

FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE APOIO AO ENSINO EM ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Leonardo Henrique Gonsioroski – leonardohgfs@hotmail.com
Rogério Moreira Lima Silva – rogeriomls@gmail.com
Amanda Beatriz Cunha dos Santos – amandabiacs@gmail.com
Jairon Viana Batista – engenharia.pl06@gmail.com
Sandra Eloi Ferreira Nogueira – sandra_elo@yahoo.com.br
Igor Amorim Silva – igoramorimsilva2@gmail.com
Marcos Jose Dos Passos Sa – sa.marcos@gmail.com
Ana Paula Ferreira Costa – paula.anafc@gmail.com

Universidade Estadual do Maranhão
Cidade Universitária Paulo VI - Tirirical/Cidade Operária,
São Luís - MA
CEP 65055-310

Resumo: Este trabalho apresenta a estratégia didático-pedagógica elaborada pelo grupo de estudos GETICOM da Universidade Estadual do Maranhão para melhorar a compreensão dos conceitos teóricos da disciplina de Redes Móveis e Rádio Acesso do curso de graduação de Engenharia de Computação. Através da plataforma de prototipagem MATLAB foi desenvolvido uma ferramenta computacional de apoio ao ensino-aprendizagem denominada "Cálculos de Parâmetros para o Planejamento de Sistemas Celulares – CPPSC", que facilita ao aluno a simulação de cálculos necessários à concepção de projetos, gerando eficientes resultados no planejamento de uma rede de telefonia celular. O desenvolvimento e a utilização desta ferramenta são importante para a redução de custos e otimização do tempo no planejamento de uma rede móvel além de objetivar o maior interesse do aluno na busca e assimilação do conhecimento.

Palavras-chave: Planejamento celular. Redes móveis. Software.

1 INTRODUÇÃO

O surgimento da internet juntamente com a evolução tecnológica tornou os serviços de banda larga móvel uma necessidade vital para os usuários de todo mundo. Esse fato, fez crescer de forma exponencial a procura por serviços de comunicação sem fio nos últimos anos, levando as empresas e os centros de pesquisas do setor de telecomunicações, tanto público como privado, a buscarem soluções mais eficientes e eficazes para o atendimento dessas demandas. Dentre as soluções encontradas, a atualização do sistema de telefonia móvel vigente e um planejamento eficiente das redes de telefonia celular existentes são consideradas as mais adequadas, gerando a necessidade de profissionais da área de telecomunicações mais bem preparados para conduzirem esse processo.

Dentro deste contexto, o curso de Engenharia de Computação da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) vem buscando excelência de ensino através da implantação de um

projeto pedagógico que contempla três áreas de concentração: Engenharia de Software e Tecnologia da Informação, Automação e Controle e Telecomunicações. A opção por um curso com três diferentes áreas de concentração foi realizada com o objetivo de possibilitar a oferta de certificações capazes de dar uma formação diferenciada, contínua e completa aos profissionais formados pelo curso.

Na área de Telecomunicações o curso possui uma grade curricular com diversas disciplinas voltadas para a formação do profissional em comunicações sem fio, sendo que destas, uma das mais importantes, é a disciplina de Redes Móveis e Rádio Acesso cujo objetivo é preparar seus alunos no estudo do processo de implantação e ampliação de Redes Celulares Móveis.

Ao longo dos anos, o plano de ensino da disciplina vem sendo otimizado com base em informações colhidas dos próprios alunos, através de debates de como a disciplina seria melhor aproveitada. A partir desses diálogos aluno-professor, observou-se a necessidade da criação de uma ferramenta que ajudasse a maximizar o estudo e o aprendizado da disciplina, o que culminou na criação do software de simulação “Cálculos de Parâmetros para o Planejamento de Sistemas Celulares” – CPPSC.

