

# **CONCEITUANDO CORRENTE E RESISTÊNCIA ELÉTRICA POR MEIO DAS SENSações E PERCEPções HUMANAS:**

**UM EXPERIMENTO PARA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE ALUNOS DEFICIENTES VISUAIS**

## **TEACHING CURRENT AND ELECTRIC RESISTANCE THROUGH THE SENSATIONS AND HUMAN PERCEPTIONS: AN EXPERIMENT FOR SIGNIFICANT LEARNING OF VISUAL DEFICIENT STUDENTS**

**<sup>1</sup>Wagner Morrone <sup>2</sup>Luiz Henrique Amaral, <sup>3</sup>Mauro Sérgio Teixeira de Araújo**

<sup>1</sup>Universidade Cruzeiro do Sul – SP, [profwagnerfisica@uol.com.br]

<sup>2</sup>Universidade Cruzeiro do Sul – SP, [luiz.amaral@unicsul.br]

<sup>3</sup>Universidade Cruzeiro do Sul – SP, [mstaraujo@uol.com.br]

### **Resumo**

Este trabalho consiste de elaboração de uma proposta metodológica para lidar inclusive com Deficientes Visuais e seu desenvolvimento tem por base a investigação sobre o tema e suas possíveis contribuições para atuação docente possibilitando aos alunos que construam conhecimentos físicos relacionados a conceitos iniciais em Eletrodinâmica, tendo por base a realização de atividades experimentais que enfocam a analogia entre os fenômenos abordados e os sentidos e as sensações humanas. São abordados, discutidos e esclarecidos alguns mitos e aspectos físicos e psicológicos da cegueira, bem como o poder de abstração dos deficientes visuais, tendo em vista apontar caminhos que facilitem a inclusão destes alunos em salas de aulas comuns, utilizando um enfoque educacional voltado para a integração social, para a saúde e bem estar destes indivíduos que apresentam deficiência visual.

A atividade experimental permitiu transpor a simples matematização, avançando para a resolução de uma situação problematizadora ao facilitar a elaboração dos modelos matemáticos, contribuindo para a construção de conceitos físicos relevantes, sua análise e a aplicação de seus resultados.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Física Experimental, Deficiente Visual, Aprendizagem Significativa, Analogia

### **Abstract**

This work consists in preparing a proposal for teaching methodology to deal even with Blind and its development is based on research on the topic and possibiliting contributions to teaching performance enabling learners to build knowledge related to physical initial concepts in Electrodynamics, with base in the accomplishment of activities that focus the analogy between the approached phenomena and the senses and the human sensations. The work presents approaches and discusses some myths, aspects physical, psychological and the power of abstraction of the deficient visual with the objective of indicating means that facilitate these students' inclusion in classes common, using an educational focus gone back to the social integration, for the health and well to be of these individuals that present visual deficiency.

The activity experimental allowed to transpose the mathematical technique, moving forward for the resolution of a problem situation when facilitating the elaboration of the mathematical models, contributing for the construction of important physical concepts and the analysis and the application of your results.

**Key-Words:** Teaching Physics, Physics Experimental, Visual Deficient, Significant Learning, Analogy

## **Introdução**

Podemos iniciar este trabalho colocando a seguinte questão:

### **Ser deficiente significa ser ineficiente?**

Acreditamos que apesar das limitações, ser deficiente não significa ser ineficiente. Concordamos com Camargo (2005, p. 25) quando este defende que a expressão “portador de deficiência” não seja plenamente adequada para caracterizar uma pessoa com limitações, embora este seja o termo que consta na constituição brasileira. Por outro lado, o termo “deficiência” não deve ser interpretado como pejorativo ou desmerecedor, pois deficiência indica apenas uma falta ou uma limitação em relação ao ambiente físico e social externo.

Outros termos como “pessoa com necessidades especiais” (termo que consta na atual LDB/96), podem ser importantes para a educação, já que em linhas gerais uma boa parte das crianças e não apenas as com deficiências tem necessidades especiais. Assim, no nosso entendimento, o termo que melhor se adéqua às exigências semânticas é “pessoa com deficiência”.

De cada cem brasileiros, quatorze possui algum tipo de deficiência, dos quais nove tem deficiência visual. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo 2000, há no Brasil uma população de 24.600.256 cidadãos com alguma deficiência, correspondendo a 14,48% da população total do país, dos quais 9,80%, ou seja, 16.644.842 são considerados deficientes visuais, sendo incapaz ou possuindo alguma ou grande dificuldade permanente de enxergar.

### **A legislação e a caracterização do deficiente visual**

Em termos legais, o **PRESIDENTE DA REPÚBLICA** instituiu o Decreto nº. 914, de 6 de setembro de 1993, que no seu CAPÍTULO I, Das Disposições Legais Art. 3º, considera pessoa portadora de deficiência aquela que apresenta, em caráter permanente, perdas ou anormalidades de sua estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica, que gerem incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal para o ser humano.

Enquadra-se como pessoa portadora de deficiência, segundo estabelece a Câmara Técnica sobre Reserva de Vagas para Pessoas Portadoras de Deficiência / Coordenadoria Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, as categorias: 1) Deficiência Física; 2) Deficiência Mental; 3) Deficiências Múltiplas; 4) Deficiência Sensorial: Auditiva e Visual.

