



UM AMBIENTE EDUCACIONAL MULTIMÍDIA DIRECIONADO PARA SISTEMAS DE MICROONDAS

Humberto Abdalla Júnior – abdalla@ene.unb.br

Paulo Carvalho – paulo@ene.unb.br

Luis. F. Molinaro – molinaro@nmi.unb.br

Carlos. Evangelista - alphakaos@gmail.com

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica.

Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte,

70910000 - Brasília – D.F.

Resumo: *Este artigo descreve uma proposta de ensino e projeto de circuitos de microondas que integra novas tecnologias da informação ao processo educacional tradicional. O ambiente proposto, além de aulas presenciais, é constituído por tutoriais eletrônicos, videostreaming, software de análise e síntese, animações, biblioteca virtual e outros meios complementares. Nos últimos anos este ambiente vem sendo utilizado na disciplina de Circuitos de Microondas do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília. A eficiência do método é comprovada por meio da crescente procura pelo curso e por pesquisa de opinião*

Palavras-chave: *Engenharia Elétrica, Telecomunicações, Circuitos de Microondas, Multimídia*

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o desenvolvimento e a diversificação das tecnologias da informação e comunicação vêm propiciando diversas experiências no processo de ensino-aprendizagem dos cursos universitários no Brasil. Dentro desse contexto, o Grupo de Telecomunicações da Universidade de Brasília (UnB) vem trabalhando na concepção de um ambiente educacional para circuitos de microondas, onde a aquisição das competências almejadas passa pelo engajamento do aluno como elemento ativo, crítico e autônomo. No modelo em desenvolvimento, o professor mais que uma fonte absoluta de saber e ciência, transforma-se no incentivador da aprendizagem. É papel do docente trabalhar o conteúdo da disciplina utilizando articuladamente as múltiplas mídias disponíveis.

2 O AMBIENTE DE APRENDIZADO



O ambiente proposto é composto de aulas presenciais, tutoriais eletrônicos, *videostreaming*, software de análise e síntese, biblioteca eletrônica e um *toolkit* contendo informações pertinentes à concepção de circuitos de microondas.

Nas aulas presenciais são abordados os principais temas relacionados ao curso sempre de forma a permitir a sua complementação através de trabalhos a serem efetuados pelos alunos. Em sala de aula é desenvolvida uma estratégia educacional onde o professor sugere um ritmo de aprendizado e supervisiona a relação ativa do aluno com o ambiente multimídia, (LATCMAN & SALZMANN,1999).

Os tutoriais eletrônicos fornecem uma compreensível abordagem de circuitos passivos e ativos de microondas.

O texto é implementado em forma de hipertexto permitindo assim uma fácil integração com os outros componentes do ambiente.

O *videostreaming* é um método de transmissão de áudio/vídeo de forma unidirecional pela Internet, que no nosso modelo desempenha duas funções: a distribuição das aulas em videoconferência ao vivo pela Internet e a possibilidade do aluno rever uma aula (*on-demand*) sempre que desejar.

A biblioteca eletrônica é composta de *white paper Application Notes* de fabricantes de equipamentos, relatórios sobre dispositivos já realizados e artigos já publicados pela UnB sobre o assunto.

O *toolkit* funciona como um espaço de integração e ampliação do conhecimento, onde são disponibilizados softwares de animação, dicas sobre processos de fabricação, páginas com perguntas e respostas sobre problemas de caracterização, galerias de componentes realizados e testados, endereços eletrônicos de fabricantes e dos principais centros de pesquisa.

Os softwares de análise e síntese permitem projetar Filtros, Acopladores, Multiplexadores Osciladores, Amplificadores e Multiplicadores de Freqüência.

Essas ferramentas de aprendizado são interconectadas por meio de um software de autoria, o que permite o ambiente ter uma identidade visual e uma continuidade pedagógica, Figura.1.

