

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**



03752312

**“O USO DE ILHAS DE RACIONALIDADE PARA ABORDAR  
TEMAS RELACIONADOS À ELETRICIDADE, MAGNETISMO E  
ACÚSTICA”**

**César Schmitz  
Prof. Dr. Maurício Pietrocola  
Orientador**

*Monografia Apresentada no Curso de Especialização  
Em Ensino de Física na UFSC, como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Especialista em Ensino de Física*

**Florianópolis (SC)  
Abril - 2001**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

***“O uso de ilhas de racionalidade para abordar temas relacionados à  
eletricidade, magnetismo e acústica”***

**Monografia submetida ao Colegiado do  
Curso de Especialização em Ensino de  
Física do Centro de Ciências Físicas e  
Matemáticas em cumprimento parcial para a  
obtenção do título de Especialista em  
Ensino de Física.**

**APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 26/04/2001**

Dr. Maurício Pietrocola - Orientador

Dra. Débora Peres Menezes - Examinadora

**Prof. Dr. Maurício Pietrocola  
Coordenador CCEE/CFM/UFSC**

**César Schmitz**

***Florianópolis, Santa Catarina, abril de 2001.***

**A minha mãe Mirtes (in memoriam).**  
**A minha esposa Marlene**  
**E as minhas filhas Johanna e Mirthes.**

## SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	iv
RESUMO.....	v
1- INTRODUÇÃO.....	1
2- ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA.....	3
3- INTERDISCIPLINARIDADE, TEMAS TRANSVERSAIS E AS ILHAS DE RACIONALIDADE.....	7
4- A PROPOSTA PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA ILHA DE RACIONALIDADE PARA ABORDAR TEMAS RELACIONADOS COM ELETRICIDADE, MAGNETISMO E ACÚSTICA.....	12
5- APLICAÇÃO DO PROJETO, CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES REALIZADAS E COMENTÁRIOS.....	19
6- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
7- REFERÊNCIAS .....	41
Anexo I	
LISTA DE BIFURCAÇÕES.....	44
Anexo II	
CRONOGRAMA ELABORADO COM OS ALUNOS.....	45
Anexo III	
O SEU MANUAL.....	46

## RESUMO

O presente trabalho é o resultado da participação de um curso de especialização, na qual houve uma forte identificação com as propostas pedagógicas apresentadas durante o curso. Em especial, a construção de “Ilhas de Racionalidade”, com a perspectiva de uma ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA. Considerando que este tema é pouco discutido nos meios acadêmicos brasileiros, o estudo divulga os trabalhos de Fourez (1994), que consiste em fazer uma crítica ao método tradicional de ensino e sugere uma prática de ensino interdisciplinar, utilizando como ponto de partida o cotidiano do aluno. Ele defende a necessidade de se promover uma alfabetização científica, de modo que o aluno, através de um processo de *negociação*, saiba quando recorrer à especialistas, sem ser completamente dependente deles. Ao fazer uso do conhecimento, poderá escolher em que momento deve ou não abrir as caixas-pretas, e reconhecer, desta forma, a importância de construir modelos simples em um determinado contexto. Além disso, Fourez argumenta que seria importante “*Ter uma certa compreensão da maneira que as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história*” (Fourez, 1994, p.36;). Assim são apresentadas as etapas propostas para a construção de uma ilha de racionalidade adaptada para abordar temas relacionados com eletricidade, eletromagnetismo e acústica. É apresentado também um cronograma das atividades previstas e realizadas, bem como comentários sobre o comportamento dos alunos e do professor. Acreditamos que, deste modo, estaremos contribuindo para uma melhor compreensão dos conceitos científicos necessários ao entendimento, discussão e intervenção no mundo que está em constante evolução técnica e científica.

## 1- Introdução.

Existe uma crescente preocupação com o conteúdo ministrado nas salas de aula com relação a sua “utilidade” e sua “atualidade”. De certo modo, os alunos e os pais dos alunos tendem naturalmente para um imediatismo, ou seja, se o que é ensinado na escola não se mostrar utilizável em curto prazo, eles (o conteúdo e o professor) serão alvos de críticas e motivos de descontentamento.

Este descontentamento se estende também à maneira como as aulas estão sendo dadas, às estratégias utilizadas para que os objetivos sejam alcançados e não menos importante, ao tipo de aluno que se está querendo formar. Desta maneira podemos perceber que o ensino de física realizado de maneira tradicional nas escolas, não tem conseguido capturar a atenção dos alunos, pois falta uma relação deste ensino com a realidade dos alunos.

Para modificar este quadro atual, o discurso oficial tem se alinhado com correntes pedagógicas ao enfatizar que se deve preparar o aluno para a vida, procurando, desta maneira, aproximar a ciência dada na escola, com aquilo que o aluno vivencia no cotidiano<sup>1</sup>.

Para tanto, surgem cursos de formação para professores, com a intenção de modificar o comportamento do professor que, na maioria dos casos, é um “indutivista ingênuo” com comportamento behaviorista. Trabalhos desenvolvidos por CHEVALLARD (1985) sobre *transposição didática*, VILLANI & CABRAL (1996) sobre *transferência pedagógica*, entre outros trabalhos, ajudam a promover mudanças na postura a ser adotada pelo professor e pelo aluno, para que ocorra uma melhora no processo de ensino aprendizagem.

Nesse sentido, por estar descontente com a maneira que as minhas aulas estavam sendo ministradas, resolvi participar de um curso de aperfeiçoamento de professores (**PRO-CIENCIAS III**) que veio ao encontro de meus anseios, ou seja, o curso apresentava propostas de práticas pedagógicas com a intenção de mudar não só a maneira de dar as aulas, mas também o enfoque do conteúdo a ser ensinado.

Para tanto, foram abordados os seguintes temas: abordagem problematizadora, concepções alternativas, história da ciência, transposição didática e

---

<sup>1</sup> Ver PCN.Introdução, 1997; PCN.Bases Legais,1999

CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). O curso se encerrava com a aplicação de um módulo de ensino envolvendo pelo menos um dos temas abordados.

Assim sendo o módulo de ensino foi desenvolvido e aplicado no terceiro ano do ensino médio, utilizando todos os temas abordados e incluindo também atividades experimentais, ou seja, o projeto tratava-se de uma experiência nova com a capacidade de capturar a energia dos estudantes, fazendo-os realizar tarefas comuns e concretas relacionadas com o cotidiano. Ironicamente o conteúdo apresentado no projeto, correu o risco de ficar tão contextualizado no cotidiano do aluno, a ponto de ele ser encarado por alguns alunos como sendo uma atividade não pertencente à avaliação do projeto. Isto, de certa forma, fez surgir um problema que merece uma atenção maior por parte de todos aqueles que se preocupam com o ensino. Assim sendo, poderíamos formular a seguinte questão:

***Como transpor o conhecimento escolar para a realidade do cotidiano do aluno, sem descaracterizar e fragmentar o ensino?***

Uma proposta seria a de adotar uma estratégia que una os conteúdos ensinados, de modo que o vínculo já existente entre eles fique mais fortemente evidenciado, evitando assim a fragmentação do conhecimento. Desenvolver atividades de modelização com o objetivo de manter contato com os modelos científicos e permitir uma ligação com a realidade do cotidiano do aluno, a fim de promover uma maior participação por parte dos alunos.

Neste sentido, avançamos a proposta de construção de *Ilhas de Racionalidade* (Fourez, 1994), na perspectiva de uma *“Alfabetização científica e técnica”*, pois acreditamos que ela tem o poder de convergir para as necessidades apontadas no parágrafo anterior

## 2- ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA

Segundo FOUREZ (1994), o tema “Alfabetização Científica e Técnica” (ACT) está em voga e vem sendo discutido em países anglo-saxões e em países do norte da Europa. Segundo o autor,

*“Se trata de uma metáfora que se refere à importância que teve a alfabetização no final do século passado; a expressão designa um tipo de saber, de capacidades e conhecimentos, que em nosso mundo técnico e científico, corresponderia ao que foi a alfabetização no século passado”* (p.15).

Aumentar o nível de entendimento público da ciência é hoje uma necessidade, não só como prazer intelectual, mas também como uma necessidade de sobrevivência do homem, pois cada vez mais presentes na vida cotidiana, as ciências, as tecnologias e os seus produtos impõem essa necessidade de ampliar o universo de conhecimentos científicos.

São notórias a falta de relação que existe entre o que se ensina em sala de aula e a realidade dos alunos, pois as aulas não se baseiam nos conhecimentos já construídos pelo aluno, ou seja, tradicionalmente o ensino de física é tratado como sendo um amontoado de fatos, descrições de fenômenos e enunciados de teorias para serem decorados. *Enfatizam-se muitos conceitos que pouco contribuirão para a vida do aluno na sociedade.* Além do mais, todos nós sabemos que o aluno, após um certo tempo, não retém grande coisa quando o ensino é valorizado desta maneira.

Deste modo, a ineficiência do ensino tradicional e a necessidade de que se tenha uma familiaridade com as ciências e as tecnologias, fez com que a ACT surgisse como uma tentativa de renovação do ensino de ciências e como uma alternativa ao ensino por disciplinas.

Partindo do princípio que a ACT é uma das metas do ensino de física, é importante identificar o que caracteriza um indivíduo alfabetizado cientificamente, para que seja possível compreender como o ensino de ciências deve ser tratado para que ocorra uma melhor compreensão da ciência pela comunidade.

Uma pessoa alfabetizada cientificamente se caracteriza principalmente em termos de atitudes e não de conhecimentos. Ou seja, ela possui um entendimento geral dos fenômenos naturais básicos, interpretando as informações relacionadas com a

ciência e com a tecnologia, dentro de um contexto tal que lhe seja possível discutir, e tomar posição frente a estes assuntos. Dito de outra maneira, a ACT deve favorecer a incorporação de conhecimentos que forneçam ao indivíduo a capacidade de negociar suas decisões diante de situações naturais e/ou sociais. Agindo desta maneira, o indivíduo “alfabetizado” deixaria de ser um receptor passivo e passaria a ser um indivíduo com uma certa **autonomia** no mundo científico e tecnológico no qual ele está inserido. Para tanto o indivíduo necessitaria de um domínio com relação ao conhecimento, para poder tomar uma decisão sem recorrer aos especialistas ou, pelo menos, poder avaliar a opinião dada por eles. Assim surge mais uma necessidade, “**saber se comunicar**” pois, para dialogar ou debater sobre um assunto o indivíduo precisa comunicar-se com os seus pares ou com indivíduos envolvidos nas situações.

FOUREZ (1994) cita os critérios que a “National Science Teacher Association dos Estados Unidos” (NSTA) estabelece para que uma pessoa seja considerada alfabetizada científica e tecnicamente. Assim sendo ela precisa:

- a) *“Utilizar conceitos científicos e integrar valores e conhecimentos para tomar decisões responsáveis na vida cotidiana”*
- b) *“Compreender que a sociedade exerce um controle sobre as ciências e as tecnologias, do mesmo modo que as ciências e tecnologias o fazem marcando a sociedade”.*
- c) *“Compreender que a sociedade exerce um controle sobre as ciências e as tecnologias pelos canais das subvenções que ela lhes concede”.*
- d) *“Reconhecer tanto os limites como as utilidades das ciências e das tecnologias para o progresso do bem estar humano”.*
- e) *“Conhecer os principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e ser capaz de aplicá-los”.*
- f) *“Apreciar as ciências e as tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam”.*
- g) *“Compreender que a produção do conhecimento científico depende dos processos de investigação e dos conceitos teóricos”.*
- h) *“Saber reconhecer a diferença entre os resultados científicos e as opiniões pessoais”.*

- i) *“Reconhecer a origem da ciência e compreender que o conhecimento é provisório e sujeito às mudanças de acordo com a acumulação dos resultados”.*
- j) *“Compreender as aplicações das tecnologias e as implicações ocasionadas pela sua utilização”.*
- k) *“Possuir conhecimento e experiência suficientes para poder apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico”.*
- l) *“Extrair de sua formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante”.*
- m) *“Conhecer as fontes válidas de informação científica e tecnológica, para poder recorrer a elas quando for necessário tomar decisões”*  
(FOUREZ, 1994, P. 25 a 35;).

Além destes itens FOUREZ (1994, P.36) acrescenta mais um item:

*“Ter uma certa compreensão da maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história”.*

A não inclusão de um item semelhante a este revela a falta de visão histórica apresentada no documento da NSTA. Por sua vez, Fourez justifica o item dizendo que:

*“Para que uma pessoa seja alfabetizada científica e tecnicamente, ela deve ser capaz de estar consciente da página da história humana escrita através da produção das ciências e das tecnologias. E não se trataria de ter uma visão internalista da história (que é geralmente a história dos vencedores dos debates científicos, escritos por eles mesmos, por seus admiradores ou por pessoas que não querem misturar as ciências com os contextos que julgam ser menos puros), mas sim uma visão mais ampla, levando em conta todas as dimensões (culturais, econômicas e sociais) da construção das tecnociências”* (FOUREZ, 1994, P. 36;).

Partindo destas orientações Fourez propõe os objetivos gerais da Alfabetização Científica e Técnica e aborda algumas estratégias pedagógicas e epistemológicas para facilitar a aplicação da ACT.