### **A Deficiência Visual e as teorias de compensação**

A deficiência visual é a perda ou redução da capacidade visual em ambos os olhos em caráter definitivo e que não possa ser melhorada ou corrigida com o uso de lentes e tratamento clínico ou cirúrgico. Entre os deficientes visuais têm-se os portadores de cegueira e os de visão subnormal, sendo que estas definições e limites variam nas classificações esportiva, legal e outras. No contexto educacional pessoas cegas são as que empregam o Braille e pessoas com visão parcial são aquelas que usam material impresso (Barraga apud Kirk e Gallagher, 1996, p. 207).

Com os cuidados que cada caso exige estes sujeitos com limitações de visão estão aptos para aprender qualquer conteúdo ensinado (Leontiev et. al., 1988) e, mesmo que com um único olho, ainda tem contato com o mundo através da visão.

Há muitos anos acredita-se que a privação de um dos sentidos coincide com uma compensação desta deficiência. Em cegos, por exemplo, a perda da visão provocaria um *aumento da capacidade* dos demais sentidos, como a audição e o tato. A idéia de compensação é ainda hoje parte integrante da representação social da cegueira. Constata-se, entretanto, que em função da carência da visão ocorre apenas uma melhor utilização dos demais sentidos.

O sistema de compensação desenvolvido por Vygotski foi formulado a partir de contribuições teóricas e casos clínicos descritos em sua obra Fundamentos de Defectologia (1997). Considerando as diferentes versões da teoria da compensação, que apontam para o ato de “conhecer” sem “ver”, Vygotski afirma que:

A cegueira é um estado normal e não patológico para o cego, ele só a percebe indiretamente, secundariamente, como resultado de sua experiência social" (Vygotski, 1997, p. 61).

Vygotski (1997) apresenta três posições para a explicação da compensação da cegueira: a mística, a biologicamente ingênua e aquela atribuída à psicologia científica, que ele próprio virá a desenvolver.

A posição mística atribui ao cego um tipo de sensibilidade especial, de origem divina, na qual a presença de uma espécie de terceiro olho lhe possibilitaria ver o que os videntes não conseguem ver. Assim, é crença corrente que os cegos têm um "sexto sentido" extraordinário, bem como uma capacidade auditiva acuradíssima, isto é, que são capazes de ouvir coisas que os videntes teriam dificuldade em ouvir, ou mesmo que seriam inaudíveis para estes.

A posição biologicamente ingênua, por sua vez, considera que "a perda de uma das funções da percepção, a carência de um órgão é compensada com o funcionamento e o desenvolvimento acentuado dos outros órgãos" Vygotski, (1997, p. 101). A ingenuidade desta posição se deve à carência de uma explicação consistente capaz de dar conta do rearranjo fisiológico dos órgãos dos sentidos.

A posição que Vygotski atribui à psicologia científica, no início do século XX, é de que a ausência ou perda da visão seria compensada a partir de uma complexa reestruturação da atividade psíquica, resultante de fatores biológicos e, sobretudo, históricos e sociais. Desse modo, podemos atribuir a Vygotski a inserção do fator social na teoria da compensação. Segundo ele, o meio social não só influencia o modo como o sujeito vai perceber seu defeito orgânico frente a um mundo eminentemente visual, como também modula sua relação psicológica com este defeito, ou seja, o modo como ele se relaciona com a dita deficiência e de que forma ele se percebe enquanto deficiente.

Para Vygotski "a fonte da compensação da cegueira não é o desenvolvimento do tato ou a maior sensibilidade do ouvido, mas antes a linguagem, ou seja, a utilização da experiência social, a comunicação com os videntes" (op cit p.61). Segundo Vygotski, a importância da leitura e escrita em braille justifica-se por promover um acesso mais pleno aos processos e produtos da cultura, permitindo ao deficiente visual atingir, através de um outro caminho, o mesmo desenvolvimento dos demais seres humanos, convivendo e construindo seu conhecimento sem ver. O braille seria, nesse sentido, um instrumento de adaptação ao ambiente social.

No que concerne ao sistema educacional dos deficientes, Vygotski distingue o modelo orientado para a enfermidade e o modelo orientado para a saúde.

Segundo o primeiro modelo, encontramos instituições que funcionam como verdadeiras fortalezas que, ao invés de inserir o deficiente no meio social, isolam-no ainda mais. Por outro lado, há o modelo orientado para a saúde, que potencializa as possibilidades do deficiente, inserindo-o num ambiente menos artificial por oferecer-lhe a convivência com videntes e favorecendo a troca mútua de experiências. Segundo Vygotski (1997, p. 80):

... esta orientação valeria para todo o processo de formação da criança cega, pois "o mundo tem sido construído pelos homens fundamentalmente como um fenômeno visual e devemos preparar a criança cega para viver neste mundo comum". "Antes de uma criança ser deficiente ela é, em primeiro lugar, uma criança".