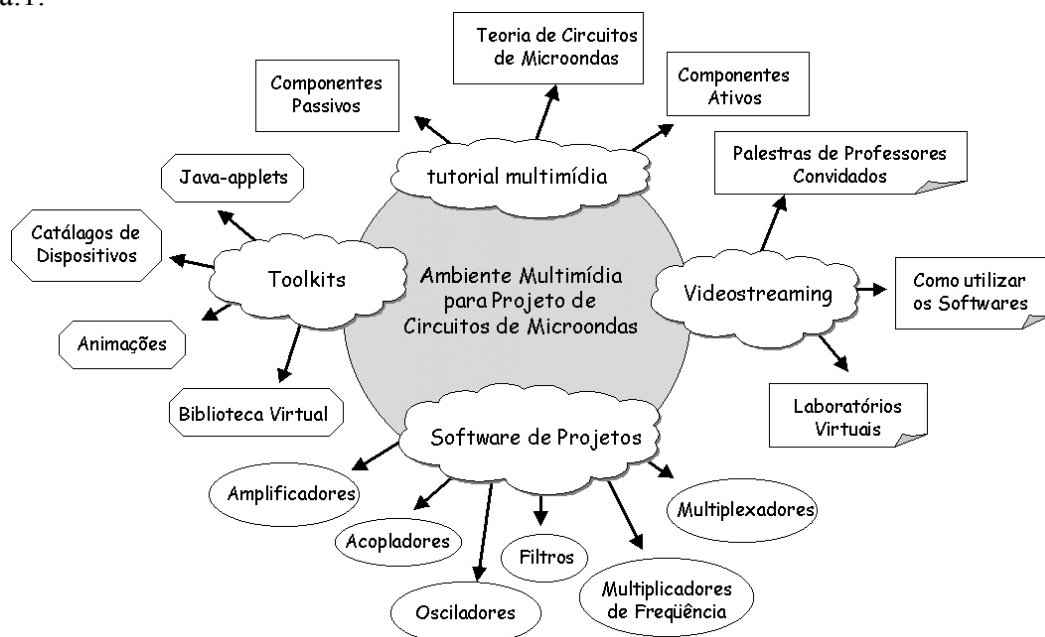


Figura 1. Ambiente Multimídia para o Ensino e Projeto de Microondas.



3 ESTRUTURA DO AMBIENTE MULTIMÍDIA

O ambiente multimídia desenvolvido, em forma de CD-ROM, aborda os conceitos básicos e os principais componentes de microondas à luz de considerações práticas de projeto. Os aspectos matemáticos que são exaustivamente tratados na literatura são voluntariamente reduzidos ao essencial, privilegiando assim, conceitos e informações de caráter prático. Os conhecimentos necessários para projeto de circuitos de microondas são apresentados em três módulos: Teoria de Circuitos de Microondas, Componentes Passivos e Componentes Ativos.

Cada módulo é composto de um tutorial multimídia, aplicativos de simulação, gráficos em duas e três dimensões, animações e vídeostreamings que são utilizados para ajudar o estudante a ter o adequado entendimento dos assuntos abordados. Todo conhecimento adquirido é exercitado nos softwares de projeto e posteriormente consolidados em experiências de laboratórios, (REID *et al.*, 2003).

4 TEORIA DE CIRCUITOS DE MICROONDAS

A teoria de Circuitos de Microondas, em relação a teoria convencional de circuitos em parâmetros concentrados, introduz um número de novos e diferentes conceitos. Para expor esses conceitos, as mídias disponíveis são utilizadas de maneira intercalada e efetiva.

Um tutorial desvenda gradativamente os segredos do universo das microondas. Por meio de hipertextos, figuras e animações vão sendo incorporados às explicações, facilitando a compreensão e visualização dos vários conceitos associados à análise temporal, espectral e teoria eletromagnética.

Atenção especial é dada a análise de quadripolos. Em microondas os quadripolos estão melhor caracterizados por meio dos parâmetros espalhamento do que em termos dos parâmetros immitância ou híbridos, (COLLIN, 2000). Com a ajuda de uma applet pode-se calcular a matriz espalhamento de quadripolos padrão, previamente especificados. A applet permite relacionar as diferentes matrizes que são utilizadas para caracterizar um quadripolo. É possível montar diversas topologias por meio de associação de quadripolos em serie, paralelo e em cascata, Figura 2.