“Para tornar mais claro o que é necessário para ser científico-técnicamente alfabetizado Fourez julga importante que o indivíduo:

- ✓ Saiba quando recorrer a especialistas, sem ser completamente dependente deles.
- ✓ Saiba quando aprofundar algumas noções em certos contextos e no quadro de certos projetos, ou seja, em que momento deve ou não abrir as *caixas-pretas*.
- ✓ Saiba reconhecer a pertinência de construir modelos simples em um determinado contexto.
- ✓ Saiba compreender a fecundidade e o potencial do pensamento *metafórico e sua socialização*.
- ✓ Saiba distinguir os debates técnicos, ético, e político e decidir em cada situação qual deles é mais importante.
- ✓ Saiba usar e inventar modelos interdisciplinares - as Ilhas de Racionalidade”.

### **3- INTERDISCIPLINARIDADE, TEMAS TRANSVERSAIS E AS ILHAS DE RACIONALIDADE.**

Fourez coloca em cheque a eficácia do ensino organizado de maneira disciplinar (a tradicional) na obrigação de mostrar aos jovens as questões científicas e tecnológicas, visando sua utilidade na vida social ou pessoal, individual ou política. Segundo ele, são poucos os problemas concretos que podem ser abordados de forma adequada por uma só disciplina. Ele cita como exemplo o problema de se isolar termicamente uma casa, que para ser abordado precisa de conhecimentos da física, da biologia e do direito, de noções de economia, de ética, estética e ecologia.

Nesse sentido o Ministério da Educação e Cultura (MEC), tem nos últimos anos, se preocupado em gerar reformas no Ensino Fundamental e Médio. Particularmente no Ensino Médio, a proposta de reforma está centrada na perspectiva interdisciplinar e na realidade social. Sendo assim, foram incluídos no currículo temas envolvendo a saúde, orientação sexual, pluralidade cultural, ética, meio ambiente, trabalho e consumo, chamados de *Temas Transversais*. Essas diretrizes baseiam-se em uma visão epistemológica que coloca em cheque a fragmentação entre os diferentes conhecimentos produzidos por uma abordagem tradicional (disciplinar) que não considera importante a relação entre eles, nem a relação de cada conhecimento com sua tecnologia.

*Na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos.*

*Na proposta de reforma curricular do Ensino Médio, a interdisciplinaridade deve ser compreendida a partir de uma abordagem relacional, em que se propõe que, por meio da prática escolar, sejam estabelecidas interconexões e passagens*

*entre os conhecimentos através de relações de complementaridade, convergência ou divergência (PCN, Ensino Médio, Bases Legais, p.44).*

Os Temas Transversais, por tratarem de questões envolvendo toda a sociedade (pais, alunos, professores e comunidade), levantam problemas sobre a vida humana e sobre a realidade de tal modo que provocam mudanças nas atitudes daqueles que participam do processo.

Assim sendo, optou-se por integrá-los ao currículo por meio do que se chama de transversalidade. Deste modo a transversalidade ajuda a estabelecer uma relação entre os conhecimentos teoricamente sistematizados e as questões da vida real e as suas possibilidades de transformação:

*As áreas convencionais devem acolher as questões dos Temas Transversais de forma que seus conteúdos as explicitem e que seus objetivos sejam contemplados. Por exemplo, a área de Ciências Naturais inclui a comparação entre os principais órgãos e funções do aparelho reprodutor masculino e feminino, relacionando seu amadurecimento às mudanças no corpo e no comportamento de meninos e meninas durante a puberdade e respeitando as diferenças individuais. Dessa forma, o estudo do corpo humano não se restringe à dimensão biológica, mas coloca esse conhecimento a serviço da compreensão da diferença de gênero (conteúdo de Orientação Sexual) e do respeito à diferença (conteúdo de Ética).*

*A integração, a extensão e a profundidade do trabalho podem se dar em diferentes níveis, segundo o domínio do tema e/ou a prioridade que se eleja nas diferentes realidades locais. Isso se efetiva através da organização didática eleita pela escola. É possível e desejável que conhecimentos apreendidos em vários momentos sejam articulados em torno de um tema em questão a*

*explicitá-lo e dar-lhe relevância. (PCN –Temas Transversais, p. 36-37).*

De certo modo a proposta de transversalidade pode ser comparada do ponto de vista conceitual com a concepção de interdisciplinaridade. Segundo os PCNs as relações entre os dois conceitos são expressas da seguinte maneira:

*Ambas - transversalidade e interdisciplinaridade - se fundamentam na crítica de uma concepção de conhecimento que toma a realidade como um conjunto de dados estáveis, sujeito a um ato de conhecer isenta e distanciado. Ambas apontam a complexidade do real e a necessidade de se considerar a teia de relações entre seus diferentes e contraditórios aspectos. Mas diferem uma da outra, uma vez que a interdisciplinaridade refere-se a uma abordagem epistemológica dos objetos de conhecimento, enquanto a transversalidade diz respeito principalmente à dimensão didática.*

*A interdisciplinaridade questiona a segmentação entre os diferentes campos de conhecimento produzido por uma abordagem que não leva em conta a inter-relação e a influência entre eles – questiona a visão compartimentada (disciplinar) da realidade sobre a qual a escola, tal como é conhecida, historicamente se constituiu. Refere-se, portanto, a uma relação entre disciplinas.*

*A transversalidade diz respeito à possibilidade de se estabelecer, na prática educativa, uma relação entre aprender conhecimentos teoricamente sistematizados (aprender sobre a realidade) e as questões da vida real e de sua transformação (aprender na realidade e da realidade) (PCN –Temas Transversais, p. 40).*

Aqui podemos perceber que os Temas Transversais podem ser encarados como um reservatório de questões a serem abordados nas próprias disciplinas. Nesse sentido, eles pertencem à corrente que prima pela abordagem temática, que apenas abre

novas perguntas para as disciplinas. Por outro lado, a Interdisciplinaridade está (do ponto de vista didático) mais integrada com projetos (Ilhas de Racionalidade), pois no caso das IR, o que se pretende é que as disciplinas se submetam a um projeto que elas não criaram, e não se sabe a priori qual poderá ser a colaboração de cada disciplina (vai depender dos participantes do projeto).

Segundo Fourez para abordar uma situação que envolva temas Transversais e/ou interdisciplinares, ele propõe a invenção de um modelo interdisciplinar adequado à situação, denominada **Ilha Interdisciplinar de Racionalidade**. Dentro desta concepção, a construção de modelos é importante, pois permite compreender as situações, a tecnologia e as noções que nos cercam e a agirmos diante delas. Assim, a noção de **Ilha de Racionalidade** refere-se a um contexto e a um projeto particulares para os quais se considera interessante construir uma representação.

É importante enfatizar que o projeto comanda o processo de construção do modelo (IR), definindo os seus contornos epistemológicos. As disciplinas são chamadas a colaborar com o projeto, naquilo que for determinado pelo grupo que o conduz, onde são identificados os conceitos de cada disciplina que podem contribuir para descrevê-lo e explicá-lo. Assim a participação de cada disciplina será fruto da *negociação* entre os participantes de um projeto. De certo modo, a *negociação* pode ser vista como sendo o fio condutor do projeto.

O projeto pode ser *utilitário* – como, por exemplo, um projeto de instalação elétrica de uma casa, ou - *cultural* – como saber sobre o conceito de energia em vários momentos da história da humanidade.

Para Fourez, a construção de **Ilhas de Racionalidade**, como prática, implica em cruzar saberes provenientes de muitas disciplinas e conhecimentos da vida cotidiana. Seu valor e sua eficiência estão vinculados à sua capacidade de construir uma representação que contribua para a solução de um problema preciso. Dizendo de outro modo, na construção de uma **Ilha de Racionalidade** surgirão questões específicas (caixas pretas) que poderão ser respondidas (abertas) ou não. Assim podemos dizer que uma **Ilha de Racionalidade** se apóia na construção de modelos visando uma solução de problema(s). O que é importante nesta maneira de ver é que a teorização se faz em função de contextos e projetos particulares, e não em função de uma verdade definida

como geral. É o projeto que integra a teorização e não a síntese prévia dos cientistas. Interessante que ao se adotar o cotidiano como ponto de partida, estamos tirando dos “Livros de Terceiro Grau”, o papel de estruturador organizacional que antes era o ponto de referência para a seqüência do conhecimento a ser ensinado. Esta nova estrutura criada em torno do problema a resolver, se bem trabalhada, poderá diminuir os efeitos da fragmentação do conhecimento vinculadas ao processo da **Transposição Didática** CHEVALLARD (1996). Na concepção de Fourez, a capacidade de construir Ilhas de Racionalidade é essencial para a inserção mais ou menos autônoma de cidadãos na sociedade.

De acordo com a situação e dependendo do projeto, pode-se distinguir dois tipos de Ilhas de Racionalidade:

- ✓ *As que se organizam em torno de um projeto* – Está relacionada com a invenção de uma situação capaz de produzir uma representação de ações possíveis relacionadas com essa situação.
- ✓ *As que se organizam em torno de uma noção* – Organizam-se em torno de uma noção capaz de fornecer uma representação multidisciplinar sobre objetos e conceitos normalmente utilizados em nossa cultura. Neste caso já existe uma representação estruturada, não sendo necessário inventar uma nova representação.

Fourez coloca que, para atuar e criar um modelo interdisciplinar é preciso um certo preparo tanto dos professores quanto dos alunos. Neste sentido devemos implantar a proposta com certa cautela e em “pequenas doses”. Isso se faz necessário porque em um trabalho interdisciplinar não existem regras estabelecidas para se saber qual disciplina merece um destaque maior com relação às outras. Esta é uma decisão que se negocia no desenvolvimento do projeto.

#### **4- A PROPOSTA PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA ILHA DE RACIONALIDADE PARA ABORDAR TEMAS RELACIONADOS COM ELETRICIDADE, MAGNETISMO E ACÚSTICA.**

Para elaborar a *Ilha de Racionalidade* Fourez sugere algumas etapas para que o projeto seja demarcado, de tal modo, que ele consiga atingir os seus objetivos. O projeto e o contexto devem ser claramente definidos, caso contrário, ele pode se tornar tão abrangente que provavelmente não se consiga chegar ao final. Quem decide os rumos do trabalho é a equipe, que pode ser formada por um indivíduo, o professor e os alunos, um grupo de professores ou por profissionais de uma empresa pública ou privada.

No nosso caso, o projeto será implementado em ambiente escolar oferecendo à classe um problema sendo que ela será o grupo responsável por construir o modelo (IR) para respondê-lo.

Uma maneira de delimitar o projeto é apresentá-lo sob a forma de uma questão. Desse modo, para se discutir temas relacionados com eletricidade, magnetismo e acústica, poderíamos formular a seguinte questão:

##### ***Como fazer um bom uso de uma caixa de som?***

Para responder a questão será solicitado aos alunos que se organizem em grupos. É fundamental que o projeto seja muito bem delimitado, pois em geral questões reais sem limites são muito difíceis de serem conduzidas, e tendem a consumir um tempo muito grande. A relação custo-benefício deve poder ser lida pelo grupo de forma a que se possa estimar as possíveis respostas ao problema face ao tempo disponível. Deste modo, a questão acima será limitada por um produto. A turma deve produzir um manual para um usuário em potencial de uma caixa de som.

Pelo fato da maioria dos conteúdos presumivelmente necessários para a abordagem do problema serem dados no terceiro ano do Ensino Médio, foi decidido aplicar o projeto em uma turma desta série, mas nada impediria que o projeto fosse aplicado em outras turmas ou em uma empresa. É claro que o resultado do manual vai estar diretamente ligado ao perfil dos participantes do projeto. Dito de outra maneira, se o projeto for desenvolvido por alunos de um curso técnico ele terá um formato bem diferente daquele desenvolvido por alunos de um curso de marketing ou por alunos de

um curso de magistério ou ainda se for elaborado por uma equipe de funcionários de uma loja.

A seguir apresentaremos as etapas sugeridas por Fourez para a construção de uma Ilha de Racionalidade. Faremos a apresentação das etapas, contextualizando-as para o projeto que pretendemos desenvolver em sala de aula.

### **Etapa 1. Fazer um clichê.**

É o ponto de partida do projeto. Através dele os participantes levantarão todos os tipos de questões possíveis pertinentes ao projeto, abertas ou específicas. Ele representa o retrato inicial que os participantes tem da situação e reflete o que eles pensam a respeito da situação a ser investigada. Ela pode também se constituir de uma exposição feita por um técnico ou pela desmontagem de um equipamento. No nosso caso, podemos levar uma caixa de som para a sala de aula e verificar os componentes da mesma e começar o levantamento das questões ligadas a ela.