É preciso levar em consideração a influência da linguagem dos videntes, quando se discute como a experiência de uma criança cega se traduz em um modelo do mundo. A criança cega vivencia o mundo por meio do tato, da audição, do olfato e do paladar e, ao mesmo tempo, o mundo lhe está sendo explicado numa linguagem que talvez não corresponda à sua experiência sensorial.

Pelo fato de ter um equipamento sensorial diferente e, portanto, uma base de dados diferente, a criança portadora de cegueira congênita desenvolve e organiza o mundo de maneira diferente das crianças videntes. É através do desenvolvimento sensorial e cognitivo que ela se integra socialmente e passa a conhecer o mundo.

### **O laboratório didático: abrindo espaço para o deficiente visual**

Pesquisas recentes apontam para diferentes finalidades atribuídas ao laboratório didático e ao ensino experimental de Física, como destacam Araújo e Abib (2003, p. 177):

.... essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas idéias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos.

Considerando a variedade e tendências de uso dessa metodologia de ensino de Física, preservado os cuidados necessários, devemos considerar a inclusão de alunos com deficiência visual, pois talvez em nenhuma outra forma de educação os recursos didáticos assumam tanta importância como na educação especial de pessoas deficientes visuais (Cerqueira<sup>1</sup> e Ferreira, 1996, p. 1)

A experimentação é considerada uma importante ferramenta de ensino, defendida por diferentes pesquisadores que argumentam acerca de sua relevância tanto para o Ensino de Física quanto para propostas de formação de professores (ARAÚJO, 2003; CASTRO, 1992; HEINECK, 1999; MOARES, 2000; OSTERMANN, 2001). Além desses autores, Freitas e Furtado (2005, p. 1) destacam que:

A Física é uma ciência experimental e, como tal, deve estar apoiada em práticas experimentais, pois não existe ciência sem que se pratique ciência. Sendo assim, não se pode aceitar o seu ensino sem a "experimentação", sem a pesquisa.

Também defendendo a experimentação, Carvalho e Gil-Peréz ressaltam que (apud TOMAZELLO e GURGEL, 2000, p. 15-16):

É necessário ao professor saber que os alunos aprendem significativamente, e que isso exige que ele aproxime as atividades de aprendizagem das Ciências (introdução de conceitos, práticas de laboratório, resolução de problemas e outros) às características do trabalho científico. Os alunos necessitam compreender que os

---

<sup>1</sup> Jonir Bechara Cerqueira, professor, deficiente visual cego que estudou no Instituto Benjamim Constante. Responsável pelo departamento de tradução Braille.

conhecimentos são respostas a questões, o que implica planejar a aprendizagem a partir de situações-problema...

Neste contexto, os PCN (1999, p. 12) estabelecem que dentre as competências e habilidades a serem desenvolvidas o aluno deve *interpretar e criticar resultados a partir de experimentos e demonstrações*, sugerindo assim a experimentação como uma das metodologias a serem utilizadas em Física. Por outro lado, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) recomenda a inclusão dos alunos portadores de necessidades educacionais em classes comuns, *capacitando-se os professores* destas classes para efetivar um trabalho pedagógico adequado aos alunos, e relata:

Considera-se hoje que a educação especial não pode mais ser vista como um sistema paralelo ao ensino comum, mas sim fazer parte dele como **um conjunto de recursos pedagógicos e de serviços de apoio que facilitem a aprendizagem de todos**. Assim, a aprendizagem escolar dos alunos com necessidades especiais deve ocorrer preferencialmente **na classe comum** da rede regular de ensino, em conjunto com os demais alunos, em todos os níveis de ensino, variando o apoio especializado que cada aluno deverá receber. (grifo nosso).

Entretanto, professores que não possuem formação específica provavelmente nunca vivenciaram uma atividade experimental, de modo que é necessário formá-lo sobre como fazê-lo. (VIOLIN, 1985) Neste sentido, este trabalho visa proporcionar aos professores de Física um exemplo de uso de materiais didáticos em uma atividade experimental que permite o aprofundamento dos conceitos envolvidos, além de discussões sobre a condução e a resistência elétrica empregando-se uma analogia entre os sentidos e as sensações humanas.

### **As sensações e o uso da analogia como recurso de aprendizagem**

Nós, seres humanos, temos cinco sentidos fundamentais, a audição, o olfato, o paladar, o tato e a visão, através deles contraímos o nosso conhecimento sensível. São eles que propiciam o relacionamento com nosso interior e exterior.

Com esses sentidos, nosso corpo nos permite sentir e perceber o que está o nosso redor, e isso nos ajuda a sobreviver e integrar com o ambiente em que vivemos. A esse respeito, Marilena Chaui (2000 p.151) relata que:

O conhecimento sensível também é chamado de conhecimento empírico ou experiência sensível e suas formas principais são a *sensação e a percepção*. Na sensação através de nossos sentidos, vemos, tocamos, sentimos, ouvimos qualidades puras e diretas como: cores, odores, sabores, texturas.. Sentimos o quente e o frio, o doce e o amargo, o liso e o rugoso, o vermelho e o verde, etc. A sensação é o que nos dá as qualidades exteriores e interiores, isto é, as qualidades dos objetos e os efeitos internos dessas qualidades sobre nós.