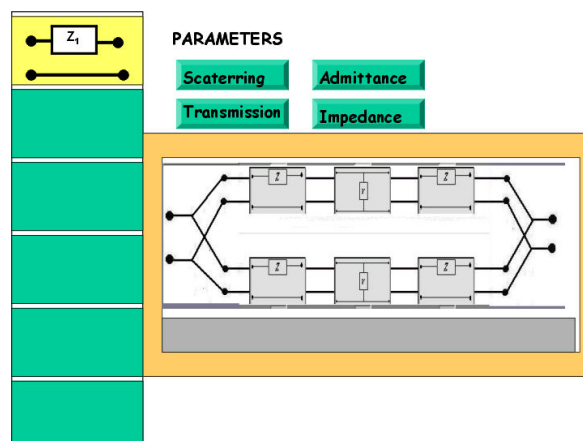


Figura. 2 –Applet para caracterização de Quadripolos



O tutorial de Linhas de Transmissão é voltado para linhas planares. Inicialmente aborda-se a linha de transmissão bi-filar e cabo coaxial. A partir desses dois meios de transmissão as linhas de transmissão básicas, microstrip e stripline, e suas derivações são analisadas. Uma comparação entre todas as linhas planares, levando em consideração faixa de frequência de utilização, facilidade de fabricação e sua integrabilidade com semicondutores é efetuada. Aspectos relacionados com descontinuidades e acoplamentos são também estudados. A noção de modos par e ímpar é introduzida e aplicada na análise de linhas acopladas paralelamente. Para consolidar os conhecimentos adquiridos, o estudante pode acessar uma applet de análise e síntese de linhas planares isoladas e acopladas, Figura.3.

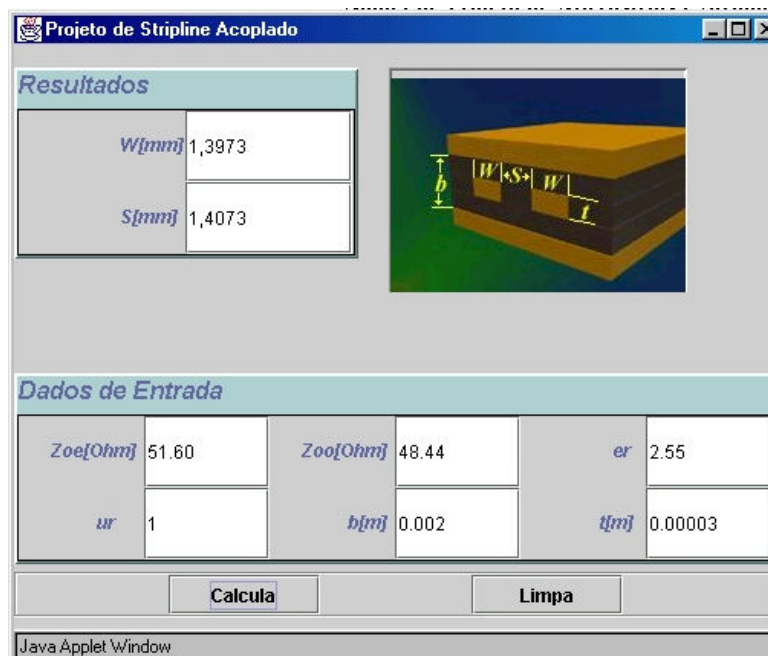


Figura 3 - Aplicativo sobre Linhas Planares

5 COMPONENTES PASSIVOS

O enfoque adotado para componentes passivos, tem com objetivo o projeto em linhas planares. Nesse sentido ênfase é dada a filtros, acopladores e multiplexadores, (Assunção *et al.*, 1999). Para cada dispositivo, são abordados os princípios de funcionamento, a importância em um sistema de comunicações e as principais aplicações.

No estudo de filtros o acesso à informação é obtido em três módulos, onde os seguintes tópicos são abordados

- Teoria da Aproximação - filtro ideal, resposta impulsional, resposta de frequência, tipos de filtros, tipos de aproximação.
- Síntese Passiva – redes em escada, método das perdas por inserção, transformações de frequência
- Linha de Transmissão - filtros com modo de transmissão Transverso Eletromagnético (TEM), matriz espalhamento, transformação dos filtros em parâmetros localizados em filtros com linhas planares de transmissão.



As aproximações utilizadas foram as aproximações clássicas, Máxima-Planura e Igual-Ondulação. Por meio de um software o aluno pode especificar o tipo de resposta desejada e visualizar em função do grau do filtro as diversas respostas no domínio do tempo e da frequência. Para melhor compreensão das diferenças entre os tipos de aproximações utilizadas o programa fornece a distribuição espacial dos pólos e zeros da função de transferência no plano da variável complexa s , Figura 4.