Como exemplo de questões que podem ser elaboradas sobre o assunto, temos:

- ✓ Porque as caixas de som geralmente possuem mais de um alto-falante e porque eles são de tamanhos diferentes?
- ✓ Qual o motivo da polaridade de uma caixa de som?
- ✓ Todos os alto-falantes possuem imãs?
- ✓ Uma caixa de som pode ser prejudicial para a saúde?
- ✓ Quantas caixas de som podem ser ligadas na saída de um amplificador?
- ✓ O consumo de energia de um alto-falante está relacionado com o seu tamanho?
- ✓ Qual é o papel dos imãs no funcionamento de um alto-falante?
- ✓ Qual é o diâmetro ideal do fio de uma caixa de som?
- ✓ Um imã se desgasta?
- ✓ Como surgiu o alto-falante?
- ✓ Existem normas para os alto-falantes?
- ✓ A posição da caixa tem influência no seu funcionamento?
- ✓ Uma caixa de som consome mais energia que um chuveiro elétrico?
- ✓ Qual é a influência do material de uma caixa de som?

- ✓ Para que serve os componentes eletrônicos encontrados no interior de uma caixa de som?
- ✓ Quais são as leis que estão relacionadas com o uso de uma caixa de som?
- ✓ Existe diferença entre uma caixa de som para casa e uma caixa de som para carro?
- ✓ Qual a relação que existe entre  $W_{RMS}$  (potência real),  $W_{MUSICAIS}$  (potência musical) e  $W_{PMPO}$  (power music peak output) ?
- ✓ Porque uma caixa de som consegue distorcer a imagem de uma TV?

### **Etapa 2. O panorama espontâneo.**

É a etapa que dá um refinamento ao clichê, na qual se faz uma listagem de itens que não foram contemplados na primeira etapa, mas, que o professor considera importante para a elaboração do projeto.

Esta etapa constitui-se das seguintes ações:

- ✓ *Lista dos atores envolvidos* – é a relação das pessoas envolvidas com a situação estudada. Por exemplo: os alunos, os consumidores, os produtores de energia, os fabricantes de fios, os vizinhos, o delegado, o advogado, os vendedores, os fabricantes de alto-falantes e caixas, os campeonatos de som, a publicidade, os fabricantes de baterias...
- ✓ *Pesquisa de normas e condições impostas para a situação* – levantamento das normas para utilização das caixas com relação ao aspecto técnico, comercial ético e legal. Envolve questões do tipo: quais são as normas para a fabricação de caixas? ; quais são as normas para o uso de caixas de som (lei do silêncio)? ; com relação à garantia do produto quais são os direitos do consumidor (Procon); normas que determinam a potência e a impedância das caixas de som...
- ✓ *A lista dos jogos de interesse e das tensões* – são levantados questionamentos a respeito das vantagens, desvantagens, valores, escolhas relacionadas com o problema proposto pelo projeto. Exemplos de tensão: relação de custo/benefício, problemas sociais (relação com os vizinhos), problemas de saúde (surdez, stress), problemas ambientais (as árvores, o material das baterias), posição social (status ligado à

aquisição de produtos caros e/ou de marca consagrada), problemas de ética (com relação à divulgação da potência das caixas de som)...

- ✓ *Listagem das caixas pretas possíveis para o problema proposto* – é a determinação das caixas pretas que se pode abrir. Elas são subsistemas materiais ou conceituais que se pode estudar. A escolha das caixas pretas que serão abertas dependerá do contexto e do projeto. Exemplo de caixas pretas sobre o assunto: potência elétrica, lei de Ohm, material das caixas de som, design, acessórios, questões de segurança, determinação do preço, impacto ambiental, o comportamento do ouvido e a influência do nível de ruído sobre os seres humanos (aspectos físicos e mentais), comportamento de um capacitor e um indutor com relação à frequência, comportamento magnético dos materiais, ondas sonoras, logaritmos...
- ✓ *Lista de bifurcações* – é a etapa onde se apresentam os caminhos possíveis que o projeto pode seguir, seria um organograma contendo as caixas pretas, para mostrar a posição delas com relação ao projeto. Isto ajuda a estabelecer critérios para realizar escolhas e determinar o perfil do produto final do projeto, ou seja, mantém um controle sobre o projeto com relação aos objetivos escolares. Veja o Anexo I.
- ✓ *Lista de especialistas e especialidades pertinentes* – ela é feita com o objetivo de aprofundar as informações necessárias, aquelas que o grupo não tem e julga necessário buscar com um especialista. Cada caixa preta pode ser uma especialidade ou corresponder a um especialista. Os usuários também podem ser considerados especialistas. Exemplo de lista de especialistas pertinentes: biólogos, psicólogos, psiquiatras, sociólogos, economistas, físicos, ecologistas, publicitários, consumidores, matemáticos, médicos, delegados, polícia civil, representante do Procon...

### **Etapa 3. Consulta aos especialistas e às especialidades.**

Quando entre os membros do grupo que se desenvolve o projeto não há quem possa esclarecer ou discutir a respeito de determinado assunto envolvido na situação,

pode haver necessidade de se consultar especialistas. A equipe do projeto é que define quais dos especialistas listados serão consultados. Esta consulta permitirá a definição de abertura das caixas pretas. Dois tipos de critérios para a escolha dos especialistas são importantes: a situação e o projeto selecionado no início e os objetivos escolares.

#### **Etapa 4. Indo à prática.**

Nesta etapa ocorre um aprofundamento, definido pelo projeto e pelos produtores da ilha de racionalidade, este é o momento em que os participantes do projeto “vão à luta”, ou seja, é o momento em que se vai entrevistar as pessoas, desmontar equipamentos, fazer pesquisas, consultar na internet, etc... Abandona-se o caráter teórico ligado à situação para confrontá-lo mais diretamente com a prática.

#### **Etapa 5. Abertura aprofundada de alguma caixa preta para buscar princípios disciplinares.**

Este é o momento para se tratar com o rigor de uma disciplina específica dentro de uma proposta interdisciplinar. Esta etapa é caracterizada pelo estudo aprofundado, por uma pesquisa mais minuciosa de algum ponto abordado pelo projeto, presente na abertura de caixas pretas. Isto pode acontecer com a presença de especialistas ou não, entretanto não se deve procurar esgotar todo o assunto ligado ao assunto em particular.

Devemos escolher caixas pretas que levem ao estudo de noções importantes no mundo técnico-científico que estejam relacionados com os pontos do programa a estudar. Não devemos esquecer que estamos construindo ilhas de racionalidade sob a perspectiva da ACT, portanto devemos abrir caixas pretas que privilegiem questões culturais, desenvolvendo atividades de modelização, tal como se procede com temas referentes às ciências naturais.

Exemplos: um médico, biólogo ou fonoaudiólogo para explicar os danos que o excesso de “ruído” pode causar ao ser humano; um delegado ou policial para explicar os aspectos legais que envolvem a lei do silêncio, um ecologista para comentar sobre a degradação e preservação do meio ambiente por causa do consumo de madeira e descarte das baterias, um representante do Procon para falar dos direitos do consumidor...

### **Etapa 6. Esquematizando a situação pensada.**

Esta etapa consiste na elaboração de uma síntese, um esquema geral da “*Ilha de Racionalidade*” produzida, que assinale os aspectos importantes escolhidos pela equipe. A esquematização pode ser feita através de um resumo ou de uma figura, a partir da qual seja possível dar uma representação teórica da situação. No nosso caso a síntese poderá ser um projeto para conduzir as ações sobre o manual a ser produzido pelos alunos, que irá responder a questão proposta no início do projeto.

### **Etapa 7. Abrir algumas caixas pretas sem ajuda de especialistas.**

Dependendo do lugar onde está sendo aplicado o projeto, nem sempre temos à nossa disposição especialistas para a abertura das caixas pretas, portanto devemos incentivar os alunos a construir “*Ilhas de Racionalidade*” para compreender que geralmente os problemas e as situações da vida cotidiana exigem um envolvimento e a ponderação de vários fatores interdisciplinares e, por conseqüência, a consulta a vários especialistas. Desta maneira os alunos constroem modelos aproximados e provisórios, que apesar de não conter todo o rigor necessário, eles tratam de situações do cotidiano além de produzir um sentimento de autonomia.

### **Etapa 8. Elaborando uma síntese da “Ilha de Racionalidade” produzida.**

Ao elaborarmos uma síntese das “*Ilhas de Racionalidade*”, poderemos ter uma idéia da abrangência do projeto, pois a síntese deverá conter todos os elementos pensados ao longo do projeto. Além do mais a síntese poderá auxiliar na produção de trabalhos futuros.

A síntese referida neste item é o produto esperado no projeto. No nosso caso, trata-se do manual que os alunos deveram produzir.

Segundo Fourez uma síntese da IIR produzida deve responder basicamente a quatro questões:

1. “O que estudamos nos ajuda a “negociar” com o mundo tecnológico estudado?”
2. “Ele nos deu uma certa autonomia no mundo científico-técnico na sociedade em geral?”

3. *Em que os saberes obtidos nos ajudam a discutir com mais precisão quando da tomada de decisões?*
4. *Em que isto nos dá uma representação de nosso mundo e de nossa história que nos permite melhor situar-nos e fornecer uma real possibilidade de comunicação com os outros?” (Fourez 1994,p.101;).*

## 5-A APLICAÇÃO DO PROJETO

Procurando responder a questão levantada pela monografia (**Como transpor o conhecimento escolar para a realidade do cotidiano do aluno, sem descaracterizar e fragmentar o ensino?**), o trabalho desta pesquisa consistirá em acompanhar as reações do aluno. Neste sentido, a pesquisa se configurará como uma pesquisa-ação, na medida em que o pesquisador comandará o processo em sala de aula e ao mesmo tempo se encarregará de promover as avaliações sobre o que ocorrerá em sala de aula.

Nesta pesquisa, todos os dados obtidos serão considerados relevantes: manifestação dos alunos, reação dos professores da escola, reação dos pais dos alunos, trabalhos escritos e orais produzidos pelos alunos em classe e extraclasse. Assim, o trabalho terá a conotação de uma pesquisa qualitativa iluminada pelo seu próprio contexto.

### 5.1- CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES

A seguir apresentamos um quadro que sumariza e relaciona as atividades desenvolvidas com as etapas da **IR** com o objetivo de termos uma visão geral deste relatório.

Quadro 1: Calendário com a descrição das atividades desenvolvidas, conteúdos e etapas da IR .

<b>Data</b>	<b>Aula</b>	<b>Etapa da IR</b>	<b>Atividade</b>
05.09	Zero		Apresentação do projeto
11.09	1 <sup>a</sup>	Fazer um clichê.	Motivar o aluno, identificar as disciplinas envolvidas e Sondar o conhecimento dos alunos.
11.09	2 <sup>a</sup>	Panorama espontâneo A escolha de especialistas Indo à prática.	Elaborar a lista de bifurcações, relacionar os atores envolvidos, levantamento das normas, lista de especialistas, lista dos jogos de interesses e das tensões. Escolha e distribuição das caixas pretas entre as equipes.
14.09	3 <sup>a</sup>	Esquematizando a situação pensada	Organizar o material, elaborar um cronograma para as próximas aulas. Elaborar um organograma das caixas pretas.
14.09	4 <sup>a</sup>	Abertura de caixas pretas	Atividades experimentais envolvendo bússola, imãs e o comportamento magnético dos materiais.
21.09	5 <sup>a</sup> e 6 <sup>a</sup>		Atividade experimental envolvendo campo magnético e corrente elétrica.
25.09	7 <sup>a</sup> e 8 <sup>a</sup>	Abertura de caixas pretas	Apresentação sobre a história do Alto-falante e caixas de som. Apresentação das normas funcionais envolvendo teste de vida, ruídos e potências.
02.10	9 <sup>a</sup> e 10 <sup>a</sup>		Palestra apresentada pelo sargento da polícia militar sobre a lei do Silêncio.
09.10	11 <sup>a</sup>		Apresentação do material envolvendo a garantia.
09.10	12 <sup>a</sup>		Apresentação (pelos alunos) do material envolvendo amplificador e caixas de som.
16.10	13 <sup>a</sup> e 14 <sup>a</sup>		Apresentação do material envolvendo a influência do nível de pressão sonora no ser humano.
26.10	15 <sup>a</sup>		Apresentação do material envolvendo associação de componentes, resistores, capacitores e indutores.
26.10	16 <sup>a</sup>	Elaborando uma síntese	Definir o material que será incluído no manual, elaborar um questionário, definir o design do manual.

**5.2. Título: Como Fazer um bom uso de uma caixa de som?**

**5.3. Público alvo:**

Alunos de 3ª série do 2º grau.

Período: Noturno.

Colégio Estadual Luiz Bértoli.

Curso: Ensino médio.

Professor: César Schmitz.

Cidade: Taió - SC.

**5.4. Números de Aulas:**

Previstas: 17 aulas.

Real: 17 aulas.

**5.5. Cronograma de aplicação:**

Previsto: 05 de setembro a 5 de outubro de 2000.

Real: 05 de setembro a 26 de outubro.

**5.5.1. Número de aulas semanais:** 04. (2ª feira aulas-faixa e 5ª feira duas aulas separadas).

**5.6. Conteúdos físicos envolvidos:** Eletricidade, magnetismo e acústica.

**5.7. Objetivos gerais relacionados com a disciplina**

- ♦ Introduzir o conceito de campo magnético.
- ♦ Identificar o comportamento magnético dos materiais.
- ♦ Estabelecer a relação entre a corrente elétrica e o campo magnético.
- ♦ Determinar que correntes elétricas num campo, estão sujeitas a uma força magnética.
- ♦ Reconhecer a escala relativa do nível de pressão sonora com relação à intensidade do som.
- ♦ Identificar o nível de pressão sonora com o termo ("som alto - som baixo").