A utilização da linguagem analógica como recurso de aprendizagem (DUIT, 1991; DAGHER, 1995) possibilita a construção, ilustração ou compreensão de um domínio científico desconhecido dos alunos a partir de um domínio familiar a eles, com base na exploração de atributos/relações comuns e não comuns de ambos os domínios, alvo e análogo, conforme esclarece Pádua (2003, p. 4):

“O processo analógico consiste em um movimento pelo qual o indivíduo exerce um contínuo paralelismo entre os campos fonte e alvo, identificando as diferenças e semelhanças da informação que lhe estejam sendo apresentadas e aquelas que já possui, de forma que possa compreender e aprender o novo significado, a nova representação, e construir assim uma nova estrutura ou um novo conhecimento.”

Bozelli e Nardi (2004) apontam que metáforas e analogias têm sido comumente usadas como instrumentos de ensino, pois demonstram que a capacidade de imaginar está intimamente relacionada à capacidade de aprender

sendo esta capacidade imaginativa de abstrair, altamente desenvolvida nos deficientes visuais.

A importância da linguagem metafórica e analógica reside no fato de facilitar a transposição do conhecimento de um domínio conceitual não familiar para outro mais familiar.

Para tanto, utilizamos neste trabalho material do cotidiano, potencialmente significativo, sendo acessível e de baixo custo, que segundo ROSA (2003), TOMAZELLO E SCHIEL (2000), LABURU (1995), SAAD (1998); FERREIRA (1979) E VIOLIN (1979), dentre muitos outros autores, propõem que se “busquem alternativas à ausência de laboratórios bem equipados através da utilização de material de baixo custo ou até mesmo de custo algum” tais como canudos de plástico e copos descartáveis com água, tornando o ambiente ainda mais agradável utilizando-se pequenas embalagens com refrigerantes e afins.

O experimento proposto tem por objetivo a análise das cargas elétricas em movimento e de seus efeitos ao atravessarem os condutores, permitindo a realização de uma aula dinâmica e envolvente e que pode ser desenvolvida em qualquer espaço para alunos videntes e/ou deficientes visuais. A sua aplicação pode permitir o desenvolvimento de modelos mentais que segundo a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson Laird, consiste numa modelagem mental aplicada à resolução de problemas e que considera a maneira como os modelos mentais são construídos quando os indivíduos entendem o que lêem ou o que é dito a eles Costa & Moreira, 2002: 62), e a elaboração de modelos matemáticos, que segundo Bassanezi (2002) apud Ferruzzi et al (2004:1354-1355) afirma que a modelagem matemática, “consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” contribuindo para tornar a aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1980). Entretanto, para que este processo se efetive, algumas condições (externas e internas) devem ser satisfeitas. Tomando como base o aprendiz, Ausubel (apud MOREIRA, 1985, p. 65) dá destaque a três condições, uma delas:

... é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva, e não arbitrária, o novo material, potencialmente significativo, a sua estrutura cognitiva. Esta condição implica em que, independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for simplesmente a de memorizá-lo, arbitrária e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos).”

A maneira coerente segundo a qual as idéias são gradativamente apresentadas e, progressivamente, diferenciadas em termos de detalhes e especificidade, além de explorar as relações entre conceitos e proposições, permite chamar a atenção para as diferenças e semelhanças, reais e aparentes, respeitando a progressividade dos tópicos estudados em uma ação *reconciliadora integrativa*, possibilitando ao aluno uma aprendizagem significativa, conforme descreve Moreira (2000 p. 4-5) ao anunciar os princípios programáticos facilitadores como sendo; *A diferenciação progressiva, A organização seqüencial e A consolidação.*

### **Experimento para conceituação da corrente e da resistência elétrica em condutores baseado em sensações e percepções**

O experimento desenvolvido neste trabalho foi realizado com 8 alunos, adultos, portadores de deficiência visual, em um curso especialmente elaborado para a realização desta pesquisa em 2007 em São Paulo pela ADEVA – Associação de Deficientes Visuais e Amigos. Dos deficientes visuais, sete possuem deficiência total, sendo três congênitos por motivos não declarados e um congênito por

toxoplasmose, um por Retinose Pigmentar, um por Glaucoma e outro por Ceratite Infecciosa de Córnea, e um último com visão subnormal a 10% em um único olho.

As atividades foram gravadas e fotografadas e tinham como objetivo abordar alguns tópicos que compõem o conteúdo programático de Física Clássica na área de Eletrodinâmica, visando o estudo das cargas elétricas em movimento e seus efeitos ao atravessarem os condutores elétricos, sendo utilizados três canudos finos de refrigerante, três canudos de bitola grossa e uma garrafa descartável com água, que pode ser substituído por sucos e refrigerantes.