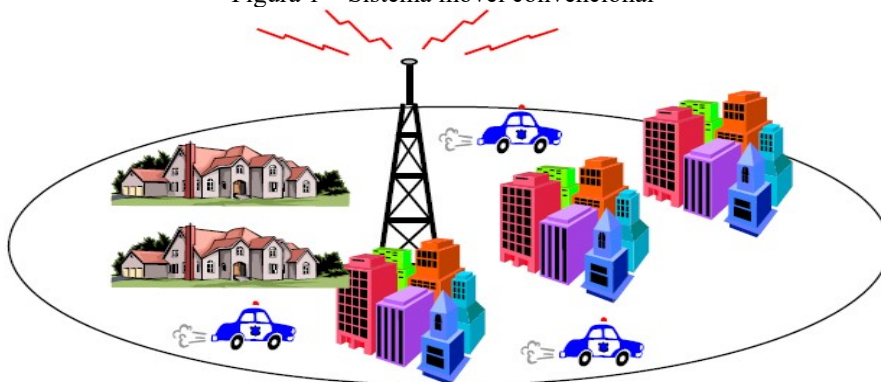
Esta ferramenta foi desenvolvida pelos alunos de graduação do curso, através do projeto de pesquisa, “Estudos da Aplicação das Tecnologias de Banda Larga sem Fio para Promover Inclusão Digital no Estado do Maranhão”, projeto apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), edital UNIVERSAL-01515/16. Hoje a ferramenta é utilizada por professores da disciplina de Redes Móveis e Rádio Acesso, em aulas de simulação e laboratório para apoiar o aprendizado do conteúdo teórico.

2 PLANEJAMENTO DE COMUNICAÇÕES CELULARES

Empresas prestadoras de serviços de telecomunicações necessitam realizar bem o planejamento de suas redes de telefonia celular. A complexidade desse planejamento aumentou ao longo do tempo, influenciado pela mudança no conceito celular, aumento por serviços de telecomunicações e evolução das redes de telefonia celular.

No início da telefonia móvel celular, uma rede era composta de um único transmissor de alta potência situado geralmente em um local elevado o qual garantia a cobertura para uma determinada área conforme Figura 1 (MELLO, RODRIGUES, 2002).

Figura 1 – Sistema móvel convencional

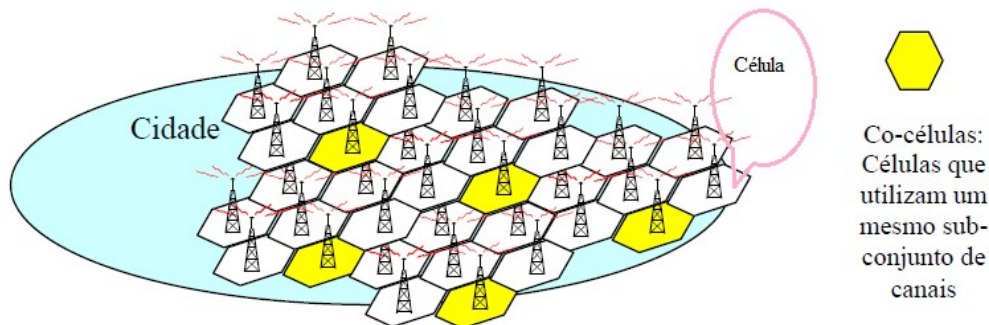


Fonte: MELLO, RODRIGUES, 2018

No entanto, devido a várias limitações, o sistema precisou passar por atualização para se tornar mais eficiente. Neste novo conceito a área iluminada sofre uma divisão em regiões

menores e cada uma dessas novas regiões são atendidas por um transmissor de baixa potência. Essas regiões são chamadas de células conforme se observa na Figura 2.

Figura 2: Conceito atualizado de sistema de telefonia móvel



Fonte: MELLO, RODRIGUES, 2002

Esse novo conceito de telefonia celular, juntamente com as soluções de engenharia nas áreas de modulação digital, codificação, técnicas de múltiplo acesso e desenvolvimento tecnológico na área de processamento digital de sinais, proporcionou atualmente sistemas de telefonia celulares extremamente eficientes capazes de atender vultuosas demandas de seus usuários com alta velocidade de dados.

O planejamento de um sistema celular para atender as demandas de uma certa região é modelado por um projeto composto por várias etapas. As principais são, a determinação da área de cobertura, modelos de propagação, características dos equipamentos que serão usados, cálculo e balanço do enlace e estudo do plano de reuso de frequências para o referido sistema.

2.1 Determinação da área de cobertura

A partir da determinação da área de cobertura é escolhido o modelo de propagação mais adequado para a região, a altura e localização da Estação Rádio Base (ERB), a estimativa do número de usuários da área coberta, o tráfego por célula, dentre outras coisas. Para se definir a área de cobertura de uma célula devem-se analisar as características dos equipamentos utilizados, tanto na ERB como na estação móvel, além de definir o modelo de propagação mais adequado para o ambiente.