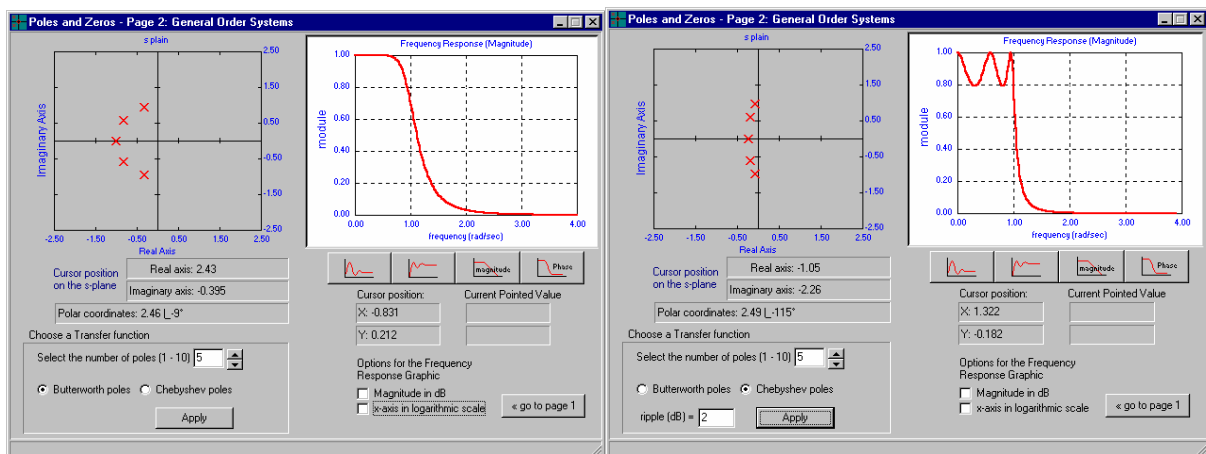


Figura 4 – Resposta em frequência e localização dos pólos das aproximações utilizadas para o projeto de filtros: Máxima Planura e Igual ondulação

Para o projeto de filtros em diversas faixas de frequência a metodologia empregada, parte do circuito equivalente passa-baixas e por meio de transformações de frequências apropriadas, o circuito na faixa de frequência desejada é obtido. Nesse sentido, uma applet mostra os efeitos das transformações de frequência, nos elementos de circuito e na resposta de frequência, quando aplicadas diretamente ao passa baixas normalizado, Figura 5.

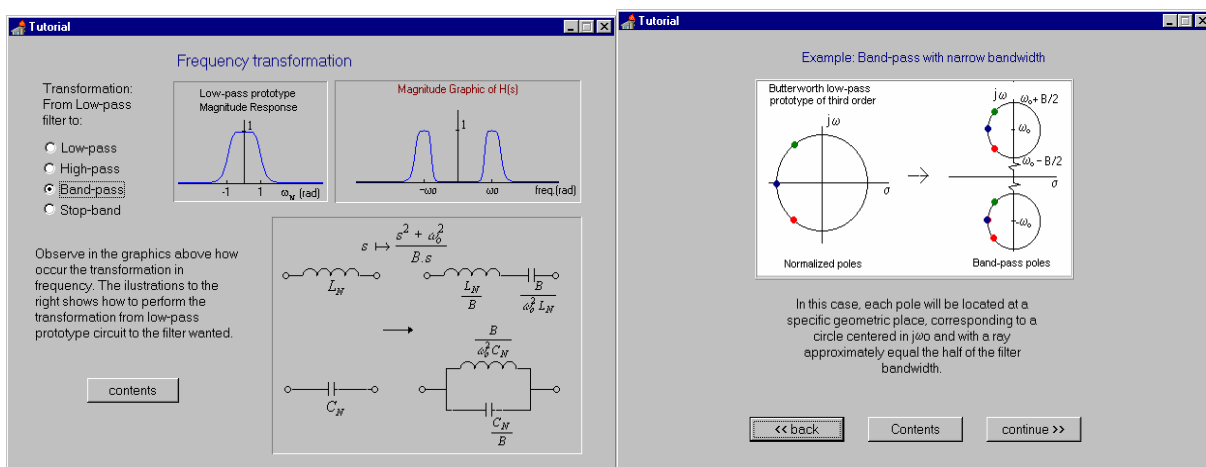


Figura 5 – Transformação do filtro passa-baixas em um filtro passa-faixa

O circuito em parâmetros distribuídos utiliza os conceitos de inversor de immitância e matriz de transmissão. O comportamento de linhas planares isoladas e acopladas é associado a capacitores, indutores e circuitos ressonantes. Com as informações adquiridas é possível



projetar, por meio de um software desenvolvido em consonância com a teoria, filtros passa-baixas, passa-faixa e rejeita-faixa, em diferentes topologias. A Figura 6 ilustra algumas topologias disponíveis para projeto, (ABDALLA et al 2003).

