por meio de um projeto multidisciplinar envolvendo o Centro Tecnológico (CTC) e o Centro Sócio Econômico (CSE). Professores e discentes que integram este projeto estão espalhados nos diversos cursos destes centros como Engenharia Elétrica e Eletrônica e Economia.

## Organizadores

X. L. Travassos D. Vasconcelos A. Boava

# Agenda

CT: Discussão, DI: Discente, DO: Docente.

## Terça-feira, 21 de Maio

8:10–8:30		<b>Recepção</b>	
8:30–9:10		<b>Mesa Redonda</b>	
9:10–10:05	DO	<b>Daniel Vasconcelos</b> CSE, Economia	Economia da regulação e precificação no caso do 5g/Anatel
10:05–10:30	CT	<b>Discussão</b> Anatel, UFSC	
10:30–11:00		<b>Coffee</b>	
11:00–11:50	DI	<b>Ricardo Tolentino</b> CSE, Economia	Revisão sobre as modalidades de leilão
11:50–12:45	CT	<b>Discussão</b> Anatel, UFSC	
12:45–14:00		<b>Almoço</b>	
14:00–14:50	DI	<b>Julia Rech</b> CSE, Economia	Revisão sobre metodologia de avaliação técnico-econômica
14:50–15:25	CT	<b>Discussão</b> Anatel, UFSC	
15:25–16:05		<b>Coffee</b>	
16:05–16:50	DI	<b>Cristiano Langer</b> CTC, Eng. Elétrica	Análise de sensibilidade do modelo Anatel / Análise de Monte Carlo
16:50–17:20	CT	<b>Discussão</b> Anatel, UFSC	
17:20–18:00		<b>Fechamento do dia</b>	

## Quarta-feira, 22 de Maio

8:30-9:10	DI	<b>Rafael Lang</b> CTC, Eng. Elétrica	Projeto de redes, estimativa de eficiência espectral, impactos de novas arquiteturas 6G
9:10-9:40	CT	<b>Discussão</b> UFSC, Anatel	
9:40-10:30	DI	<b>Gabriel Braun</b> CTC, Eng. Elétrica	Compartilhamento de Infraestrutura e Espectro e Considerações Sobre a Capacidade de Entrega de Dados
10:30-11:10	<b>Coffee</b>		
11:10-11:40	DI	<b>Mateus Marin</b> CTC, Eng. Eletrônica	Demanda de número de usuários e por serviços de comunicação móvel
11:40-12:10	CT	<b>Discussão</b> UFSC, Anatel	
12:10-14:00	<b>Almoço</b>		
14:00-14:30	DO	<b>A. Boava</b> UFSC, Blumenau	Evolução das Redes de Telecomunicações: Tecnologias x Modelos de Precificação
14:30-15:00	DI	<b>Luiza Machado</b> CTC, Eng. Eletrônica	Casos de uso / requisitos / faixas de espectro 6G
15:00-15:30	CT	<b>Discussão</b> UFSC, Anatel	
15:30-16:00	DI	<b>Eduardo Notari</b> CTC, Eng. Elétrica	Estudos sobre o impacto de C-RAN, D-RAN e OpenRAN no custo de implantação
16:00-16:30	CT	<b>Discussão</b> UFSC, Anatel	
16:30-17:30	<b>Encerramento</b>		

# Resumos – Apresentações

**Terça-feira, 21 de Maio**

**Mesa Redonda**

*J. Borges da Silva Neto, E. Carvalho N. Alencar, Willian Gerson Matias, X. L. Travassos*

Anatel, UFSC

Apresentação institucional ANATEL/UFSC.

**Economia da regulação e precificação no caso do 5G/Anatel**

*D. Vasconcelos*

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

Economia da regulação: propósitos, métodos, objetivos. Regulação e precificação. Um esboço inicial do projeto de precificação do 5G no Brasil, a partir do modelo vigente de precificação da ANATEL e dos novos desenvolvimentos da economia da precificação.