- ♦ Estabelecer a relação entre consumo de energia e a impedância da caixa de som.
- ♦ Diferenciar o comportamento da caixa de som e do chuveiro, com relação à potência especificada.
- ♦ Calcular o nível máximo de pressão sonora produzida por uma caixa de som.
- ♦ Identificar os problemas de saúde, provocados pelo mau uso de uma caixa de som.
- ♦ Reconhecer o comportamento de um indutor, um resistor e um capacitor com relação à frequência.

### 5.8. Metodologia do projeto

- ✓ Ilhas de Racionalidade sob a perspectiva da ACT.

Os alunos formarão equipes com o objetivo de abrirem algumas caixas pretas, para serem explicadas às demais equipes. Todos os membros das equipes terão as mesmas responsabilidades. Assim sendo, este projeto terá como instrumento de avaliação a participação dos alunos nas atividades, o desempenho de cada equipe na abertura da respectiva caixa preta e a qualidade do produto final (o manual do usuário). Para tanto o projeto envolverá atividades experimentais, atividades extraclasse (entrevista com especialistas, agendar palestras, coleta de material para as experiências...), debates em pequenos grupos e em grande grupo.

### 5.9. Seqüência Didática

*(aula - zero)*

*Atividades realizadas: 05 de Setembro.*

O professor fez uma breve explanação sobre as etapas propostas por Fourez e fez comentários sobre o uso crescente de caixas de som em carros; sobre os valores divulgados (e elevados) das potências dos aparelhos de som; o aumento da “poluição sonora” nos locais de trabalho, ruas, danceterias; os abusos dos carros de propaganda e lançou a proposta do projeto: fazer um manual para um usuário que o oriente a **como fazer um bom uso de uma caixa de som**. O professor solicitou que os alunos formassem equipes com cinco elementos e que deveriam trazer os materiais conforme o previsto (Alto-falantes funcionando e com problemas, imãs de alto-falantes

desmontados, caixas de som com pelo menos dois alto-falantes, componentes eletrônicos encontrados dentro das caixas de som, revistas que estejam relacionados com o assunto...). A sala era formada por 30 alunos, resultando deste modo na formação de 6 equipes.

Quanto à **avaliação**, ficou explícito que os alunos receberiam uma nota pelo desempenho da equipe quando da abertura da respectiva **caixa preta** e outra nota referente ao resultado do produto final, ou seja, o manual que será produzido. O professor salientou que o projeto envolveria atividades experimentais e atividades extraclasse (entrevista com especialistas, coleta de material para as experiências...). O professor avisou os alunos que o material produzido pelo projeto seria utilizado em um relatório de conclusão de curso na qual o professor estava participando. Com relação a isso os alunos ficaram apreensivos, sendo que ficou combinado que o material a ser divulgado seria o produto final, ou seja, o manual.

#### ***Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:***

Esta aula teve como objetivo, convidar os alunos a participarem de um desafio realizando tarefas comuns e concretas, a participarem de uma experiência didática nova, a adquirirem conhecimentos novos e interessantes que estão inseridos no cotidiano do aluno. Agindo desta maneira os alunos ficaram motivados, receptivos ao projeto e com a auto-estima elevada, pois eles iriam produzir “algo de útil”. Além disso, todos os alunos concordaram com a necessidade de colaboração e cooperação, pois a nota de cada aluno dependia tanto do desempenho da equipe como do desempenho da sala como um todo. Um detalhe que chamou a atenção foi o fato de que os “*alunos especialistas*” em resolver listas de exercícios queriam trabalhar individualmente.

A fim de ajudar a orientar os alunos, seria interessante que o professor nesta aula já traga algum material, sejam componentes eletrônicos (capacitor, resistor), revista sobre o assunto, endereço de páginas na internet ou até mesmo uma pequena caixa de som.

#### **5.9.1. (1ª aula) Fazer um clichê.**

Utilizando o material solicitado na aula anterior desmontar alguns materiais e:

→Objetivos da aula:

- ✓ Motivar o aluno para o estudo dos assuntos correlatos
- ✓ Identificar a interdependência das várias disciplinas envolvidas com o projeto.
- ✓ Reconhecer a incapacidade de uma disciplina para responder as questões relacionadas com a situação.
- ✓ Saber o que os alunos pensam a respeito da situação a ser investigada.

*Atividades realizadas: 11 Setembro.*

O professor solicitou às equipes:

- ✓ Que desmontem uma caixa de som para verificar os seus componentes.
- ✓ Façam uma lista das questões relacionadas com o projeto podendo ser abertas ou específicas.

*Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:*

Todas as equipes trouxeram o material solicitado, sendo que, num primeiro momento, cada equipe manipulou os respectivos materiais, e num segundo momento houve a troca de material entre as equipes. O professor teve uma certa dificuldade em controlar a movimentação dos alunos, mas este fato não impediu que o professor orientasse equipe por equipe sobre “possíveis questões” relacionadas com o tema. Cada equipe elaborou uma lista para ser apresentada na próxima aula.

Muitos alunos “confessaram” que já haviam feito uma análise do material em casa, causando surpresa para os pais dos alunos com relação ao tema a ser estudado e com o “repentino” interesse (e envolvimento) do filho. Devemos lembrar que os alunos estudam no período noturno!

### **5.9.2. (2ª aula) O panorama espontâneo; a escolha dos especialistas a serem consultados e indo à prática.**

→ Objetivos da aula:

O professor junto com os alunos irá:

- ✓ Fazer uma listagem dos itens que não foram listados no clichê, mas que são importantes para a elaboração do projeto e dos objetivos da disciplina.
- ✓ Fazer uma relação das pessoas envolvidas com a situação estudada.
- ✓ Fazer um levantamento das normas envolvidas na situação.
- ✓ Fazer uma lista dos jogos de interesse e das tensões.
- ✓ Fazer uma listagem das caixas pretas possíveis para o problema proposto.
- ✓ Fazer um organograma posicionando as caixas pretas com relação ao projeto, para melhor determinar os pontos que são relevantes. (Veja a lista de Bifurcações anexo I.)
- ✓ Fazer uma lista dos especialistas e das especialidades pertinentes ao projeto.
- ✓ Determinar a necessidade de se consultar especialistas e escolher os especialistas a serem consultados.

***Atividades realizadas: 11 de setembro.***

Os alunos apresentaram as questões elaboradas na aula anterior e com a ajuda do professor organizaram o material. Nesta aula foram escolhidas as caixas pretas, distribuídas para as equipes e foi elaborado um cronograma para as atividades (anexo II).

***Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:***

Os alunos ficaram impressionados com a quantidade de temas relacionados com uma “caixa de som”, pois para a maioria ela representava simplesmente um “móvel” que produzia sons.

Neste momento o professor aproveitou para explicar a necessidade do envolvimento de várias disciplinas para que seja possível elaborar um projeto bem como da necessidade de nos *Alfabetizarmos Científica e Tecnicamente*, pois se assim não o for, como saber dos pontos relevantes ligados ao assunto? Como saber onde pesquisar e a quem recorrer? Quando alguém for comprar um produto, como saber se não está sendo enganado...

O professor deixou claro que com a escolha das caixas pretas a serem abertas, nós estávamos determinando um perfil de projeto que foi fruto de uma “*negociação*”. Se o tema fosse abordado em uma turma de magistério, será que as caixas pretas a serem abertas seriam as mesmas?

A surpresa da aula ficou reservada ao questionamento de um aluno com relação ao “visual” do manual, pois para ele, a sala estava “vendendo” um produto e que a apresentação do manual merecia ser tratada como uma caixa preta, neste sentido a sala elegeu o mesmo aluno e a respectiva equipe para serem os responsáveis pela “confeção” do manual. Com relação à distribuição das outras caixas pretas houve muita discussão, mas no final todos fizeram as suas escolhas. Alguns alunos reclamaram que as 16 aulas previstas não seriam suficientes para a realização do projeto. O professor lembrou aos alunos que eles deveriam dividir as tarefas entre os membros da equipe a fim de agilizar o desenvolvimento do projeto.

### **5.9.3. (3ª aula)**

→Objetivos da aula:

- ✓ Com as equipes formadas, organizar o material obtido com as atividades extraclasse.
- ✓ Baseado nos itens anteriores, fazer um cronograma para as próximas aulas a fim de promover a abertura das caixas pretas, agendar palestras etc..
- ✓ Escolher e distribuir as caixas pretas entre as equipes.

#### ***Atividades realizadas: 14 Setembro.***

O professor promoveu o debate em pequenos grupos e com o grande grupo, atendeu equipe por equipe para ajudar a selecionar, organizar o material obtido e fornecer esclarecimentos com relação ao papel que cada equipe irá desempenhar durante o projeto. Foi decidido que seria elaborado um questionário para ser anexado ao manual quando o mesmo estivesse pronto.

#### ***Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:***

Como foi comentado sobre a aula anterior a escolha das caixas pretas a serem abertas já foram escolhidas e o cronograma já foi elaborado. Com o intuito de dar mais tempo aos alunos, o professor estrategicamente posicionou algumas caixas pretas (a serem abertas por ele), nas 5 aulas subseqüentes.

Cabe comentar que nessa altura do projeto o professor alertou os professores das outras disciplinas sobre a aplicação do projeto e que provavelmente os alunos iriam consultá-los sobre os temas abordados nas caixas pretas escolhidas. De maneira especial, os professores de Inglês (para ajudar a traduzir os livros em inglês) e biologia (para ajudar a “dissecar o ouvido humano”). Os alunos realizaram atividades extraclasse entrevistando pessoas e ou especialistas, pesquisaram em revistas e agendaram a visita de um especialista.

#### **5.9.4. (4ª aula). Preparada pelo professor**

→Objetivos da aula:

- ✓ Polarizar imãs
- ✓ Caracterizar os pólos magnéticos
- ✓ Demonstrar as linhas de campo magnético
- ✓ Observar o comportamento de alguns materiais, do ponto de vista magnético.
- ✓ Identificar a bússola como um detector de campo magnético
- ✓ Concluir que é impossível termos um monopólo magnético.
- ✓ Identificar em nível atômico as propriedades magnéticas dos materiais.
- ✓ Conceituar Ponto de Currie.

→Materiais: imãs, limalha de ferro, pregos, alfinetes, pedaços de cobre, de ferro, bússola e alto-falantes.

→Texto: **Bússola e Imãs** (livro Física e Realidade, páginas 180 a 183, 185 a 198).

#### **Atividades realizadas: 14 Setembro.**

Em grupos com 5 alunos o professor solicitou para os alunos:

- ✓ Nomearem e polarizarem os imãs, utilizando a bússola.

- ✓ Que, através da interação entre os imãs verifiquem a atração e repulsão dos pólos magnéticos.
- ✓ Polvilharem limalha de ferro sobre um papel, colocando um imã embaixo da mesma, para verificar a disposição dos mesmos com relação à posição da agulha da bússola e identificar a bússola como um mapeador das linhas de campo magnético.
- ✓ Verificarem se os imãs atraem materiais como cobre, alumínio e ferro.
- ✓ Quebrem um imã para verificar se ele permanece com os dois pólos magnético.

As equipes realizaram as atividades experimentais (o professor realizou a atividade relacionada com a limalha de ferro) e o professor explicou em nível atômico as propriedades magnéticas dos materiais.

***Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:***

Os alunos tiveram muita dificuldade para conseguir a limalha de ferro (a granulação do material era muito grande). Segue como sugestão, que o professor fabrique a limalha com uma “lima” fina. O professor pediu aos alunos para compararem as atividades realizadas em sala com as ilustrações apresentadas no texto sugerido. Além disso o professor trouxe alguns livros de física (tradicionais) com a “teoria” e com exercícios de vestibular, para que eles traçassem um paralelo entre a física da “escola” e a física do cotidiano.

**5.9.5. (5ª, 6ª aula). Preparadas pelo professor**

→Objetivos da aula:

- ✓ Reconhecer o efeito magnético da corrente elétrica.
- ✓ Representar as linhas do campo magnético para um condutor retilíneo e para solenóides e relacionar com as linhas de campo magnético de um imã.
- ✓ Reconhecer a interação entre forças magnéticas sobre condutores e correntes.
- ✓ Obter o sentido da força magnética.

→Materiais: Alto-falante, bússola, fios de cobre e algumas pilhas elétricas.

→ Texto: **O ímã elétrico ou o eletroímã.** (Livro Física e Realidade, página 200 a 203, 206 a 209, 220 a 221).

*Atividades realizadas: 21 Setembro.*

O professor solicitou aos alunos que:

- ✓ Liguem uma pilha elétrica nos terminais do alto-falante e obtenham o sentido da força magnética relacionada com o campo magnético e com o sentido da corrente.

Utilizando uma abordagem problematizadora, o professor orientou os alunos a realizarem a “experiência”.

*Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:*

O professor salientou a necessidade de uma “padronização” com relação ao sentido do campo magnético e o sentido da corrente elétrica, para poder determinar o sentido da força. Nesse momento, ficou marcante o fato de o alto-falante ser um “conversor de energia” e da influência que o campo magnético exerce sobre a corrente elétrica. O professor aproveitou para perguntar se fosse retirado o fio de cobre, mas permanecendo a corrente de elétrons, eles estariam sujeitos à ação do campo magnético do ímã? (este é o caso dos feixes de elétrons emitidos pelos filamentos do tubo de imagem de uma televisão). Em seguida o professor fez comentários com relação aos alto-falantes especiais para televisão. Em paralelo, o professor de história aproveitou o “gancho” da 4ª aula para falar sobre as grandes navegações e as implicações decorrentes das novas tecnologias desenvolvidas.

**5.9.6. (7ª e 8ª aula). Preparadas pelo professor e pelos alunos.**

→Objetivos da aula:

- ✓ Reconhecer a evolução que os alto-falantes e caixas de som sofreram ao longo do tempo.

- ✓ Identificar o nível de pressão sonora máxima, como sendo o "volume" de som máximo produzido pelo alto-falante.
- ✓ Reconhecer o comportamento logarítmico do nível de pressão sonora.
- ✓ Identificar o rendimento acústico de alguns Alto-falantes.
- ✓ Identificar os parâmetros de um alto-falante, envolvidos diretamente com a pressão sonora resultante.
- ✓ Identificar a relação entre potência dissipada e a potência especificada pelo alto-falante.
- ✓ Estabelecer a relação entre potência RMS, potência MUSICAL e a potência PMPO.

***Atividades realizadas: 25 Setembro.***

Os alunos apresentaram o material sobre a história do alto-falante e as caixas de som. Na aula, envolvendo todos os alunos, o professor promoveu um debate com relação à potência divulgada dos aparelhos e caixas de som, o crescimento de carros com caixas de som instaladas e aos campeonatos de som automotivo de SPL (do inglês Sound Pressure Level, *Nível de Pressão Sonora*). O professor abriu as seguintes caixas pretas relacionadas no Anexo I: normas funcionais, teste de vida, ruído rosa, ruído branco, potência admissível (PMPO, MUSICAL e RMS) e potência dissipada. Para tanto, ele distribuiu um texto produzido para este fim, trouxe revistas de campeonatos de som automotivo e trouxe um aparelho com "cd" para mostrar os ruído rosa e branco, algumas frequências graves, médias e agudas.

***Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:***

O professor aproveitou o assunto sobre a história do alto-falante e as caixas de som para comentar o processo de evolução que os mesmos sofreram e que até 1961 os projetos de alto-falantes e caixas era de certa forma empírico. Na realidade os trabalhos desenvolvidos por *Thiell-Small* tiveram repercussão a partir da década de oitenta, ou seja, quase vinte anos após a divulgação dos trabalhos.

Os alunos ficaram muito curiosos com relação às potências divulgadas pelos fabricantes e qual era a relação que existia entre um chuveiro e um alto-falante. Eles ficaram surpresos quando souberam que o consumo de energia dissipada no alto-falante

depende da impedância do alto-falante e não do tamanho dele. Entrou em discussão a questão da ética dos fabricantes e mais uma vez o professor reforçou a necessidade da *Alfabetização Científica e Técnica* como sendo uma arma poderosa, para eliminar tais questões.

#### **5.9.7. (9ª e 10ª aula). Preparadas pelos alunos.**

→Objetivos da aula:

- ✓ Identificar os horários permitidos para o uso de caixas de som.
- ✓ Identificar quais são as implicações legais com relação à violação da lei.

#### **Atividades realizadas: 02 de Outubro.**

Foi realizada uma palestra ministrada pelo sargento da polícia militar e foi promovido um debate com o grande grupo.

O palestrante utilizou uma das aulas para expor o assunto e a outra aula ficou reservada para que os alunos fizessem perguntas relacionadas ao assunto. Ele trouxe também um decibelímetro para demonstrar aos alunos como se manuseia tal equipamento.

#### **Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:**

Causou espanto geral (inclusive do professor) quando o oficial declarou que não existe a tal da “lei do silêncio”, ou seja, não existe um horário limite na qual é permitido fazer barulho. Entretanto a polícia pode ser acionada a qualquer hora para coibir os excessos, enquadrando os infratores na lei que prevê a perturbação do sossego e da ordem pública. Para tanto a polícia possui um “decibelímetro” para verificar o nível de ruído provocado pelo infrator.

Ele divulgou também, que existem os casos especiais previstos no “código de trânsito” e na “Lei eleitoral”. Após ele responder as questões dos alunos, ele elogiou a iniciativa do professor ao promover este tipo de debate, pois isto ajuda a divulgar os trabalhos da polícia e a orientar a população com relação ao que é permitido ou não.

#### **5.9.8. (11ª aula). Preparada pelos alunos.**

→Objetivos da aula:

- ✓ Identificar os direitos do consumidor.
- ✓ Identificar quais são as implicações legais com relação à violação da lei.

***Atividades realizadas: 09 de Outubro.***

Os alunos fizeram a apresentação dos artigos presente no código de defesa do consumidor e fizeram uma comparação com os certificados de garantia apresentados por alguns fabricantes de aparelhos de som.

***Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:***

A equipe demonstrou nervosismo para apresentar o assunto, mas conseguiu se expressar muito bem com relação aos objetivos da aula. Merece destaque o bom comportamento da sala no decorrer da aula. Ao terminar a aula o professor perguntou aos alunos o motivo do bom comportamento e a maioria respondeu que este era um assunto que muito interessa a eles, pois em situações futuras eles saberiam como se comportar diante de um problema relacionado com a garantia de um produto. O professor aproveitou para promover um debate com os alunos envolvendo os temas sobre confiabilidade, status, retorno financeiro e pessoal.

**5.9.9. (12<sup>a</sup> aula). Preparada pelos alunos.**

→Objetivos da aula:

- ✓ Identificar as funções de um amplificador.
- ✓ Reconhecer as características que um amplificador de qualidade deve apresentar.
- ✓ Relacionar a potência especificada de um amplificador com a potência especificada para a caixa de som.
- ✓ Reconhecer a importância do “casamento” de impedância entre o amplificador e as caixas de som.
- ✓ Reconhecer a evolução dos equipamentos de som e das caixas de som com relação à tecnologia, potência, tamanho e qualidade.
- ✓ Identificar as estratégias de mercado com relação ao design.
- ✓ Identificar os materiais mais usados na confecção das caixas de som.

***Atividades realizadas: 09 de Outubro.***

As equipes (duas) realizaram as respectivas atividades previstas para a aula:

- ✓ Apresentação do conteúdo através do texto produzido pelos alunos.
- ✓ Apresentação do manual de um amplificador para discutir as suas características.
- ✓ Com o auxílio do professor, discutiram a relação entre a potência de um amplificador e a potência de uma caixa de som.
- ✓ Apresentação do resultado de entrevistas realizadas junto aos vendedores e de pesquisas realizadas em revistas do gênero.

***Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:***

A equipe que apresentou o assunto referente ao amplificador demonstrou um bom conhecimento sobre o assunto discutido, pois um dos membros da equipe trabalha numa estação de rádio de FM e outro membro atua como DJ de uma danceteria trazendo inclusive um aparelho de som para demonstrar as funções do amplificador.

A equipe que realizou os trabalhos referentes ao design fez uma reclamação dizendo que o assunto pertinente a eles não se encontrava em livros, e eles tiveram que criar um material “*inédito*” sobre o assunto. O professor aproveitou para fazer críticas referentes ao sistema tradicional de ensino e traçar um paralelo com esta proposta de ensino (IR).

**5.9.10. (13<sup>a</sup> e 14<sup>a</sup> aula). Preparada pelos alunos.**

→Objetivos da aula:

- ✓ Relacionar atividades do cotidiano com os respectivos níveis de pressão sonora produzidos.
- ✓ Identificar os efeitos nocivos provocados na audição causados por níveis de pressão sonora alto.
- ✓ Reconhecer como ocorre o processo da percepção dos sons no interior do nosso ouvido.
- ✓ Reconhecer o comportamento logarítmico do ouvido, com relação à sensibilidade.

***Atividades realizadas: 16 de Outubro.***

Apresentação do conteúdo através do texto reproduzido na revista “Som e Carro” de autoria da Mestra em fonoaudiologia **Haydée Pacheco Russo**. A apresentação do conteúdo ocorreu através de slides sobre a fisiologia do ouvido humano e da distribuição do texto produzido pelos alunos sobre os efeitos dos ruídos na audição.

***Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:***

Os alunos gostaram do conteúdo apresentado, e todos concordaram que devido à falta de conscientização, a maioria da população não toma os cuidados necessários para proteger o ouvido contra o excesso de ruído. Porém o professor salientou que existem muitas situações em que sabemos dos riscos, mas, assim mesmo expomos o nosso organismo a estes perigos (cigarro, bronzeamento natural e artificial, bebida alcoólica).

**5.9.11. (15ª aula). Preparada pelo professor.**

→Objetivos da aula:

- ✓ Identificar o comportamento do resistor, do capacitor e de um indutor com relação à frequência.
- ✓ Utilizar a lei de Ohm para determinar o fio ideal para uma caixa de som.
- ✓ Reconhecer o resultado de uma associação de capacitores, resistores, indutores e de caixas de som.

→Materiais: aparelho de som com impedância de saída de 4 Ohms, duas caixas de som com um alto-falante de 8 Ohms, resistor (de fio) de 15 Ohms 15W, capacitor de 4,7uF x 63V, indutor de 1.27 mH (uma bobina usando 24 m de fio 20 AWG enrolado num carretel de 13,5 mm de raio e 13,5 mm de altura, resultando em 193 espiras).

→Texto: Divisores de frequência e associação de componentes (caixas de som, resistores, capacitores e indutores).

***Atividades realizadas: 26 de Outubro.***

A apresentação do conteúdo ocorreu com a distribuição do texto produzido pelo professor. Em seguida o professor realizou as seguintes atividades experimentais:

- ✓ Demonstração prática de uma associação entre duas caixas de som.

- ✓ Ligar divisores de frequência de 1ª ordem e resistores em série com uma caixa de som para verificar o efeito.
- ✓ Ligar duas caixas de som “em-fase” e “fora-de-fase” para verificar o efeito.

***Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:***

O professor adotou a estratégia de demonstrar as experiências previstas em paralelo com a teoria apresentada no texto produzido. O professor deve lembrar ao aluno que a resistência dos fios de ligação da caixa, são resistências em série com o alto-falante. Os alunos disseram que agora eles tinham entendido como ocorria a associação de resistores. Se o professor desejar, ele pode aproveitar as aulas seguintes para fazer gráficos do tempo de descarga de um capacitor e de uma associação de capacitores, a fim de demonstrar o resultado da associação dos capacitores.

**5.9.12. (16ª aula).**

→Objetivos da aula:

- ✓ Escolher os temas a serem incluídos no manual.
- ✓ Elaborar um questionário, a fim de ajudar na avaliação da qualidade do manual.
- ✓ Apresentação de opções de visual do manual (tamanho tipo de letra, etc.).
- ✓ Promover um debate para avaliar o uso de *Ilhas de Racionalidade* nas aulas de Física com relação ao problema proposto (**a descaracterização e fragmentação do ensino**).

***Atividades realizadas:*** 26 de Outubro.

- ✓ Debate com o grande grupo.
- ✓ Apresentação das opções do manual.

***Manifestações encontradas em sala de aula e comentários:***

Nesta aula houve grande dificuldade em estabelecer um limite com relação ao nível de abordagem de cada tema, pois o manual não poderia ser muito superficial a ponto de não se mostrar “útil”, nem muito profundo a ponto de ser cansativo.

O professor aproveitou a aula para reforçar a necessidade da ACT, de modo que um sujeito mais bem preparado tem mais argumentos para defender o seu ponto de vista e convencer os demais colegas. Além do mais, que os alunos deveriam adotar a construção de *Ilhas de Racionalidade* em outras disciplinas e por que não, em outras atividades do seu cotidiano (profissionais ou particulares).

Os alunos elogiaram a nova maneira do professor abordar o assunto, relacionado-o com as outras disciplinas e colocando os alunos como membros atuantes no processo. Todos os alunos concordaram que após o projeto, eles “olhariam” um equipamento de som com outros olhos e que agora eles teriam condições de avaliar de maneira mais criteriosa, a qualidade de um produto, os seus recursos e as implicações decorrentes e que é muito importante ter um conhecimento mínimo para poder ter opinião formada e “negociar” entre as várias opções que uma situação exige.

E, finalmente, para encerrar o projeto, a equipe encarregada de confeccionar o manual, entregou uma cópia encadernada para cada aluno e uma para o professor, com direito a comemoração, no dia 06 de Novembro.

#### **5.10. Recursos Instrucionais**

Foram adotados para este módulo de ensino textos elaborados a partir dos seguintes materiais:

→ Física e Realidade (páginas 180 a 183, 185 a 198, 200 a 203, 206 a 209 e 220 a 221).

→ Texto produzido pelo professor sobre: Características das Ondas Sonoras, Decibéis (dB), Parâmetros dos Alto-falantes relacionados com o nível de Pressão Sonora e Caixas de Som.

→ Texto produzido pelo professor sobre: divisores de frequência, e associação de componentes e caixas de som.