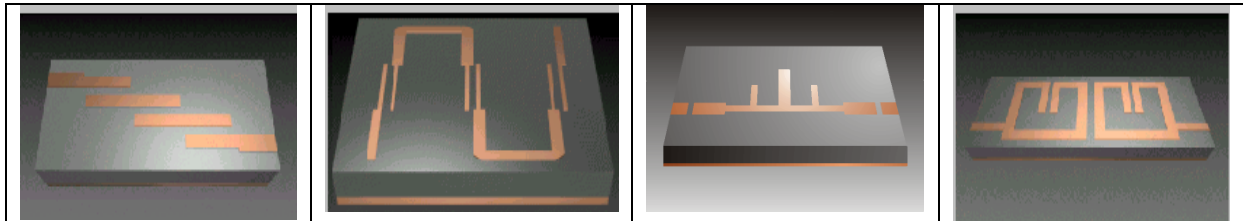


Figura 6 – Filtros em linhas de transmissão possíveis de serem realizados

O software fornece o layout do filtro, incluindo todas as dimensões necessárias para a fabricação de acordo com a tecnologia escolhida, Figura 7.

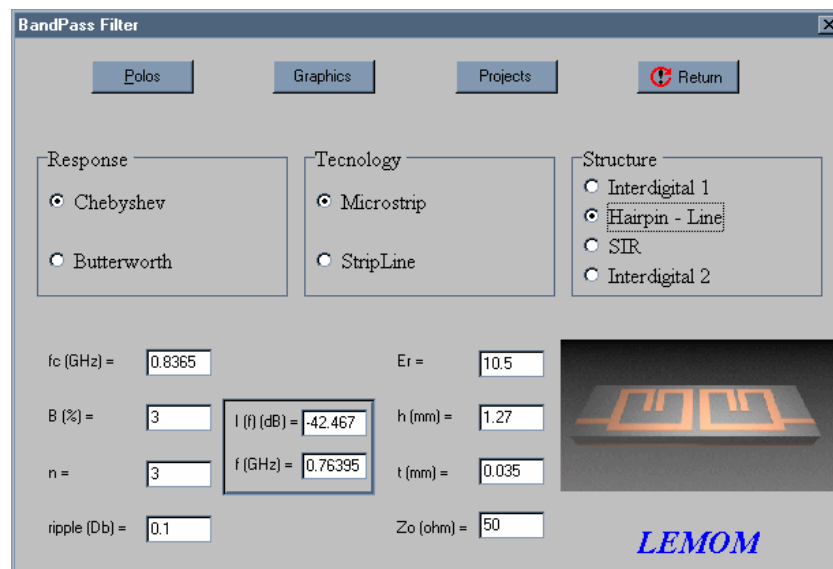


Figura 7 – Software de Projeto de Filtros de Microondas

Em multiplexadores se trabalha fortemente o conceito de casamento de impedância. Por meio de animações o aluno visualiza a complexidade de ser ter um banco de filtro onde cada um apresenta casamento perfeito em sua banda passante e impedância infinita nas bandas adjacentes. O módulo é estruturado de maneira a permitir o projeto de multiplexadores baseado em filtros complementares. Para isto é disponibilizado um software que permite a visualização da resposta de frequência e admitância de entrada de cada filtro. No final do módulo varias configurações são propostas para que o aluno analise e efetue o projeto em parâmetros distribuídos. O projeto de inicia-se com o calculo dos filtros isoladamente e termina com a concepção do circuito de interconexão. A topologia de um triplexador em stripline, possível de ser projetado, é mostrado na Fig. 8.