2.2 Modelos de Propagação

Deve-se definir o modelo de propagação para que a partir dele, efetuem-se os cálculos para a composição do sistema de cobertura e uma série de parâmetros, como: raio da célula, área de cobertura, potência e altura da antena, níveis de interferência, dentre outros. Os modelos mais utilizados nos sistemas de comunicação por rádio são: Okumura-Hata para macro células, Cost 231 – Hata Model e Walfisch-Ikegami para macro e micro células (RAPPAPORT, 2009).

2.3 Características dos equipamentos

A partir da tecnologia escolhida, e de alguns parâmetros, é necessário a escolha dos equipamentos a serem empregados na utilização do projeto. A escolha deve atender as especificações necessárias para o atendimento da demanda a qual o projeto está relacionado, além de se adaptar ao ambiente no qual será instalado.

2.4 Cálculo do Enlace

O cálculo do enlace é uma das etapas fundamentais no planejamento celular, onde dois importantes parâmetros são calculados para que o engenheiro possa determinar o raio das células, ou seja, a distância mínima entre duas estações rádio base (ERB) que transmitem nas mesmas faixas de frequência. Estes parâmetros são, o Nível do Sinal Recebido e a Potência Efetivamente Irradiada. Com base nesses dois valores é possível encontrar a Perda Máxima de Propagação do sinal irradiado pela Estação Rádio Base e, portanto, a definição do raio máximo da célula.

Outros parâmetros que variam caso a caso na modelagem do planejamento celular, são inseridos no software de forma separada para integrar o cálculo do raio da célula. As equações (1) e (2) são respectivamente expressões finais de cálculo de Perda Máxima de Propagação e Raio da Célula.

$$LP_{m\acute{a}x} = L_{m\acute{a}x} - L_{penetração} - BL - M \quad (1)$$

$$R = 10^{\left(\frac{L_{MAX} - L_{TC} - BL - L_o}{10\gamma} \right)} \quad (2)$$

Onde: $L_{m\acute{a}x}$ – Perda máxima do enlace

$L_{penetração}$ - Perda de penetração

BL – Perda no Corpo Humano

M – Margem de Desvanecimento

L_o – Perda no Espaço Livre

γ – Constante de perda de propagação

2.5 Tráfego telefônico no sistema

Após a determinação do raio da célula, do fator de reuso e da configuração dos clusters, é necessário analisar o tráfego telefônico na área em questão, para a projeção do número de canais que serão utilizados pelo sistema. O número de canais deve atender a um Grau de Serviço (GOS) predefinido pela operadora de telefonia móvel, usualmente utiliza-se um GOS de 1% ou 2%.

3 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO

O planejamento de redes de telefonia celular é uma tarefa complexa, onde se devem fazer muitos cálculos, além de inserir uma série de especificações que deverão ser levadas em conta na hora do planejamento. Atualmente a utilização de softwares é empregada em todas as áreas do mercado de telecomunicações, não só na área de projetos, como também de manutenção, monitoração, tarifação, dentre outros.

Foi escolhido o software MATLAB para desenvolvimento de uma ferramenta de apoio no planejamento destas redes, visto que, na maioria das vezes, o aluno universitário da área de engenharia de telecomunicações, já teve algum contato com tal ferramenta na sua vida acadêmica.

3.1 Software para Planejamento de Sistemas Celulares

Com o objetivo de auxiliar o estudante de engenharia na elaboração do planejamento de redes de telefonia celular e na assimilação dos principais conceitos que estão em torno do

desenvolvimento do planejamento de redes móveis, foi desenvolvida a aplicação “Cálculos de Parâmetros para o Planejamento de Sistemas Celulares”. O software em MATLAB, efetua uma série de cálculos baseado nas informações inseridas, onde o mesmo irá obter informações que irão ajudá-lo na análise da viabilidade de um sistema celular.

A aplicação é composta pela tela principal, conforme visto na Figura 3, que é dividida em módulos, onde o usuário irá inserir uma série de dados e solicitar o cálculo de cada parte que compõe o planejamento celular.

3.2 Tipo de Sistema

Nesse módulo, a Figura 3, apesar de o software exibir três opções de padrões de sistemas celular móveis, GSM, UMTS e LTE, o usuário só poderá escolher, por enquanto, a opção GSM. Já com o padrão habilitado, a escolha da frequência de operação do sistema deverá também ser escolhida.