→ Revista Som & Carro ano 1 n-10. Pág.70

→ Revista Som & Carro ano 4 n-48. Pág.11 (texto extraído do livro Acústica e Psico-acústica, de autoria da Mestre em fonoaudiologia **Haydée Pacheco Russo**).

→ Atividades experimentais.

## 6- Considerações Finais.

Apesar de ter sido feito um projeto tentando prever as situações envolvendo a “Construção de Uma Ilha de Racionalidade”, devemos estar cientes que existem inúmeras situações (as bifurcações) ao longo do processo que modificam o resultado final. Certamente o professor, em alguns momentos, deve de certa forma induzir os alunos a seguirem certos caminhos para que o projeto atinja os objetivos escolares.

Foi possível perceber quando da construção do projeto da “Ilha de Racionalidade”, que o nível de aprofundamento do projeto, vai depender muito dos conhecimentos prévios que o organizador do projeto tem sobre o assunto, pois, quanto mais conhecimento de causa ele tem, mais questões e mais bifurcações ele poderá orientar os alunos levantar.

Outra dificuldade que encontraremos se refere ao comportamento do aluno e do professor. Enquanto que o primeiro está acostumado a receber o assunto de um modo fechado e acabado, com questões e respostas “meteóricas”, temos o segundo acostumado a explicar e responder questões já consagradas pela prática de ensino adquirida com o passar dos anos. Além do mais, na maioria dos casos, as questões respondidas pelo professor se limitam ao assunto da disciplina e, nas piores situações, ao conteúdo do livro texto.

Como idéia para novos trabalhos, sugerimos que se faça um projeto envolvendo o estudo sobre energia, tendo como objetivo, desenvolver um aquecedor solar para participar de um campeonato. Ganhará a equipe que conseguir aquecer mais, uma mesma quantidade de água.

Com relação à questão levantada pela monografia:

**Como transpor o conhecimento escolar para a realidade do cotidiano do aluno, sem descaracterizar e fragmentar o ensino?**

Ao ser aplicado o projeto foi possível perceber:

- ✓ Grande envolvimento dos alunos durante todas as aulas, apesar do projeto ter se estendido além do previsto (eram 4 semanas e foram praticamente 7 semanas).

- ✓ Através dos debates promovidos durante a execução do projeto (principalmente o debate da 16ª aula), que os alunos se mostraram mais críticos.
- ✓ Que a produção do manual se tornou um “troféu” para os alunos e que a aprendizagem ocorreu de forma natural.
- ✓ O projeto se tornou uma experiência marcante.

Deste modo as *Ilhas de Racionalidade* atingiram o objetivo proposto, pois, segundo os alunos, o elemento que “aglutinava” os vários conteúdos, era a elaboração do manual. Eles perceberam que para atingirem este objetivo, eles precisavam ter um conhecimento sobre os temas relacionados com o assunto (incluindo temas fora do campo da física). O que antes não fazia sentido para eles, por exemplo, a associação de resistores agora representava uma “ferramenta” necessária para saber como ligar mais de uma caixa de som na saída de um amplificador. Ou ainda, perceberam a importância de se conhecer o princípio de funcionamento de um alto-falante (interação entre campo magnético e corrente elétrica), para tomarem cuidado na disposição das caixas de som com relação a TV.

Os alunos elogiaram a nova maneira do professor abordar o assunto, relacionado-o com as outras disciplinas e colocando os alunos como membros atuantes no processo. Todos os alunos concordaram que após o projeto, eles “olhariam” um equipamento de som com outros olhos e que agora eles teriam condições de avaliar de maneira mais criteriosa, a qualidade de um produto, os seus recursos e as implicações decorrentes.

Mesmo os alunos *especialistas* em resolver “problemas” concordaram que eles aprenderam a visualizar melhor “os exercícios tradicionais” (estes alunos estavam se preparando para o vestibular num cursinho paralelo).

Outro aspecto positivo do projeto foi o fato de ele ir além do espaço físico do colégio, pois ele conseguiu promover o diálogo entre pais e filhos (três casos, pelo menos) a ponto de fazer os pais procurarem o professor para saber o que estava acontecendo nas aulas de física que fez os filhos ficarem em casa nos finais de semana desmontando caixas de som, lendo revistas sobre som de carro e os textos produzidos para as aulas.

Os alunos reclamaram da dificuldade que eles tiveram para produzir o material das caixas pretas e da posterior síntese necessária, para que o conteúdo fosse colocado no manual.

Como aspecto negativo, alguns alunos reclamaram que nem todos os membros da equipe se empenharam para realizar as tarefas sobrecarregando assim os outros. O professor deixou claro que não é difícil perceber o grau de envolvimento de cada um com o projeto, porque nos debates e nas conversas individuais com os alunos o comportamento de cada um é diferente.

Com relação à avaliação, foram observados os comportamentos individuais dos alunos e em equipe, o desempenho de cada equipe na abertura da respectiva caixa preta e a qualidade do produto final (o manual do usuário). O professor considerou também a participação nas atividades experimentais, a quantidade e qualidade do material extraclasse (entrevista com especialistas, agenda de palestras, coleta de material para as experiências...), debates em pequenos grupos e em grande grupo. Vale a pena comentar que o professor trabalhou com os alunos desde o início do primeiro ano do ensino médio, sendo assim, alguns alunos surpreenderam o professor, pois no sistema tradicional de ensino, estes alunos raramente participavam das aulas e não demonstravam interesse pela disciplina. Enquanto que com este projeto, estes mesmos alunos participaram dos debates, realizaram experiências e fizeram a apresentação da caixa preta pertinente a eles.

Portanto, ao adotarmos uma prática pedagógica que tenha em vista a perspectiva da ACT, o professor e o aluno devem assumir uma nova postura onde: o aluno deixa de ser um receptor passivo dos conhecimentos para se tornar um elemento participativo do processo ensino-aprendizagem de forma que ele (o aluno) sinta uma certa autonomia e uma certa independência para resolver as situações que surgem no decorrer da elaboração da “Ilha de Racionalidade”; o professor deve se preparar para tentar cruzar os vários campos disciplinares através de questões e de situações propostas pela situação.

Como este tipo de atividade aqui no Brasil é de certa forma recente, seria interessante que fosse criado um “banco de dados” referentes às experiências efetuadas em outras escolas, de modo que possa ser elaborado “um livro do professor” com o objetivo de mostrar “o caminho das pedras” e não “uma receita de bolo”.

Foi com esse intuito, que apresentamos anteriormente um cronograma com as atividades efetivamente realizadas, comentários sobre as reações dos alunos, do professor e propostas para corrigir as falhas ocorridas.

Entretanto, após a aplicação do projeto surgiram novas questões:

**Se o projeto não fosse do tipo utilitário, ele manteria a participação dos alunos durante períodos longos (mais de 4 semanas)?**

**Se adotarmos seguidamente esta estratégia, ela não perderá a eficácia?**

Com relação à primeira questão, pelo fato do projeto ter sido do tipo utilitário, os alunos perceberam uma forte relação com o seu cotidiano, que o projeto envolvia uma situação real com um objetivo final bem definido e que a participação deles no projeto iria produzir um material útil (utilizável em curto prazo). Se o projeto fosse do tipo cultural a exigência dos alunos quanto ao “imediatismo” não seria atendida e os alunos perderiam o interesse logo. Quanto a segunda questão, a preocupação reside no fato da perda de motivação pois a estratégia perderia o impacto de ser novidade, passando a ser uma atividade repetitiva e previsível correndo o risco de perder o rigor de uma disciplina específica.

## 7- Referências.

Para o aluno:

AMALDI, Ugo. Imagens da Física. São Paulo: Scipione, 1995.

GONÇALVES, Aurélio Filho. Física e Realidade. São Paulo: Scipione, 1997.

SOM & CARRO, Revista mensal ano 1 n-10. Pág.70. São Paulo: Som & Carro, 1997.

SOM & CARRO, Revista mensal ano 4 n-48. Pág.17. São Paulo: Som & Carro, 2000.

Para o professor:

AMALDI, Ugo. Imagens da Física. São Paulo: Scipione, 1995.

GONÇALVES, Aurélio Filho. Física e Realidade. São Paulo: Scipione, 1997.

SEARS, Francis Weston e ZEMANSKI, Mark W. Calor, Ondas e Ótica Vol 2. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1980.

SEARS, Francis Weston e ZEMANSKI, Mark W. Eletricidade Magnetismo e Tópicos de Física Moderna Vol.3. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1980.

SOM & CARRO, Revista mensal ano 1 n-10. Pág.70. São Paulo: Som & Carro, 1997.

SOM & CARRO, Revista mensal ano 4 n-48. Pág.17. São Paulo: Som & Carro, 2000.

Utilizada para elaboração do Texto Características da Onda Sonora, Decibel (dB), Parâmetros dos Alto-falantes relacionados com o nível de Pressão Sonora, Divisores de frequência, associação de componentes (caixas de som, resistores, capacitores e indutores):

ABNT, NBR 10303 – Alto-falantes – Comprovação de Potência Elétrica Admissível. 1988.

AMALDI, Ugo. Imagens da Física. São Paulo: Scipione, 1995.

- BORWICK, John. Loudspeaker and Headphone Handbook. London: Butterworth & Co. Ltd, 1988.
- GONÇALVES, Aurélio Filho. Física e Realidade. São Paulo: Scipione, 1997.
- SEARS, Francis Weston e ZEMANSKI, Mark W. Calor, Ondas e Ótica Vol 2. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1980.
- SEARS, Francis Weston e ZEMANSKI, Mark W. Eletricidade Magnetismo e Tópicos de Física Moderna Vol.3. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1980.
- SOM & CARRO, Revista mensal ano 1 n-10. Pág.70. São Paulo: Som & Carro, 1997.
- SOM & CARRO, Revista mensal ano 4 n-48. Pág.17. São Paulo: Som & Carro, 2000.
- VASSALO, Francisco Ruiz. Manual de Caixas Acústicas e Alto-falantes. São Paulo: Hemus, 1980.

Para a Monografia.

- BRASIL. SECRETARIA DA EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio bases legais*. Brasília: MEC/SEMT, 1999.
- BRASIL. SECRETARIA DA EDUCAÇÃO MÉDIA E FUNDAMENTAL. *Parâmetros Curriculares Nacionais: apresentação dos temas transversais*. Brasília: MEC/SEMF, 1997.
- BRASIL. SECRETARIA DA EDUCAÇÃO E FUNDAMENTAL. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- CHEVALLARD, I.; PERRELI, Maria Aparecida de Souza. *A transposição Didática no Campo da Indústria Cultural: Um estudo dos condicionantes dos conteúdos dos livros didáticos de ciências*. UFSC. Florianópolis, SC, 1996.

FOUREZ, G; LECOMPTE, V. E.; GROOTAERS, D.; MAATHY, P. TILMAN, F.  
*Alfabetización Científica y Tecnológica*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Colihue, 1994.

PINHEIRO, F. P.; PIETROCOLA, M.; ALVES FILHO, J. P.; RODRIGUES, C. D.  
O.; “*Um Exemplo de Construção de uma Ilha de Racionalidade em Torno da Noção de Energia*”. In: VII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA. Florianópolis: março 2000.

VILLANI A. & POLIDO FERREIRA M. – 1996 - *As dificuldades de uma Professora Inovadora*.- Caderno Catarinense de Ensino de Física. Vol. 14 n-2: pp. 115- 130, agosto 1997.

Anexo I Lista de bifurcações



Cronograma das atividades para elaboração do manual.

(obs. Considerar que já foram utilizadas duas aulas.)

<b>Aula</b>	<b>Responsável</b>	<b>Atividade</b>
3 <sup>a</sup>	Professor	Ajudar os alunos a organizar o material
4 <sup>a</sup> , 5 <sup>a</sup> e 6 <sup>a</sup>	Professor	Abertura das caixas pretas envolvendo o Magnetismo.
7 <sup>a</sup>	Equipe 1	Abertura da caixa preta envolvendo a história do Af. e da caixa de som.
8 <sup>a</sup>	Professor	Abertura das caixas pretas envolvendo normas funcionais.
9 <sup>a</sup> e 10 <sup>a</sup>	Equipe 2	Abertura das caixas pretas envolvendo normas de uso.
11 <sup>a</sup>	Equipe 2	Abertura das caixas pretas: garantia e Procon
12 <sup>a</sup>	Equipe 3 Equipe 4	Abertura da caixa preta envolvendo o amplificador. Abertura da caixa preta envolvendo o gabinete, design e os materiais.
13 <sup>a</sup> e 14 <sup>a</sup>	Equipe 5	Abertura das caixas pretas envolvendo a influência sobre o ser humano (efeitos biológicos, psicológicos, comportamento do ouvido, curva de resposta e sensibilidade).
15 <sup>a</sup>	Professor	Abertura das caixas pretas envolvendo associação de componentes, o comportamento de capacitores, resistores e indutores em função da frequência, a lei de Ohm.
16 <sup>a</sup>	Professor Equipe 6	Apresentação e escolha do material a ser incluído no manual, elaboração do questionário.

# SEU MANUAL



COMO FAZER UM BOM USO DE  
UMA CAIXA DE SOM.