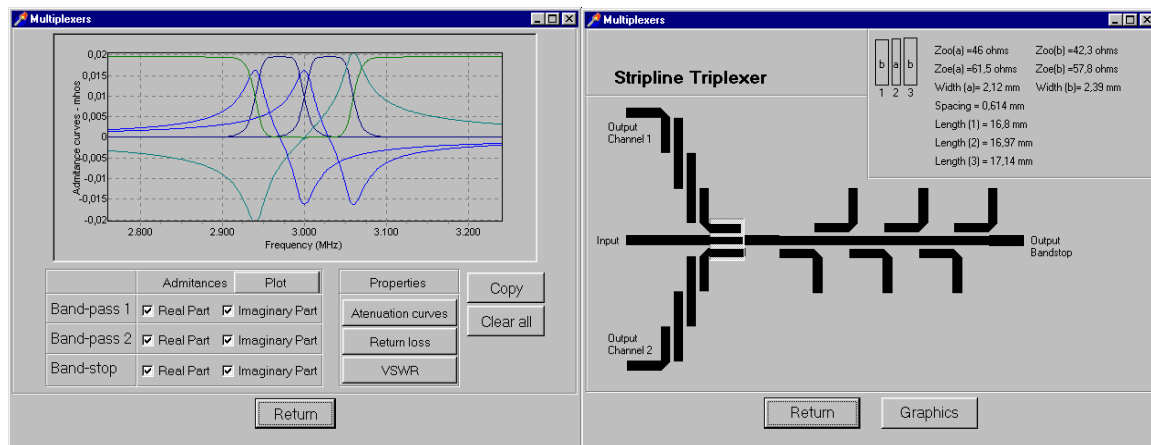


Fig.8 - Triplexador em Stripline

No estudo de acopladores descreve-se de forma esquemática a teoria envolvida e as particularidades dos diversos tipos de acopladores. Os aspectos de projeto são discutidos e reunidos em um software que propicia a análise da resposta de frequência em todas as portas do acoplador, Fig. 9.

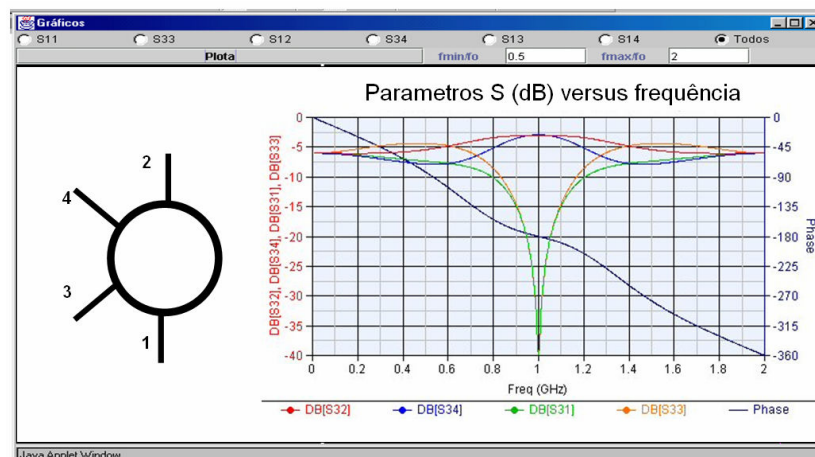


Figura 9 – CAD para Acopladores

6 COMPONENTES ATIVOS

O módulo componentes ativos foi estruturado em duas etapas: conceitos básicos e projetos. Na primeira etapa os conhecimentos necessários para a concepção de componentes ativos são abordados. Na segunda etapa o projeto de alguns componentes, tais como, amplificador e oscilador, é efetuado passo a passo. Diferentemente dos módulos anteriores, onde as etapas foram elaboradas de forma integrada seguindo a mesma filosofia, em componentes ativos os temas foram desenvolvidos independentemente e posteriormente incorporados ao ambiente multimídia.

A Etapa “Conceitos Básicos” segue o enfoque de tutorial multimídia onde o processo interativo é comandado por hipertextos. Esses hipertextos acessam informações mais detalhadas, e utilizam gráficos bidimensionais e tridimensionais para ilustrar determinados assuntos.



Na segunda etapa, consagrada aos projetos, optou-se por um enfoque pautado na filosofia “hand on”, onde é demandado ao aluno o projeto e realização de um componente. Nesta etapa a biblioteca eletrônica e o toolkit são de grande importância. O aluno tem acesso a catálogos de dispositivos ativos, roteiros de projeto, e software de análise e síntese. As especificações de projeto são definidas em aulas presenciais onde um plano de execução é delineado. O início e fim de cada etapa de projeto são acompanhados por um videostreaming onde as características e parâmetros de projeto são revistos e verificados. As regras de projeto propostas para cada componente encontram-se implantadas em um software dedicado. A Figura 10 mostra os elementos que compõem o programa de projeto de osciladores. Cada um desses blocos representa uma etapa que pode ser analisada individualmente ou em conjunto com outra, (BERMÚDEZ, 1990).