As etapas experimentais constituem-se primeiramente em conceituar o deslocamento de elétrons livres em um meio condutor, fluxo este, denominado de corrente elétrica. Para tanto, supõe-se que a embalagem com água ou suco seja um reservatório de energia elétrica (uma bateria, pilha ou fonte de alimentação) e o canudo plástico, o meio condutor. Os alunos foram orientados a simular o papel do gerador, sugando o líquido com o canudo fino, vivenciando assim uma situação análoga ao do campo elétrico que movimenta os elétrons livres pelo meio condutor, deslocando as cargas. Emendando dois canudos de mesma bitola e acoplando um dentro do outro, proporcionou-se aos alunos a percepção do aumento da dificuldade da passagem do líquido em relação à primeira situação, fato idêntico quando é aumentado o comprimento do condutor. Ampliando-se o acoplamento para três canudos finos, a percepção da resistência se evidencia. Nesta fase experimental o professor mediador, que conduz e orienta as atividades, primeiro autor deste trabalho, já estava de posse de argumentos para iniciar a conceituação junto aos alunos da passagem das cargas elétrica pelo condutor, bem como o sentido da corrente e uma idéia acerca da resistência elétrica.

Ao repetir as etapas do experimento utilizando canudos de maior bitola, os mesmos resultados foram obtidos com a percepção de maior facilidade de passagem da água pelos sistemas hidráulicos constituídos, analogamente ao que se verifica na passagem das cargas que constitui a corrente elétrica. Uma vez que a facilidade de passagem do líquido foi percebida por meio da sensação e percepção de maior intensidade de seu fluxo, consequência de maior diâmetro do tubo trabalhou-se discursivamente com os alunos para que eles desenvolvessem o conceito da passagem das cargas elétricas efetuando uma relação com a quantidade do líquido que passa pela tubulação e que atravessa a seção do condutor em relação ao tempo de passagem, permitindo assim conceituar a intensidade da corrente ( $i$ ), obtendo-se subsídios para levar os alunos à elaboração de um modelo matemático cuja representação do fenômeno segue a equação:

$$i = \frac{|\Delta Q|}{\Delta t}$$

Nesta expressão,  $i$  é a intensidade da corrente elétrica,  $|\Delta Q|$  é a quantidade de carga e  $\Delta t$  é o tempo em que o fenômeno ocorre.

A segunda etapa deste experimento buscou salientar a percepção da dificuldade da passagem do líquido comparando-se a utilização de um canudo fino com outro de bitola maior, dois canudos de bitola fina em relação a dois grossos e, por fim, quando o canal condutor era formado por três canudos de cada espessura, atividade esta que permitiu aos alunos associarem a proporcionalidade de maior ou menor resistência de passagem do líquido em relação ao fluxo do líquido pelos

condutores, conceituando as situações inversas, ou seja, quanto maior a resistência, menor a intensidade de líquido fluindo e vice-versa.

Desta forma procurou-se salientar que fato semelhante ocorre para a corrente elétrica, sendo a associação feita em termos da percepção individual dos estudantes envolvidos, possibilitando que desenvolvam o significado de resistência elétrica como medida da dificuldade que as cargas elétricas encontram para atravessar um determinado condutor, além de fortalecer os conhecimentos de intensidade já experimentado na primeira etapa da atividade, levando-os a elaborarem um segundo modelo matemático, cuja representação segue a equação:

$$V = R \cdot i$$

Nesta expressão **V** é a diferença de potencial ou tensão elétrica, **R** é a resistência elétrica e **i** é a intensidade da corrente elétrica, conceituando desta forma a **1ª Lei de OHM**.

Desse modo, também foi possível constatar pela percepção narrada pelos alunos que cada bitola de canudo apresenta uma resistência diferente, de modo que o menor diâmetro corresponde à maior resistência à passagem do líquido. Portanto, os canudos apresentam uma resistência própria, característica do seu diâmetro e comprimento, da mesma forma que os condutores elétricos homogêneos de seção transversal constante, nos quais a resistência elétrica é diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente a área de sua seção transversal, dependendo ainda do material de que é feito. Representando matematicamente **R** para a resistência elétrica, **r** para a resistividade elétrica do meio condutor, **L** para o comprimento do condutor e **A** para a área da seção reta, foi elaborado junto aos alunos o seguinte modelo matemático:

$$R = \frac{r L}{A}$$

Desta forma, os alunos puderam elaborar o modelo matemático relacionado com a **2ª Lei de OHM**.

A terceira etapa experimental repetiu alguns procedimentos da primeira, porém tendo por objetivo permitir que os alunos percebam o efeito da soma das resistências quando associadas em série. Nesta etapa os alunos foram estimulados a darem maior atenção as suas percepções e aos conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores, sendo orientados a sugarem o líquido com um canudo fino, vivenciando uma situação análoga à passagem das cargas que constituem a corrente elétrica por uma resistência elétrica. Posteriormente, emendando dois canudos de mesma bitola e acoplando um dentro do outro, proporcionou-se aos discentes a percepção da dificuldade da passagem do líquido em relação à primeira situação, fato idêntico ao da intensidade de corrente elétrica quando é aumentado o número de resistências em uma associação em série. Ampliando-se o acoplamento para três canudos finos, a percepção da soma das resistências foi evidenciada.

Ao repetir as etapas do experimento, agora utilizando os canudos de maior bitola, os mesmos resultados foram obtidos, criando-se condições para que os alunos tivessem a percepção de maior facilidade de passagem do líquido comparado com a situação semelhante aos canudos finos, assim como a percepção de maior dificuldade quando o sistema hidráulico for aumentado pelo acoplamento de um número maior de canudos, analogamente ao que se verifica na corrente



elétrica. Desse modo, a análise das percepções discutidas em sala de aula permite que os alunos compreendam o efeito da soma de resistências de menor valor.