## **Apresentação**

Parabéns, você está tendo a oportunidade de ler um manual que foi o resultado de um trabalho realizado em equipe. O manual tem como principal objetivo, chamar a atenção do leitor para temas relacionados com uso de uma caixa de som. São temas bastante variados, que vão desde as leis envolvendo a garantia e condições de uso, até como efetuar o cálculo do fio ideal para ser ligado na caixa de som.

No final do manual foram elaboradas algumas questões com o objetivo de promover uma reflexão sobre os assuntos abordados.

Esperamos que, desta maneira, você consiga um melhor aproveitamento do seu equipamento de som, seja ele para uso doméstico ou para uso profissional.

## COMO TUDO COMEÇOU

Em 14 de fevereiro de 1876, Alexander Graham Bell inventou o protótipo do que veio a ser o telefone. Na realidade Bell acabara de inventar um transdutor eletro-acústico (alto-falante e microfone).

Esse transdutor era composto por vários componentes, que com o tempo foi se aperfeiçoando.

Em 1910 S. B. Brown produziu um fone de ouvido que era composto por um diafragma de alumínio muito leve.

Outros dois grandes colaboradores foram Wende e Thuras, que procuraram melhorar a eficiência e a resposta do alto-falante.

A Phillips, a fim de explorar comercialmente o alto-falante, reuniu um grupo de cientistas delegando aos mesmos a tarefa de reunir todas as patentes envolvidas com relação aos transdutores eletro-acústicos. O objetivo principal era produzir um alto-falante de qualidade e confiabilidade.

A partir de então os alto-falantes que se tinha na época com relação aos de hoje diferem basicamente nos materiais usados na confecção dos componentes.

Quanto às caixas de som, até 1961 os "projetos" de caixas de som eram de certa forma empíricos. Foi quando *Neville Thielle*, baseando-se nos trabalhos de *Novak e Beranek*, elaborou o estudo chamado de "Loudspeakers in Vented Boxes", onde fazendo uma analogia do comportamento de uma caixa de som com os filtros de quarta ordem, apresentou um método para determinar o volume ideal da caixa de som para um determinado alto-falante. A partir daí surgiram novas contribuições, como por exemplo, os trabalhos desenvolvidos por *Richard Small*.

Em homenagem a estes dois pesquisadores os parâmetros dos alto-falantes são conhecidos como *Parâmetros de Thielle-Small* que são os seguintes:

$F_s$  - frequência de ressonância do alto-falante.

$V_{as}$  - volume de ar equivalente associado ao Af.

$Q_{es}$  - fator de qualidade elétrico (análogo aos filtros).

$Q_{ms}$  - fator de qualidade mecânico (idem).

$Q_{ts}$  - fator de qualidade Total.

$\eta_0$  - rendimento ou eficiência de referência.

$R_e$  - resistência da bobina móvel do Af.

Hoje em dia, com a proliferação dos computadores, surgiram vários programas que fazem os cálculos necessários para projetar uma boa caixa de som, facilitando bastante a vida de quem quer se aventurar a projetar uma caixa de som ou até mesmo para avaliar uma caixa já montada.

4

## O AMPLIFICADOR

O amplificador é o equipamento responsável por aumentar os sinais de áudio enviados pelo sintonizador, tocafitas, CD player, etc. Esses sinais são amplificados a níveis de potência suficientes para serem reproduzidos pelos alto-falantes.

O amplificador deve evitar a adição de distorção ao sinal. Normalmente, o amplificador é dividido em duas partes: *pré-amplificador* e o *amplificador de potência*.

Um assunto que provoca bastante polêmica é a potência de um amplificador. Existem várias maneiras de você especificar a potência, ela pode ser expressa em Watts RMS, Watts MUSICAIS, Watts IHF, ou em Watts PMPO. Destas todas, a que mais interessa é a potência RMS, pois esta é a potência que o amplificador consegue liberar de forma contínua.

A potência de saída também é expressa em número de canais x Watts. Um nível de potência de saída de 2 x 30 W RMS é suficiente para uma audição normal.

Com relação à banda de potência, ela indica a faixa de níveis de potência na qual o amplificador trabalha. A potência máxima fornecida pelo amplificador nunca deve ser inferior a -3 dB, com relação ao valor de potência especificado.

Devemos prestar atenção no valor da relação sinal/ruído, que é a medida do nível de sinal com relação ao nível de ruído (sons estranhos). Quanto maior esta relação, melhor é o equipamento.

Um outro parâmetro de amplificador pouco divulgado é fator de amortecimento, ele auxilia os alto-falantes na reprodução de sons de forma mais precisa. Um elevado fator de amortecimento significa que o amplificador controla de maneira eficaz os movimentos do cone do alto-falante.

5

Por ultimo, devemos prestar muita atenção com relação à impedância de saída de um amplificador, ela especifica qual é o valor mínimo da impedância de uma caixa de som (ou o resultado de uma associação delas) que pode ser ligado na saída do amplificador. Se a impedância de saída do amplificador não coincidir com a impedância da caixa, pode ocorrer a perda de potência acústica ou de sobre carga capaz de destruir a última etapa amplificadora ou o próprio alto-falante. Por isso, todo cuidado é pouco.

6

## DESIGN

Os modelos de caixas de som mais antigas vinham todas no formato quadrado confeccionados em madeira, eram pesadas e enormes. Os aparelhos eram com o som e os comandos analógicos.

Os aparelhos 3 em 1 vinham com radio AM, FM, toca-fitas K7 e toca-discos LP (os bolachões).

Com a evolução foram sendo substituídos: os LP's por CD's com som digital, equalização pré-definida (basta apertar um botão) e com menos ruídos. As caixas e os aparelhos foram se compactando. As caixas, que eram enormes, hoje são menores, de mais potência e mais qualidade. A tendência do design (iniciado pela Phillips) é ter os cantos arredondados com os painéis e desenhos coloridos.

### **MATERIAIS:**

**Madeira:** as caixas de madeira são as mais usadas, além de apresentarem um custo baixo, são fáceis de confeccionar e possuem boa qualidade.

**Plástico:** caixas usadas em aparelhos portáteis tornando-os mais leves. Não são, porém, de boa qualidade.

**Concreto:** caixas de som usadas por aficcionados, são extremamente pesadas, são de ótima qualidade, mas são de difícil manuseio.

**Metálicas:** São caixas semelhantes às plásticas, porém são mais resistentes e duráveis.

## NORMAS LEGAIS

Não existe lei que impeça bares, lanchonetes ou ambientes do gênero de reproduzir sons de alto-falantes após as 22:00 hs. Mas, dentro do limite, de acordo com a Polícia Militar. Pois, se alguma pessoa se sentir incomodada, poderá informar a PM, e esta, irá ao local verificar e fazer com que o volume seja diminuído, isto dentro dos padrões da *Lei de Perturbação da ordem do sossego público*.

Em períodos de eleição, só é permitido o uso de alto-falantes ou amplificadores para propaganda eleitoral no horário que vai das 8:00 às 22:00hs. Devem ser evitados a uma distância de 200 metros de sedes do poder executivo ou legislativo, hospitais, escolas e igrejas.

De acordo com o código nacional de trânsito usar o veículo, de agrupamentos com o som ou frequência que não sejam autorizados pelo CONTRAN, gera infração grave, retenção do veículo para regularização e multa.

## A GARANTIA

Segundo a legislação, o fornecedor é obrigado a garantir a qualidade e a eficiência do produto que vende, mas mesmo quando o fornecedor não dá essa garantia na hora da compra, a lei garante o direito do consumidor a esse benefício, é a chamada *GARANTIA LEGAL*. O prazo para recorrer a esta garantia é de 90 dias para produtos e serviços duráveis, contados a partir da entrega do produto.

Há também a *GARANTIA CONTRATUAL*, que constitui um complemento da garantia legal e, é dada pelo próprio fornecedor do produto. Essa garantia deve ser entregue ao consumidor mediante termo escrito. O não cumprimento desse benefício é considerado infração penal.

## VÍCIOS DO PRODUTO

Os fornecedores de produtos de consumo respondem pelos vícios de qualidade dos mesmos, tendo o prazo de 30 dias para sanar o defeito. No entanto, esse prazo pode ser ampliado ou reduzido pelas partes, não podendo ser inferior a 7 nem superior a 180 dias. Caso o problema não seja resolvido no prazo estipulado, o consumidor pode pedir a devolução do valor pago com correção monetária; substituição do produto por outro da mesma espécie; ou abatimento proporcional do preço.

9

## COMPORTAMENTO DO OUVIDO

Um alto-falante vibrando produz ondas sonoras que dirigidas ao aparelho auditivo, são coletadas pelo pavilhão auditivo, e por meio de vários órgãos são transmitidas aos nervos auditivos que é responsável pelas sensações vibratórias. As ondas sonoras para serem transportadas ao centro auditivo no cérebro, por meios dos nervos auditivos, exigem uma certa amplitude mínima, medida em decibéis (dB), conhecida como "limiar de audição" padronizada como nível "zero" (0 dB). Existe outra amplitude conhecida como "limiar de desconforto" (120 dB), a partir da qual os sons provocam desconforto no ouvido.

A faixa de audição do ser humano vai desde 20 Hz até 20 kHz. A Capacidade de ouvirmos os sons varia de acordo com a frequência e com a idade, sendo que com a idade, a sensibilidade diminui nas altas frequências. Quanto à frequência a sensibilidade é maior na faixa entre 2 kHz e 5 kHz.

Podemos notar também que, existe uma variação na sensibilidade com a frequência em função do nível. Aumentando o *Nível de Pressão Sonora*, (SPL, do inglês Sound Pressure Level), a sensibilidade relativa nos "graves" aumenta mais do que a sensibilidade nos "agudos". Muitos fabricantes de amplificadores procuram corrigir esta "anomalia", modificando a resposta de frequência do amplificador de acordo com o nível de sinal na saída do mesmo.

Cabe aqui ressaltar que para valores de SPL baixos, temos o popular "volume de som baixo", enquanto que "volume de som alto" está relacionado com valores de SPL altos.

Vale a pena dizer que a exposição de SPL acima de 90 dB continuamente provoca desconforto e pode causar surdez irreversível, quando os valores forem maiores que 100 dB.

O teste efetuado para avaliar a audição é chamado de "audiometria". Abaixo citamos alguns exemplos de ruídos e os respectivos valores em dB.

- 0 dB - limiar de audição
- 10 dB - deserto e região polar sem vento
- 20 dB - estúdios de gravação e sussurros
- 30 dB - quarto de dormir silencioso
- 40 dB - sala de aula ideal, conversa telefônica.
- 50 dB - restaurante calmo
- 60 dB - escritório movimentado, canto de pássaros.
- 70 dB - rádio e TV em volume médio.
- 80 dB - auto-estrada, caminhão a diesel.

Valores em dB que representam perigo.

- 90 dB - fábricas, aspirador de pó, liquidificador.
- 100 dB - cortador de grama, **fone de ouvido** com volume no máximo.
- 110 dB - trem do metro, motocicleta, Show de rock.
- 120 dB - carro de corrida, limiar de desconforto.
- 130 dB - perfuratriz, martelo pneumático.
- 140 dB - limiar da dor auditiva.
- 150 dB - tiro de revolver.
- 160 dB - carros de SPL.

Estudos mais recentes comprovam que o indivíduo que fica exposto aos ruídos de uma maneira contínua, está mais propenso a ter problemas de "stress", dores de cabeça, problemas mentais e perda no rendimento do trabalho. Por isso devemos tomar muito cuidado com a exposição aos ruídos.

## O DIVISOR DE FREQUÊNCIA.

Os alto-falantes têm como função transformar energia elétrica em energia acústica. Dito de outra maneira, a eletricidade enviada pelo amplificador (corrente alternada) é transformada em ondas sonoras, por intermédio do movimento do cone do alto-falante. Um alto-falante não é capaz de reproduzir todo o espectro musical representado pelos sons graves, médios e agudos. Isto se deve a alguns fatores físicos, por exemplo, a rigidez da suspensão e da centragem e a massa móvel do sistema (cone, bobina, calota e massa de ar próxima ao cone). Devido a estes fatores, um alto-falante de 15" terá muita dificuldade para reproduzir os sons agudos, pois justamente por possuir um cone razoavelmente grande, a massa do conjunto móvel é suficiente para dificultar a movimentação rápida do cone, que é necessária para reproduzir as frequências mais altas (as mais agudas).

Esta dificuldade nos leva então a construir um sistema com vários alto-falantes, a fim de reproduzir os sons graves, médios e agudos. Isto resolve o nosso problema acústico, mas surge um outro, o elétrico. Os alto-falantes responsáveis pelos médios e agudos são construídos de tal maneira, que eles não suportam as frequências mais graves (o que causaria a queima do alto-falante por excesso de potência). Eis que entra em cena o divisor de frequência (crossover), cuja função é a de separar as frequências e enviá-las para os respectivos alto-falantes. Para tanto, nos utilizamos de determinados componentes (capacitores, indutores e resistores) que se comportam de uma maneira particular com relação à frequência. Na maioria das vezes o "Woofers" (reproduz os sons graves) trabalha até 200 Hz, o "mid-range" (reproduz os sons médios) trabalha de 200 Hz até 5.000 Hz e o "tweeter" (reproduz os sons agudos) trabalha de 5.000 Hz para cima.