**Economia da regulação e precificação no caso do 5G/Anatel**

*R. Tolentino*

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

O trabalho se propõe a realizar o referencial teórico e analisar os tipos mais comuns de leilões aplicados, bem como suas principais características e onde deixam a desejar. Ao longo do trabalho discute-se os modelos de leilão Inglês, Holandês Reverso, Concurso de Beleza como exemplos clássicos aplicados da Teoria dos Leilões. Os leilões de Vickrey (Nobel 1996), Simultaneous Multiple Round Auction (SMRA, Nobel 2020) e Combinatorial Clock Auction (CCA) compõem a análise, sendo abordados estudos recentes de caso com tais aplicabilidades (Espanha 2018 e 2021, Alemanha 2019 e Índia 2022, dentre outros.) A partir do estudo de cada tipo e com o entendimento dos mecanismos necessários para gerar uma maior eficiência alocativa e de preços (tâtonnement walrasiano), será feito o cruzamento com as modalidades realizadas pela ANATEL até o momento para que se possa apontar pontos de melhoria e estruturas que atendam às suas demandas.

## **Revisão sobre metodologia de avaliação técnico-econômica**

***J. Rech***

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

O estudo revisa a metodologia de avaliação técnico-econômica da tecnologia 5G, incluindo uma análise das práticas internacionais. Destacam-se os Estados Unidos, como referência em tecnologias 5G e inovações, e a Índia, devido às semelhanças territoriais com o Brasil, proporcionando uma perspectiva comparativa entre mercados emergentes. A pesquisa avança para o contexto brasileiro, evidenciando disparidades no acesso à conectividade digital entre regiões urbanas e rurais. O trabalho visa identificar as limitações e oportunidades para a implantação e expansão da rede 5G no Brasil, avaliando modelos de negócios e projeções financeiras, além de uma análise estimativa das diferentes áreas. Por fim, avalia-se o uso de sistemas fotovoltaicos como soluções energéticas sustentáveis para redes móveis 5G em áreas rurais, quantificando o consumo de energia e os custos associados à implementação desses sistemas.

## **Análise de sensibilidade do modelo Anatel / Análise de Monte Carlo**

***C. Langner***

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

Este estudo baseia-se em uma revisão da literatura contemporânea para analisar as práticas da comunidade científica, com foco nos indicadores financeiros, como Valor Presente Líquido (VPL), capex e opex. Exploramos a sensibilidade do modelo de precificação e a utilização da análise de Monte Carlo (MC) para estimar valores e explorar os riscos associados às variáveis do processo de precificação. Além disso, buscamos aprimoramentos para o método de MC, incluindo a adição de Cadeias de Markov, visando melhorar a precisão das simulações. Por meio dessas simulações estocásticas, identificamos e quantificamos esses riscos em diferentes cenários, buscando compreender as melhores práticas do processo de precificação e os fatores que o influenciam.

**Quarta-feira, 22 de Maio**



## **Projeto de redes, estimativa de eficiência espectral, impactos de novas arquiteturas 6G**

**R. Lang**

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

O crescimento acelerado dos serviços móveis tem impulsionado a busca por uma rede global e universal. Contudo, esse avanço enfrenta uma série de desafios, incitando pesquisadores a explorar novos modelos de projetos de redes. A escassez do espectro de frequência é um dos principais obstáculos, exigindo a adoção de estratégias para melhorar a eficiência espectral. Isso implica em enviar mais dados utilizando a mesma banda, aumentando a capacidade da rede, a velocidade de transmissão e o número de usuários atendidos. Cada nova geração de tecnologia móvel traz consigo novos desafios, demandando uma compreensão das necessidades futuras e a viabilização de recursos para satisfazê-las. As metas incluem a cobertura mundial, a integração com a Internet das Coisas (IoT), a fusão do mundo físico e virtual, bem como a criação de novas formas de interação e experiências imersivas. Nesse contexto, são exploradas tecnologias emergentes, como redes via satélite, drones, redes compartilhadas, Massive multi-input multi-output (mMIMO), Cell-Free, C-RAN, entre vários outros visando atender as demandas de um cenário móvel em constante evolução.