Esta etapa experimental permitiu a obtenção de subsídios para levar os alunos à elaboração de um modelo matemático para a soma de resistores associados em série, cuja representação segue a equação:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Analisando as percepções dos alunos verificou-se que houve unanimidade em afirmar que em qualquer das etapas a intensidade da passagem do líquido foi mais intensa que nas situações anteriores, pois houve diminuição da resistência, situação que é análoga à passagem das cargas elétrica quando da associação em paralelo de resistores de valores idênticos ou diferentes. Diferentemente das anteriores, esta etapa experimental não permite aos alunos a elaboração dos modelos matemáticos utilizados para atender o formalismo necessário para o cálculo da resistência equivalente, mas possibilita trabalhar através das percepções das sensações os conhecimentos prévios adquiridos nas etapas anteriores, facilitando o entendimento do resultado da situação problematizada, que pode ser resolvida formalmente pela aplicação do modelo matemático que segue:

$$\frac{1}{R_{Eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

### **Análise dos resultados obtidos**

A etapa inicial foi caracterizada pelo diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos referentes ao assunto abordado, enquanto na etapa seguinte da investigação foram realizadas avaliações para medir o grau dos conhecimentos adquiridos após a aplicação das fases experimentais. O questionário qualitativo com perguntas abertas e fechadas é reproduzido abaixo e foi aplicado de forma oral e individual. Os alunos foram orientados a informarem com a frase “*não sei*” as questões cuja resposta estava fora de sua área de conhecimento.

- 1 - O que é Eletrodinâmica?
- 2 - O que é um meio condutor de eletricidade?
- 3 - Como a corrente elétrica se movimenta?
- 4 - O que é resistência elétrica?
- 5 - O que significa intensidade de corrente elétrica?
- 6 - O que significa a instalação de uma resistência após a outra?
- 7 - O que significa a instalação de uma resistência ao lado da outra?

A partir das respostas dos 8 alunos constatou-se que os alunos não possuíam conhecimentos sobre o assunto abordado, uma vez que apenas a questão 2 apresentou 2 respostas vagas, como “*o local que permite a passagem de eletricidade, algo que conduz a eletricidade*”, indicando que os alunos não possuíam conhecimentos prévios expressivos com relação aos conceitos perguntados.

### **Levantamento de dados para verificação de aprendizagem conceitual**

Na segunda etapa da investigação, após a construção do conhecimento individual de cada aluno em cada fase da atividade experimental, foi aplicada uma

avaliação composta de perguntas dissertativas e exercícios orais simples para o cálculo mental da resistência equivalente em um circuito em série e outro em paralelo, procurando identificar quão significativa fora a aprendizagem proporcionada pela atividade, cujo rol de perguntas e algumas respostas descrevemos a seguir:

1 - O que é Eletrodinâmica?

*É o estudo das cargas elétricas, elétrons em movimento.*

*É quando se estuda o movimento das cargas elétricas, formada pelos elétrons.*

2 - O que é um meio condutor de eletricidade?

*Um material que possui em sua composição elétrons livre.*

*Um meio material que possui elétrons livres.*

3 - Como a corrente elétrica se movimenta?

*A corrente elétrica é o movimento de cargas elétricas negativas, elétrons, em um meio condutor sólido, sendo pelo princípio de atração e repulsão do negativo para o positivo e por convenção no sentido ao contrario ao movimento dos elétrons.*

*Do positivo para o negativo do gerador, enquanto o que ocorre na realidade é que o elétron do meio condutor é atraído pelo positivo do gerador.... Enfim quem se movimenta são os milhares de elétrons formando a corrente elétrica.*

4 - O que é resistência elétrica?

*É o material que se opõem a passagem parcial da corrente elétrica.*

*É a medida da dificuldade que as cargas elétricas encontram para passar por um determinado meio, podendo ser Ôhmico ou não.....*

5 - O que significa intensidade de corrente elétrica?

*Ao contrario da resistência mede a passagem da quantidade de elétrons que multiplicado pelo valor da carga elementar em cada segundo da à medida da intensidade da corrente em A em homenagem ao francês Ampère Marie*

*Intensidade como o termo já diz, mede a facilidade da passagem da corrente e é o inverso da resistência e o quociente da carga Q pela variação do tempo, sendo medido em (A) Ampère, sendo seu nome André Marie Ampère.... Como vimos também pode ser calculado fazendo Uri ( $U = R.i$ ) onde R é a resistência total do circuito.*

6 - O que significa a instalação de uma resistência após a outra?

*O mesmo que um canudo após o outro, uma serie de canudos uma série de resistências que podem ser substituídas por uma única de valor equivalente pela soma dos valores individuais de cada uma.*

*Resistências em série.*

7 - O que significa a instalação de uma resistência ao lado da outra?