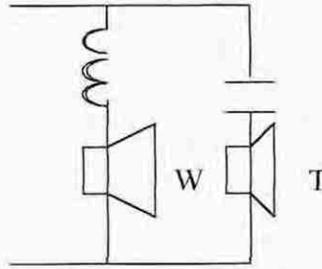


Fig.1 Representando o esquema de ligação de um indutor e um capacitor associado aos seus respectivos Af.

## OS INDUTORES

Também chamados de bobinas, são enrolamentos de cobre envernizado em torno de um núcleo de ar, de ferrite ou de outro material. Estes componentes possuem a capacidade de dificultar a passagem da corrente elétrica na medida em que a frequência aumenta. Seus valores são expressos em Henry (H). Quando ligamos um indutor em série com um alto-falante, provocaremos uma diminuição gradual da corrente elétrica enviada ao mesmo nas frequências mais altas. Deste modo, nós teremos um filtro chamado de "Low-Pass" ou *Passa baixa*. Por definição, a frequência de corte é o ponto na qual a atenuação do filtro é de 3 dB abaixo da região das frequências que o equipamento deixa "passar". Outra característica importante é a sua taxa de atenuação. Ela é descrita como um valor múltiplo de 6 dB de atenuação por oitava, dependendo da ordem do filtro.

No nosso caso teremos um filtro de primeira ordem, ou seja, a atenuação é de 6 dB por oitava. Por exemplo, se o filtro foi projetado para uma frequência de corte em 1000 Hz, uma

oitava acima (2000 Hz) nós teremos 6 dB de atenuação com relação à região plana do filtro. Da mesma forma um filtro de segunda ordem teria uma atenuação de 12 dB por oitava.

### OS CAPACITORES

Também conhecidos como condensadores, são componentes cuja resistência interna aumenta na medida que a frequência diminui. Deste modo estes componentes têm a capacidade de bloquear a passagem das frequências baixas. Seus valores são expressos em Farad (F). Ao conectarmos um capacitor em série com um alto-falante, nós teremos uma diminuição gradual da corrente elétrica enviada a ele nas frequências baixas. Deste modo, nos teremos um filtro "High-Pass" ou *Passa Alta*.

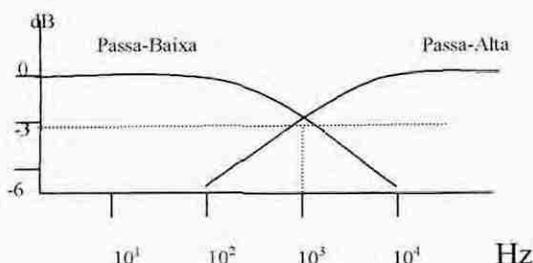


Fig. 2 gráfico da resposta de um filtro "Passa-Alta" e um "Passa-Baixa" com corte em 1000 Hz.

Da mesma maneira que o filtro *Passa-Baixa*, o filtro *Passa-Alta* tem a sua frequência de corte como sendo o ponto na qual a atenuação do filtro é de 3 dB abaixo da região das frequências que o equipamento deixa "passar" e a taxa de

atenuação dependerá da ordem do filtro, que no nosso caso é de primeira ordem.

Se ligarmos em série um filtro *Passa Alta* com um filtro *Passa Baixa*, nós teremos um filtro conhecido como "*Band-Pass*" ou *Passa-Faixa*. Este arranjo normalmente é utilizado em alto-falantes para reproduzir as frequências médias.

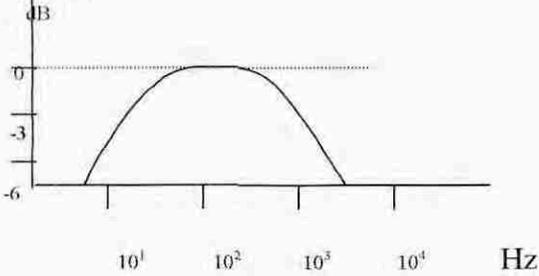


fig.3 gráfico de um filtro Passa-faixa.

## OS RESISTORES

São componentes que dificultam a passagem da corrente elétrica de maneira igual em todas as frequências. Eles são geralmente utilizados para igualar a intensidade dos sons emitidos pelos alto-falantes, pois geralmente os Woofer, os mid-range e os tweeter possuem rendimentos diferentes (sensibilidade).

## O FIO IDEAL PARA UMA CAIXA DE SOM

As perguntas mais comuns entre os que trabalham com áudio sejam eles do setor automotivo, residencial ou profissional é: *Qual a bitola de fio ideal para um determinado sistema de som?* Pois se você utilizar um fio muito grosso, você estará desperdiçando dinheiro, por outro lado se o fio for muito fino, boa parte da energia será dissipada no fio (sobrando menos energia para o alto-falante) podendo provocar assim o aquecimento do mesmo, tendo como resultado prejuízos que podem ser permanentes (danificar a instalação ou até mesmo provocar um incêndio).

Para responder a pergunta do parágrafo anterior devemos ter em mãos algumas informações sobre o sistema, por exemplo: qual é a potência liberada pelo sistema, qual é a impedância (dificuldade da corrente alternada passar no fio) do sistema de alto-falantes e qual é o comprimento do fio que será utilizado.

Existem tabelas que ajudam a encontrar o fio ideal, mas podemos utilizar algumas regras práticas e as *Leis de Ohm* para resolver o problema. A prática mostra que, para que o fio não sofra um aumento demasiado na temperatura, a corrente (em Ampère) que pode passar no fio deve ser próximo a 3 vezes o valor da área transversal do fio ( em  $\text{mm}^2$ ).

Além disso, para que os fios não "roubem" muita energia recomenda-se que a resistência do fio seja próxima de 5% da Impedância (Z) do sistema de alto-falantes ligado ao amplificador. Assim temos:

A área mínima necessária para o fio então pode ser calculada com a seguinte equação:

$$(1) A = (P / (9 * Z))^{\frac{1}{2}} \text{ (área em mm}^2\text{)},$$

P é a potência em Watts,

Z é a impedância do Af.

Por exemplo, para  $P=100\text{W}$  e  $Z = 4 \text{ Ohms}$ ,

$$A = (100 / (9 * 4))^{\frac{1}{2}} = 1.667 \text{ mm}^2.$$

Sabendo da área, nós podemos calcular o comprimento máximo do fio para que a resistência do fio não seja superior a 5% da impedância do sistema de alto-falantes.

Então, lembrando que a *Lei de Ohm* é:

$$(2) R = \rho L / A \quad \text{e que } R = 0.05 * Z$$

Onde temos:

R é a resistência do fio,

$\rho$  é a resistividade do material ( $\rho_{\text{cobre}} = 1.72 \times 10^{-8} \text{ Wm}$ ),

L é o comprimento do fio,

A é a área transversal (bitola) do fio.

Então:

$$(3) L = 0.05 * Z * A / 0.0172$$

Dividir por 2 se o cabo for paralelo.

No nosso exemplo temos:

$$L = 0.05 \cdot 4 \cdot 1.667 / 0.0172$$

$L = 19.38$  m ou  $9.69$  m se o cabo for paralelo.

Vale a pena comentar que a relação (1) estabelece a área mínima do fio e que a relação (3) determina o comprimento do fio para que a resistência do fio não seja maior que 5%. Portanto, se for necessário fio mais comprido, devemos então escolher uma bitola de fio maior. A relação (3) pode ser reescrita para calcularmos a área do fio necessária.

(4)  $A = 0.0172 \cdot L / (0.05 \cdot Z)$ , fazer vezes 2 se o cabo for paralelo.

Por exemplo, se for necessário um fio paralelo com 20m de comprimento.

$$A = 0.0172 \cdot 20 / (0.05 \cdot 4) \cdot 2$$

$$A = 3.44 \text{ mm}^2$$

O fio deverá ter uma área próxima de  $3.44 \text{ mm}^2$ .

## ASSOCIAÇÃO DE CAIXAS DE SOM.

Temos basicamente três tipos de associação de caixas de som, que são: ligação em série, ligação em paralelo e ligação mista.

Na **ligação em série** a impedância total ( $Z_t$ ) de duas ou mais caixas de som é igual à soma aritmética das impedâncias individuais ( $Z_1, Z_2, \dots$ ), ou seja:

$$Z_t = Z_1 + Z_2 + Z_3 \dots$$

Por exemplo, se temos duas caixas de som com impedâncias de 4 Ohms, teremos uma impedância total de:

$$Z_t = 4 + 4 = 8 \text{ Ohms}$$

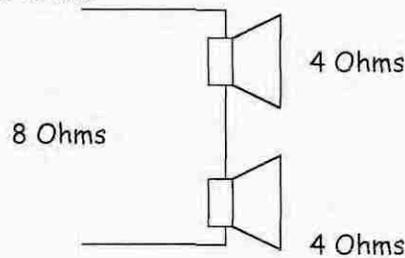


Fig.4 ligação de duas caixas de som em série.

Na **ligação em paralelo** a impedância total é o inverso da soma dos inversos das impedâncias individuais, ou seja:

$$1/Z_t = 1/Z_1 + 1/Z_2 + 1/Z_3 \dots$$

Por exemplo, se tivermos duas caixas de som com impedância de 8 Ohms, teremos então uma impedância total de:

$$\begin{aligned} 1/Z_t &= 1/8 + 1/8 = \\ 1/Z_t &= 0.125 + 0.125 \\ 1/Z_t &= 0.25 \\ Z_t &= 1/0.25 \\ Z_t &= 4 \text{ Ohms} \end{aligned}$$

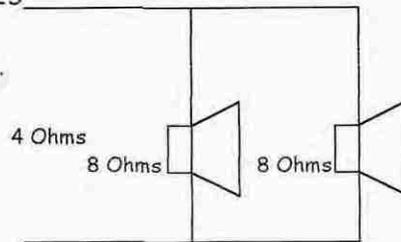


Fig.5 ligação de duas caixas de som em paralelo.

Na **ligação mista** nos temos a combinação das duas ligações anteriores. Para calcularmos a impedância total nos devemos calcular a impedância de cada conjunto de ligação de acordo com os tipos de ligação vistos anteriormente. Abaixo nos temos um exemplo de uma ligação mista de quatro alto falantes de 8 Ohms.

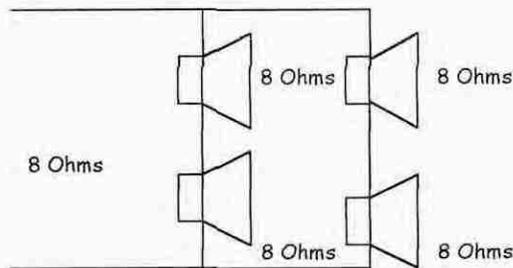


Fig.6 Representando a ligação mista de quatro caixas de som 8 Ohms.

Para calcularmos a impedância total, nos podemos dividir o esquema em duas ligações em série ligadas posteriormente em paralelo.

Assim as ligações em série resultam uma impedância de 16 Ohms que depois ligadas em paralelo, resultarão numa impedância total de 8 Ohms.

### RESPONDA SE VOCÊ FOR CAPAZ

01- Na sua opinião este manual foi capaz de esclarecer suas dúvidas?

02- Qual a importância do manual para que não haja problemas na hora da instalação de uma caixa de som?

03- O que você acha da evolução do som?

04- Você acha um manual útil? Por que?

05- Você costuma ter o hábito de ler o manual de instrução na compra de qualquer aparelho elétrico? E de uma caixa de som?

06- Na base do seu conhecimento, você vê algum problema para saúde, com uma caixa de som de alta potência?

07- Um mal entendido do manual pode causar danos ou problemas ao seu aparelho?

08- A linguagem transcrita no manual está clara, simples e de bom entendimento?

09- Você tem algum conhecimento básico de eletrônica?

10- Dê a sua sugestão para o melhoramento do manual?

## Índice

<b>COMO TUDO COMEÇOU</b>	3
Elaboração: Patrícia, Julia, Thaise, Marilice, Charlene, Silvane.	
<b>O AMPLIFICADOR</b>	5
Elaboração: Ana Paula, Eliane, Claudia, Regina, Simone.	
<b>DESIGN</b>	7
Elaboração: Débora, Jean, Jonas P., Lucas, Osvaldo.	
<b>NORMAS LEGAIS E GARANTIA</b>	8
Elaboração: Catrina, Alison, Maíke, Dirce, Madalena.	
<b>COMPORTAMENTO DO OUVIDO</b>	10
Elaboração: Jonas M. Ivan, Anderson, Ramires.	
<b>O DIVISOR DE FREQUÊNCIA</b>	12
<b>O FIO IDEAL PARA UMA CAIXA DE SOM</b>	16
<b>ASSOCIAÇÃO DE CAIXAS DE SOM</b>	19
Elaboração: Professor César Schmitz	
<b>RESPONDA SE VOCÊ FOR CAPAZ</b>	22
<b>PRODUÇÃO DO MANUAL</b>	
Elaboração: Paulinho, Geani, Juliana, Rodrigo M., Rodrigo T.	

### PROFESSOR ORIENTADOR

*César Schmitz*