## **Compartilhamento de Infraestrutura e Espectro e Considerações Sobre a Capacidade de Entrega de Dados**

**G. Braun**

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

**Compartilhamento de Infraestrutura** Considero os principais modelos de compartilhamento de infraestrutura e os elementos associados. Atualmente a classificação mais utilizada é a divisão em grupos de acordo com a tecnologia utilizada. Nesse modelo os grupos são divididos em: Passive Infrastructure Sharing e Active Infrastructure Sharing. Estes são subdivididos em site sharing e backhaul sharing (Passive Infrastructure Sharing), e MORAN e MOCN (Active Infrastructure Sharing). Vamos revisar artigos com casos reais de aplicação de tal modelo.

**Compartilhamento de Espectro** O compartilhamento de espectro pode ajudar, permitindo o acesso móvel a faixas de frequência adicionais em áreas e momentos em que outros serviços não as estão utilizando, auxiliando na demanda crescente de tráfego. Discutiremos sobre os métodos de compartilhamento de espectro e casos de aplicação.

**Capacidade de Dados** Iremos avaliar modelos matemáticos para estimar a entrega de dados de uma rede, baseado em parâmetros como a eficiência espectral.

## **Demanda de número de usuários e por serviços de comunicação móvel**

**M. Marin**

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

O cenário das tecnologias móveis no Brasil tem testemunhado uma significativa evolução ao longo dos últimos anos, impulsionado por uma combinação de avanços tecnológicos e mudanças sociais. Compreender a demanda de número de usuários e serviços de comunicação móvel torna-se não apenas uma necessidade, mas também uma oportunidade para avaliar tendências, antecipar desafios e identificar oportunidades de crescimento. Nesta apresentação, será abordada uma análise abrangente sobre a demanda de usuários e serviços de comunicação móvel no Brasil, delimitando a metodologia adotada, o cenário atual, projeções futuras e comparações internacionais. A metodologia empregada visa fornecer uma estrutura para a compreensão do contexto, englobando diferentes aspectos para uma análise completa e objetiva. Ao explorar o cenário atual no Brasil, serão examinados indicadores-chave que refletem a adoção e o uso das tecnologias móveis, considerando fatores como acesso à internet móvel, padrões de consumo e preferências dos usuários. Estabelecer uma base sólida com dados atualizados é fundamental para contextualizar as projeções futuras e identificar padrões de comportamento emergentes. A partir das projeções de demanda, serão apresentadas estimativas e tendências para os próximos anos, levando em consideração fatores como crescimento populacional, evolução tecnológica, mudanças regulatórias e demanda por serviços específicos. Por fim, serão realizadas comparações internacionais, destacando as características distintivas do mercado brasileiro em relação a outros países, bem como identificando melhores práticas e lições aprendidas que possam orientar estratégias futuras. A análise comparativa é essencial para situar o Brasil em um contexto global e extrair aprendizados relevantes para aprimorar a oferta de serviços de comunicação móvel.

## **Evolução das Redes de Telecomunicações: Tecnologias x Modelos de Precificação**

**A. Boava**

Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau

À medida que as redes de telecomunicação continuam a evoluir em resposta às novas tecnologias, os modelos de precificação também devem se adaptar para acompanhar as demandas dos consumidores e as mudanças no mercado. A apresentação fará um breve histórico das redes tradicionais (fixa e móvel) e suas formas de precificação até as redes mais modernas como as redes privadas 5G. A apresentação procura mostrar também uma visão de faturamento sob a ótica do usuário (melhor uma rede determinística ou estatística), analisando perfis de uso e tendências de novos serviços.