*Uma instalação de resistências em paralelo.*

*Resistências em paralelo cuja resistência equivalente pode se fazer duas a duas pela divisão de seu produto pela soma.*

8 – Um circuito apresenta 4 resistências ligadas em série, de valores, 2Ω, 4Ω, 6Ω e 8Ω. Qual o valor da resistência equivalente? *Todos responderam 20W.*

9 – Um circuito apresenta 4 resistências ligadas em paralelo duas a duas de valores 2Ω, 4Ω e 1Ω, 5Ω. Qual o valor da resistência equivalente? *Todos responderam 3W.*

A análise das respostas dos estudantes mostra claramente um elevado nível de acerto das questões propostas, permitindo concluir que os aprendizes foram além dos objetivos iniciais traçados, atingindo a aprendizagem dos tópicos programados.

### **Considerações finais**

Procurou-se desenvolver uma proposta metodológica significativa, dinâmica, versátil, permitindo várias abordagens sobre o tema Eletrodinâmica, empregando material de baixíssimo custo e fácil acesso, entendendo que suas variações e desmembramentos podem auxiliar a aprendizagem em Física de alunos deficientes visuais, assim como uma investigação sobre a mesma caracterizada como uma *pesquisa qualitativa* segundo os critérios estabelecidos por André (1997), uma vez que tem grande quantidade de dados baseados na relação entre o pesquisador e a comunidade objeto da pesquisa, tendo o pesquisador feito uso da observação participante, que envolve observação, anotações de campo, entrevistas, análises de documentos. Também cabe referir as estratégias qualitativas de pesquisa apresentadas por Bordan e Biklen (1982) em seu livro *A Pesquisa Qualitativa em Educação* e Lüdke e André (1986) no livro *A Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. Neste contexto de pesquisa qualitativa, podemos apresentar como sendo suas principais características que:

1. A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento.
2. Os dados coletados são predominantemente descritivos.
3. A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto.
4. O “*significado*” que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador.
5. A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.

A dinâmica de apresentação e abordagem dos conteúdos de ensino permitiu a progressiva diferenciação de detalhes e especificidade, além de explorar as relações entre conceitos e proposições através das analogias, e percepções, priorizando a participação dos alunos e chamando a atenção para que percebessem através dos sentidos as diferenças e semelhanças, reais e aparentes das situações propostas, facilitando a construção de seu conhecimento e uma aprendizagem significativa (Moreira, 2000).

Acreditamos pelos resultados positivos obtidos que esta proposta de ensino contribui para transpor práticas tradicionais de ensino ao criar um ambiente que estimula a reflexão e a efetiva participação dos alunos, cuja dinâmica desperta seu interesse e aguça a sua curiosidade.(Saad et al,1998)

Além disso, a analogia, (Duit,1991), entre os tópicos abordados e os sentidos, as percepções e as sensações humanas (Chaui, 2000), oportunizada pela realização do experimento proposto, proporcionou a construção do conhecimento pelos próprios alunos deficientes visuais, tendo sido utilizado um procedimento que permitiu ir além da simples matematização da Física para a resolução de uma situação problematizada, levando-os a construção dos modelos matemáticos relacionados aos conceitos abordados (Bassanezi, 1990; Ferruzzi et al 2004; Lozada et al, 2006; Morrone et al, 2007).

Assim, a aprendizagem conceitual demonstrada pelos resultados observados no questionário de pós-teste indica que os alunos ampliaram significativamente seu nível de compreensão acerca dos conceitos trabalhados em sala, empregando sentido a estes conceitos e permitindo a aplicação na solução das questões apresentadas, bem como na análise dos resultados obtidos, de modo que os objetivos centrais deste trabalho puderam ser alcançados.

Contudo, cabe esclarecer que o experimento apresentado neste trabalho não tem o escopo de propagar uma visão empirista da Ciência, mas sim contribuir para que os alunos aprendam de modo significativo os conceitos de Eletrodinâmica.

Finalmente, entendemos que atividades como as aqui realizadas podem contribuir efetivamente para que estudantes com deficiências sejam mais facilmente incluídos e integrados na sociedade, diminuindo suas dificuldades de adaptação e facilitando o acesso aos seus direitos e ao exercício de sua cidadania.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao Sr. Markiano Charan Filho, presidente da ADEVA – Associação de Deficientes Visuais e Amigos, e aos demais colaboradores que contribuíram para a realização desta pesquisa.

### **Referências Bibliográficas:**

ARAÚJO, M. S. T; ABIB, M. L.V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. Rev. Brás. Ens. Física, **25** (2): 117, 176-194, 2003.

ANDRÉ, M. E. D. A. *Tendências atuais da pesquisa na escola* Scielo - Brasil. Cad. CEDES vol.18 n.43 Campinas Dec. 1997. **p. 2**

ASSOCIAÇÃO DOS DEFICIENTES VISUAIS E AMIGOS - ADEVA São Paulo. Disponível em <<http://www.adeva.org.br/nossosdireitos/direitoaotrabalho.htm>> Acesso em 18janeiro2008.

AUSUBEL, D. *Psicologia Educacional*. Interamericana, Rio de Janeiro, 1980.

BASSANEZI, R. C.. Modelagem como metodologia de ensino de matemática. In: Actas de La Séptima Conferencia Interamericana sobre Educacion Matemática Paris: UNESCO, 1990. p. 130-155.