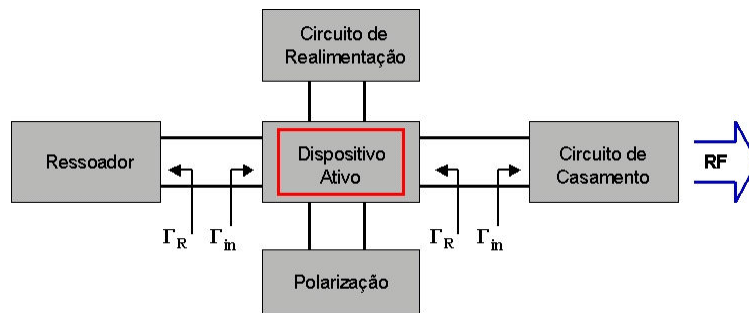


Figura 10 - Esquema básico de um oscilador

Inicialmente o aluno escolhe um tipo de transistor, bipolar ou FET, cujos parâmetros de espalhamento, [S], estão disponíveis na biblioteca eletrônica. A seguir é recomendada uma análise DC e RF, para que o projetista possa escolher estruturas que garantam ponto de operação do transistor e que protejam a fonte de alimentação DC do sinal de RF. Escolhido o elemento ativo e a topologia adequada de polarização, atenção é dada a estrutura de realimentação. Realizadas todas as etapas, resta escolher uma estrutura que forneça a frequência de operação desejada. Entre as várias topologias existentes, o aluno deve escolher uma que forneça um coeficiente de reflexão de modo unitário e em oposição de fase com o coeficiente de reflexão na porta do dispositivo ativo. A Figura 11 mostra a configuração completa do oscilador projetado.

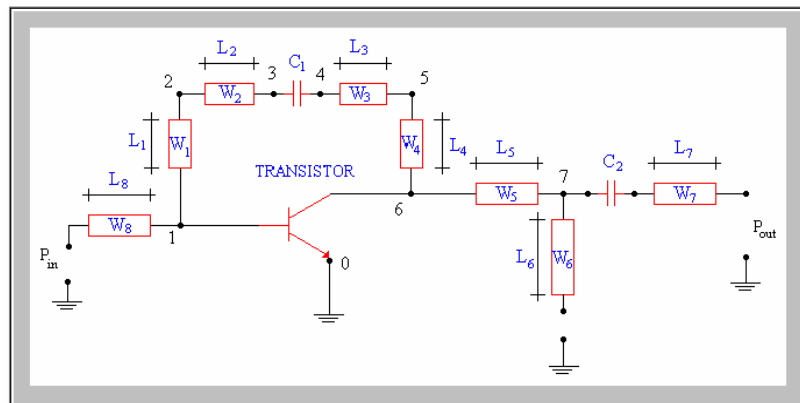


Figura 11. Topologia do oscilador de microondas projetado



O projeto de amplificador implantado é de um estágio e segue os seguintes passos,

1. Inicialmente escolhe-se o transistor a ser utilizado no projeto.
2. Em seguida, passa-se a definição da rede de adaptação de entrada e saída, para um determinado ganho de potência e uma frequência ou uma faixa de frequências de operação.
3. Tendo escolhidas as impedâncias a serem sintetizadas para promover um determinado ganho, passa-se a definição das redes de adaptação de entrada e de saída;
4. Enfim, pode-se definir a rede de polarização.

Esses passos encontram-se implantados em um software de auxílio a projetos de amplificadores. O software permite uma análise do ganho de potência em função da frequência, indicando as regiões em que o transistor é incondicionalmente estável e aquelas em que o transistor poderá apresentar instabilidades potenciais. Em função do projeto e tendo como base essa análise, o usuário poderá realizar um estudo a uma única frequência ou em múltiplas frequências. O software também fornece o perfil de impedância, módulo e fase, para o projeto de um amplificador a ganho constante dentro de uma banda de frequências especificada.

7 RESULTADOS

Esse modelo vem sendo aplicado nos últimos 3 anos. A satisfação dos alunos pode ser mensurada pelo número de matrícula a cada semestre, Figura. 12. O método, aliado a motivação dos professores e ao crescente desenvolvimento tecnológico, vem despertando o interesse dos alunos nessa área de pesquisa. Os dados obtidos mostram que o número de alunos que fazem seus trabalhos de iniciação científica e projetos finais relacionados a sistemas de telecomunicações e mais especificamente em microondas vem crescendo monotonicamente. Um outro dado gratificante é perceber que aproximadamente 18% dos alunos que usufruíram desse tipo aprendizado, optaram por dar continuidade aos estudos na pós-graduação.