Figura 3 – Cálculos de Parâmetros para o Planejamento de Sistemas Celulares

The screenshot shows a MATLAB-based software interface for cellular system planning. It features a title bar and a main window with multiple tabs and input sections. The 'Tipo de Sistema' section at the top allows selecting GSM, UMTS, or LTE, with a frequency dropdown. The 'Parâmetros de Entrada' section is split into 'Estação Rádio Base' and 'Telefone Móvel', each with fields for power, antenna gain, height, and cable loss. The 'Propagação' section includes propagation model and environment selection. 'Parâmetros Sistêmicos' covers channel numbers, GOS, and traffic. The 'Link Budget' section provides a detailed calculation table for power, attenuation, and gain. Finally, the 'Parâmetros Referentes a Área de Cobertura' section includes coverage radius and area calculations.

Fonte: Própria

3.3 Estação Rádio Base

Neste módulo são inseridas ou escolhidas informações referentes à estação rádio base associadas ao ganho e perdas. Neste caso, estão cadastrados alguns modelos de antena que já possuem uma configuração básica, ou se preferir, o usuário poderá escolher a opção personalizada e lançar os valores. Também são inseridas as informações referentes às perdas nos cabos, que estão padronizadas internacionalmente, ou se desejar, poderá personalizar sua escolha.

Figura 4 – Opções de estação rádio base e Cabo pré-definidas

Parâmetros de Entrada

Estação Rádio Base — ☐ Personalizado — ☒ Pré-definido — Ericson 884 LP

Potência de Transmissão: 36 dBm Limiar de Recepção: -109.5 dBm

Ganho da Antena: dB Tipo de Cabos: 1/2"

Altura da Antena: m Comprimento do Cabo: m

Ganho Amplificador: dB Atenuação nos Cabos: dB

Fonte: Própria

3.4 Telefone Móvel

No módulo telefonia móvel são inseridos os parâmetros da estação móvel. Além de parâmetro como *Body loss* e a localização da estação, o usuário poderá escolher entre o modulo personalizado ou as classes já definidas para a estação móvel.

Figura 5 – Opções de estação móvel pré-definidas

Telefone Móvel — ☐ Personalizado — ☒ Pré-definido — Classe III-IV

Potência de Transmissão: 28 dBm Limiar de Recepção: -99.5 dBm

Ganho da Antena: dB Localização: Outdoor

Altura da Antena: m Perda de Penetração: 0 dB

Body Loss: dB

Fonte: Própria

3.5 Propagação

No módulo de propagação o usuário deverá escolher um modelo de propagação para o espaço livre, o ambiente para que o sistema esteja sendo projetada, a altura média das construções e se os telhados são ou não inclinados. As perdas de propagação e o coeficiente de atenuação são exibidos automaticamente após a execução do cálculo do link.

Figura 6 – Parâmetros referentes ao modelo de propagação

Propagação

Modelo de Propagação: Okumura-Hata

Número médio de andares dos prédios:

Ambiente: Rural

Tipo de Telhado: Inclinado

Perdas de Propagação [Lpmax]:

Coeficiente de Atenuação [y]:

Fonte: Própria

3.6 Parâmetros Sistêmicos

Aqui são inseridos parâmetros referentes ao sistema utilizado, deverá ser lançado o tráfego médio por usuário, o GOS e a densidade de tráfego, então após solicitar o cálculo, será

informado os parâmetros restantes como: números de canais e as portadoras por célula, dentre outros.

Figura 7 – Parâmetros sistêmicos

Parâmetros Sistêmicos	
Número de Canais/Célula:	<input type="text"/>
Número de Portadoras/Célula:	<input type="text"/>
Número de Setores:	<input type="text"/>
Distância de Reuso:	<input type="text"/>
Razão de Reuso:	<input type="text"/>
C/I:	<input type="text"/>
GOS (%):	<input type="text"/>
Densidade de Tráfego:	<input type="text"/>
Tráfego:	<input type="text"/>
Trafego M. por Usuario:	<input type="text"/>

Fonte: Própria

3.7 Link Budget

O módulo de balanceamento do enlace é o local que depois de inserido todas as especificações dos equipamentos envolvidos no sistema, efetuam-se os cálculos dos parâmetros de propagação e se obtém a perda no balanceamento do enlace.

Figura 8 – Link Budget

Link Budget	DownLink ERB -> Movel	UpLink Movel -> ERB
Calcula Link Budget		
Potência de transmissão [PT]	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Atenuação nos cabos [AC]	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ganho da antena transmissora [GT]	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Potência Efetiva Irradiada [EIRP] $EIRP = PT - AC + GT$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Limiar (sensibilidade) do receptor [SR]	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Atenuação nos cabos [AC]	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ganho da antena receptora [GR]	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nível mínimo de recepção [RSmin] $RSmin = SR + AC - GR$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Atenuação máxima em cada enlace [Amax] $Amax = [ERP] - [RSmin]$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Perda de Balanceamento	<input type="text"/>	

Fonte: Própria

3.8 Parâmetros Referentes à Área de Cobertura

Neste módulo verifica-se os parâmetros já inseridos no sistema e a partir daí efetua uma série de cálculos chegando a área total de cobertura do sistema planejado.