## Casos de uso / requisitos / faixas de espectro 6G

*L. Machado*

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

Nos últimos anos observamos os avanços em velocidade, estabilidade de conexão e desenvolvimento de novas tecnologias trazidos com a implementação da quinta geração de redes de comunicação sem fio. O progresso tecnológico, porém, exige cada vez mais das redes móveis, de modo que já está sendo estudada a sexta geração (6G) de comunicações móveis. Esse estudo visa, entre outras coisas, prever as principais demandas das tecnologias que estão por vir e o que será preciso para colocá-las em prática. Os desafios incluem a necessidade do uso de faixas de frequência mais elevadas (que trazem dificuldades do ponto de vista de eletrônica e propagação), além da construção de uma rede robusta o suficiente para aguentar o número crescente de dispositivos conectados. Nesse trabalho serão explorados os requisitos, casos de uso e faixas de frequência propostos ou sob investigação para a 6G, bem como uma análise de algumas tecnologias habilitadoras que podem viabilizar a implementação da 6G em 2030, como planejado pela ITU.

### **Estudos sobre o impacto de C-RAN, D-RAN e OpenRAN no custo de implantação de redes**

*E. Notari*

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

Dependendo da tecnologia empregada na distribuição dos dados para as gNodes, a através da Radio Access Network (RAN), que é responsável por transportar os dados processados no core da rede ao user equipment via rádio, podem ser feitas na configuração de d-RAN, c-ran e openRAN. A d-ran (distributed RAN), utiliza uma configuração em que a unidade de rádio (RU) e a Unidade de Bandabase BBU onde os dados processado para a interface de rádio, estão na mesma localização. Esta configuração exigem um número grande de unidades dos equipamentos envolvidos e custo maior no OPEX. O c-RAN (centralized RAN), o BBU é sub-dividido em DU (Data Unit) e CU (Central Unit) que estão separados e distantes das antenas na rede 5G. A RU fica junto do DU e o CU, centraliza e atende várias estações-base. Isso pode gerar uma economia de mais de 40% no CAPEX e OPEX. O openRAN virtualiza e desacopla o software do hardware nas soluções, possibilitando a flexibilidade e mobilidade na rede móvel. Também impacta no custo, dependendo da sua utilização e locação do espaço virtual onde se deseja ter a solução operando. Essa configuração traz a solução para a borda da rede, e assim possibilitando atender aplicações críticas com restrições específicas da rede.

<sup>1</sup> Faculty of Science and Technology,

# Lista de Participantes

Eduardo Carvalho N. Alencar	Anatel, Brasília
José Borges da Silva Neto	Anatel, Brasília
Edgar Barbosa de Souza	Anatel, Brasília
Guido Lorencini Schuina	Anatel, Brasília
Rodrigo Barbosa de Paula	Anatel, São Paulo
Stevan Grubisic	Anatel, Florianópolis
Willian Gerson Matias	UFSC, Florianópolis
Xisto Lucas Travassos	UFSC, Florianópolis
Daniel Vasconcelos	UFSC, Florianópolis
Adão Boava	UFSC, Blumenau
Ricardo Tolentino	UFSC, Florianópolis
Julia Rech	UFSC, Florianópolis
Cristiano Langner	UFSC, Florianópolis
Rafael Lang	UFSC, Florianópolis
Eduardo Notari	UFSC, Florianópolis
Gabriel Braun	UFSC, Florianópolis
Mateus Marin	UFSC, Florianópolis
Luiza Barbosa	UFSC, Florianópolis

# Informações Úteis

O PRECOM será realizado no mini-auditório de Economia e Relações Internacionais no Centro Sócio Econômico.

**Coffee breaks** serão servidos na sala das apresentações.

**Almoço** será realizado nos restaurantes próximos da UFSC. O Restaurante Universitário é uma opção porém há uma grande fila de espera.