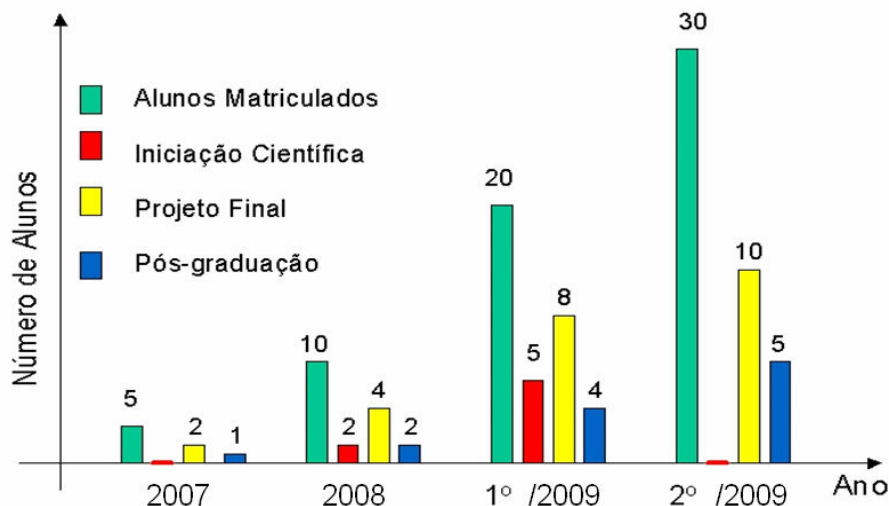


Fig. 12 – Motivação dos alunos com o método proposto.



8 CONCLUSÃO

O produto final deste trabalho, como planejado, caracteriza-se como um ambiente multimídia voltado para Circuitos de Microondas, onde tutoriais, software de simulação, animações, e representações gráficas em duas e três dimensões foram utilizados. O modelo de ensino adotado, com aulas expositivas fortemente complementadas pelo ambiente multimídia, mostrou-se eficiente respondendo aos princípios de uma educação progressiva. O ambiente desenvolvido permite o aluno selecionar tópicos específicos para estudar e receber respostas imediatas de suas interações com o meio de aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LATCMAN, H.A., CH. SALZMANN, DENIS GILLET, “Information Technology Enhanced Learning in Distance and Conventional Education”, **IEEE Transactions On Education**, Vol.42, No.4, , pp. 247-253. November 1999
- REID, D.J., J. ZHANG & Q. CHEN, “An experiment on scientific discovery learning in computer simulations”, **Journal of Computer Assisted Learning** , Vol. 19, No. 1, March 2003
- COLLIN, F., “Fundations of Microwaves”, McgrawHill, 2a edição, 2000.
- ASSUNÇÃO, EUDES, H. ABDALLA, BARBOSA V., “Interactive Software for Analysis and Synthesis of Passive Filters and its Educational Applications”, **Computer Applications in Engineering Education**, John Wiley, Volume 7/ Número1, pp. 17-22, 1999.
- ABADALLA JR H., MOLINARO L. F., EVANGELISTA C., BARBOSA V., “An Interactive Environment for Microwave Filter Design”, **SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronics Conference** , pp 0-1,0-6, IMOC 2003
- BERMÚDEZ, LUÍS AFONSO. *Osciladores de Microondas*. Universidade de Brasília. Depto de Engenharia Elétrica. Julho, 1990.

AN EDUCATIONAL MULTIMEDIA ENVIRONMENT FOR LEARNING MICROWAVE SYSTEMS

***Abstract:** This paper describes an interactive environment to analysis and synthesis of Microwave Circuit that combines the traditional resources of a textbook with “hands-on” design experience. Different methodologies support all phases of the formative process. Special emphasis is given in the progressive use of simulation techniques to stimulate learner activity and overcome some difficulties inherent to the subject experimental and theoretical results. The developed tool has been used in the Microwave Circuits discipline for the graduation course in electric engineering of the University of Brasilia, Brazil. The efficiency of the method is confirmed by the growing demand of the students*

Key-words: Electrical Engineering, Telecommunications, Microwave Circuits, Multimedia Environment