Figura 9 – Área total da cobertura

Parametros Referentes a Area de Cobertura

Perdas Utilizadas no Calculo do Enlace

Balanceamento do Enlace

Propagacao Aerea

Corpo Humano

Variação do Ambiente

Margem de Desvanecimento

Calcula Raio da Celula

Area Total de Cobertura :

Raio da Celula:

Area da Celula:

Fonte: Própria

Depois de efetuados os cálculos pelo sistema cabe ao usuário observar se os resultados alcançados foram os esperados e se os mesmos estão de acordo com os padrões do sistema móvel em questão, pois o sistema em questão não emite alertas, caso esses parâmetros sejam extrapolados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho trouxe de forma simplificada aspectos conceituais do planejamento de redes de comunicações celulares, para apresentar uma ferramenta computacional que foi desenvolvida para melhorar a compreensão da disciplina de redes móveis e rádio acesso do curso de graduação em engenharia de computação da Universidade Estadual do Maranhão.

O desenvolvimento e utilização do software de “Cálculos de Parâmetros para o Planejamento de Sistemas Celulares”, mostrou-se eficiente e útil como ferramenta de apoio em projetos didáticos para a disciplina de Redes Móveis e Rádio Acesso, pois o mesmo, de modo simples, simula o resultado do planejamento de uma rede realizando cálculos de forma automatizada, apresentando parâmetros importantes no planejamento de uma rede celular para diferentes cenários. Neste sentido, a utilização do software pelos estudantes facilitou não somente a elaboração de projeto de planejamento celular, mas também proporcionou uma maior compreensão de conceitos ligados a engenharia de telecomunicações que são de difícil entendimento quando da ausência de exemplos práticos. Desta forma, os alunos puderam perceber o reforço que a ferramenta traz ao ser utilizada na disciplina, despertando maior interesse dos alunos nos conteúdos. A metodologia não somente está centrada na utilização da ferramenta, como também na maior interação professor-aluno, aumentando o envolvimento do aluno relacionado ao ensino-aprendizagem. Apesar do software estar em uso há mais de um ano e apresentando ótimos resultados para o aprendizado do conteúdo da disciplina, a mesma vem sendo melhorada e outras funcionalidades sendo implementadas, tais como o uso para os padrões UMTS e LTE.

REFERÊNCIAS

Livros:

RAPPAPORT, Theodore S.; VIEIRA, Daniel Vieira (trad.). **Comunicações Sem Fio Princípios e Práticas**. 2ª ed. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2009.

Monografias, dissertações e teses:

RON, Carlos Vinício Rodríguez. **Planejamento de Sistemas Celulares na Transição para a Terceira Geração**. 2003. Dissertação de Mestrado - Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, junho de 2003.

Internet:

MATLAB. Disponível em: <https://www.mathworks.com>. Acessado em 25 de mar. 2018.

MELLO, Luiz A. R. da; RODRIGUES, Márcio Eduardo C. **Introdução aos Sistemas Móveis Celulares**. Disponível em: http://www.prof-leonardo.com.br/Redes%20Moveis/Apost_1_PSCCR.pdf. Acesso em: 05 de mai. 2018.

Rede de telefonia celular. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_de_telefonia_celular. Acessado em 25 de nov. 2017.

COMPUTER TOOL SUPPORT FOR TEACHING IN TELECOMMUNICATION ENGINEERING

Abstract: *This work presents the didactic-pedagogical strategy elaborated by the GETICOM study group of the State University of Maranhão to improve the understanding of the theoretical concepts of the discipline of Mobile Networks and Access Radio of the graduation course of Computer Engineering. Through the MATLAB prototyping platform, a computational tool was developed to support teaching and learning called "Calculations of Parameters for the Planning of Cellular Systems" (CPPSC), which facilitates the student to simulate the calculations needed to design projects, generating efficient planning results of a cellular telephone network. The development and use of this tool is important for the reduction of costs and optimization of time in the planning of a mobile network besides objectifying the greater interest of the student in the search and assimilation of knowledge.*

Keywords: *Cell planning. Mobile networks. Software.*