BOZELLI, F. C.; NARDI, R. Analogias e Metáforas no Ensino de Física: O *discurso do professor e o discurso do aluno*. In: IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Belo Horizonte. 26 a 29 out. 2004. Acesso em 7 mar. 2008. Disponível em: < <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/UntitledFrame-6.htm>>

BRASIL. Decreto n. 914, de 6 de setembro de 1993. Institui a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, 1993. Brasília. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d0914.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d0914.htm)> Acesso em: 18 janeiro 2008.

BRASIL. Ministério da Educação, Instituto Benjamin Constant (IBC) in: Borba Recursos Didáticos na Educação Especial por Jonir Bechara Cerqueira e Elise de Melo Borba Ferreira. Rio de Janeiro – RJ. Acesso em 22 fev. 08 Disponível em <http://www.ibc.gov.br/?itemid=102#more>

CAMARGO, E. P. O ensino de Física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para aluno cegos e com baixa visão. Campinas, SP. 2005. 272 p. Tese doutorado – UNICAMP, Faculdade de Educação.

CASTRO, R. S.; CERQUEIRA, F. E. Atividades experimentais: canal de interlocução com professores em treinamento. Rev. Bras. Ens. Física, **14** (4): 205-208, 1992.

CHAUÍ, M. Convite à Filosofia. - O conhecimento. Capítulo 2. A percepção Ed. Ática, p.151-157 São Paulo 2000.

- COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. O papel da modelagem mental dos enunciados na resolução de problemas em Física. *Rev. Bras. Ens. Fis.*, vol. 24, n.1, março 2002.
- DAGHER, Z. Analysis of analogies used by Science Teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 32 (3), pp. 259-270, 1995.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, pp. 649-672, 1991.
- FERREIRA, N. C. Proposta de laboratório para a escola brasileira – um ensaio sobre a instrumentalização no ensino médio de física. São Paulo, 1978. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências: modalidade Física) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- FREITAS, L. V.; FURTADO, W.W. Abordagem experimental no ensino da física – o início de um laboratório para o CEPAE. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX, 2., 2005, Goiânia. Anais eletrônicos do II Seminário PROLICEN [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2005.
- HEINECK, R. O ensino de Física na escola e a formação de professores: reflexões e alternativas. *Cad. Cat. Ens. Física*, **16** (2): 226-241, Florianópolis, 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo 2000, Geociências, Brasil. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/tabulacao\\_avancada/tabela\\_brasil\\_1.1.3.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/tabulacao_avancada/tabela_brasil_1.1.3.shtm)> Acesso em: 19 jan 2008.
- KIRK, S. A.; GALLAGHER, J. J. Educação da criança excepcional. São Paulo: Martins Fontes, 1996
- LABURU, C. E. Demonstre em aula: *Movimentos acelerados: Um experimento de baixo custo para o Ensino Médio*. *Cad. Cat. Ens. Física*, v.12,n.1: p.53-55, Florianópolis, abr.1995.
- LOZADA, C. O; MORRONE, W; ARAÚJO, M. S. T. e AMARAL, L. H. Os Modelos Matemáticos e a sua importância para o ensino de Física no Ensino Médio. In: SEMINÁRIO INT. PESQUISA EM EDUC. MAT. – III SIPEM, SP. p. 154, 2006
- MORAES, A. M.; MORAES, I J. A avaliação conceitual de força e movimento. *Rev. Bras. Ens. Física*, **22** (2): 232-246, 2000.
- MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 3, p. 1-39, 1997
- MORRONE, W; LOZADA, C. O; AMARAL, L. H. e ARAÚJO, M. S. T. *Conceituando Corrente e a Resistência elétrica por meio de sensações utilizando materiais do dia-a-dia: Um experimento para aprendizagem significativa de alunos do Ensino Médio*. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – XVII SNEF, São Luis, MA, 2007
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. *Cad. Cat. Ens. Física*, **18** (2) 135-151, 2001.

PÁDUA, I. C. A. Analogias, Metáforas e a Construção do Conhecimento: *Por um Processo Ensino-Aprendizagem mais Significativo*. In: ANPEd - [Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação](#). GT-4. Poços de Caldas, 3 a 8 out 2003. Anais do Congresso.

ROSA, C. T. W. Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de física na universidade de Passo Fundo. ENSAIO Pesquisa em Educação e Ciências. UFMG. Minas Gerais. V. 5, n. 2, p.13-27, out. 2003

SAAD, F.D.; YAMAMURA, P.; REIS, D. G. e FURUKAWA, C.H. *Física para o ensino de Ciências - Catalogo de Demonstrações*. In: Curso de Extensão Universitária – Experimentos de Física em Aulas de Ciências. IFUSP. São Paulo 1998.

VIGOTSKI, L. S. Fundamentos de defectologia: El niño ciego. **Problemas especiales da defectologia**. Havana: Editorial Pueblo Y Educación, p. 74-87, 1997.

VIOLIN, A. G. - *Mecânica I – programa para ensino individualizado*. 2º edição. Rio de Janeiro, FAE, 1985.