Wi-Fi estará disponível durante o workshop na rede eduroam.

## Como chegar?

Pela entrada da UFSC pela Trindade/Praça Santos Dumont: conjunto de edifícios à direita da via de acesso. Acessar o CSE pelo hall de entrada (Bloco A), subir a escadas até o terceiro pavimento (Mini-auditório de Economia e Relações Internacionais). Há placas indicativas no pavimento, à saída da escada. No hall de entrada, o pessoal da recepção pode dar orientações. Para casos em que seja necessária atenção a acessibilidade, há um elevador no Bloco B, que também permite chegar ao terceiro pavimento e acessar o mini-auditório.

- **Taxi/Aplicativo:** desembarque do lado direito (aproximadamente 25 minutos),
- **Ônibus:** linhas 431 e 138 (aproximadamente 1h).



Mapa do Campus Reitor João David Ferreira Lima  
Trindade - Florianópolis - SC



- UNIDADES ADMINISTRATIVAS E ACADÊMICAS**
- 1 EFI - Espaço Físico Integrado
  - 2 Colégio de Aplicação
  - 3 DAE - Departamento de Administração Escolar
  - PROAD - Pró-Reitoria de Administração
  - PROEX - Pró-Reitoria de Extensão
  - PROPEQS - Pró-Reitoria de Pesquisa
  - PROPLAN - Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento
  - SINTER - Secretaria de Relações Internacionais
  - 4 DAC - Departamento Artístico e Cultural
  - 5 LABUFSC - Laboratório de Apoio ao Aluno da UFSC
  - PRAE - Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis
  - 6 Gabinete da Reitoria
  - Ouvidoria
  - PROGRAD - Pró-Reitoria de Graduação
  - PROPG - Pró-Reitoria de Pós-Graduação
  - SEAI - Secretaria de Aperfeiçoamento Institucional
  - SEGESP - Secretaria de Gestão de Pessoas
  - 7 NDI - Núcleo de Desenvolvimento Infantil
  - 8 MARQUE - Museu de Arqueologia e Etnologia/UFSC
  - 9 Planetário
  - 10 DCE - Diretório Central dos Estudantes
  - 11 SECULT - Secretaria de Cultura
  - 12 Piscinas
  - 13 Ginásios Esportivos
  - 14 DESEG - Departamento de Segurança

- CENTROS DE ENSINO**
- CCB - Centro de Ciências Biológicas
  - CED - Centro de Ciências da Educação
  - CCS - Centro de Ciências da Saúde
  - CFM - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas
  - CCJ - Centro de Ciências Jurídicas
  - CCE - Centro de Comunicação e Expressão
  - CDS - Centro de Desportos
  - CFH - Centro de Filosofia e Ciências Humanas
  - CSE - Centro Socioeconômico
  - CTC - Centro Tecnológico

- SERVIÇOS**
- ✕ Alimentação
  - 🚌 Ponto de Ônibus
  - 💰 Agência bancária / Caixa eletrônico
  - ℹ Informação
  - 🏪 Farmácia
  - E Estacionamento
  - ✉ Correios
  - 🏥 Hospital
  - 🚲 Bicicletário
  - 📖 Biblioteca Setorial

Escala Aproximada 1:5000



PRODUÇÃO:  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Diretoria-Geral de Comunicação/GR  
Coordenadoria de Design e Programação Visual  
Coordenação: Ailton Jordani | Supervisão: Audrey Schmitz  
Projeto Gráfico: Aline Alberti, Matheus Lasto e Milene Antunes  
Apoio: DPAE/PROPLAN  
Impressão: Imprensa Universitária.  
Distribuição Gratuita | Janeiro de 2014  
O mapa da Ilha de Santa Catarina foi desenvolvido a partir do projeto de Igor Dias e Mateus Prestes - LABTATE e AGECOM, 2009.  
www.ufsc.br | (48) 3721-9000

