



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS ENVOLVENDO  
SISTEMA MÉTRICO

SANDRO SOARES FERNANDES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Deise Miranda Vianna

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2012

# UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE INVESTIGATIVA ENVOLVENDO SISTEMA MÉTRICO

Sandro Soares Fernandes

Orientadora: Deise Miranda Vianna

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Presidente, Prof (a). Deise Miranda Vianna  
UFRJ

---

Prof. Andre Bessadas Penna-Firme  
UFRJ

---

Prof. Helena Amaral da Fontoura  
UERJ

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

F363p Fernandes, Sandro Soares  
Uma Proposta de atividades investigativas envolvendo sistema Métrico / Sandro Soares Fernandes - Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2012.  
xii, 97f. : il.; 30cm.  
Orientador: Deise Miranda Vianna  
Dissertação (mestrado) – UFRJ / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2012.  
Referências Bibliográficas: f. 110-115.  
1. Ensino de Física. 2. Argumentação. 3. Atividade investigativa. I. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Uma proposta de atividades investigativas envolvendo sistema métrico.

Dedico esta dissertação ao meu pai Paulo e à minha Madrinha Maria José.

## **Agradecimentos**

Primeiramente, à professora Deise Miranda Vianna pela paciência, competência e dedicação que sempre teve comigo, fazendo seu papel não só de professora, mas também de educadora, dando sempre exemplos de ética, educação e de bons valores morais. A competência era personificada em cada orientação; a dedicação era evidenciada em todos os momentos e a ética e a educação e os mais belos valores morais eram componentes que permeavam todos os nossos encontros para a elaboração dessa dissertação.

Nenhuma palavra estará, com certeza, imbuída de valor semântico necessário para expressar todo o meu respeito e consideração. Obrigado.

À minha esposa Priscilla e ao meu filho Paulo, por me proporcionar a paz e harmonia que me foram necessárias para a realização desta difícil tarefa. Minha família é a minha base.

Aos meus grandes e eternos amigos, Alex, Alexandre, Roberto, Sandoval e Santos Filho, por confiarem sempre na minha competência e por estarem sempre ao meu lado quando preciso.

Agradeço enormemente aos professores Andre Bessadas Penna-Firme e Helena Amaral da Fontoura por terem aceitado gentilmente o convite da Comissão Deliberativa do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFRJ para participarem da banca examinadora. Tenham sempre a certeza de minha consideração e do meu respeito.

Aos alunos da turma 2110 do Colégio Pedro II (Unidade Escolar São Cristovão III) por terem me ajudado com dados valiosos que posteriormente foram analisados e usados nesta dissertação.

Agradeço a todos os profissionais da UFRJ que indiretamente colaboraram para o bom andamento dessa dissertação.

## RESUMO

### UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE INVESTIGATIVA ENVOLVENDO SISTEMA MÉTRICO

Sandro Soares Fernandes

Orientador(es): Deise Miranda Vianna

Este trabalho apresenta uma proposta didática, para o tema de Física do Ensino Médio, Sistemas de Unidades, com enfoque em CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Com muitas aplicações no cotidiano dos nossos alunos, é um tema muito pouco explorado em salas de aulas. Apresento uma metodologia para desenvolvimento de uma atividade investigativa, com roteiro de apoio para os alunos e material didático que visa auxiliar o professor. Alguns dados e análise de resultados são apresentados, após aplicação do material em uma escola pública de rede federal de ensino. Mostramos que esta proposta desenvolvida tende a facilitar a argumentação e o aprendizado dos alunos, fazendo com que percebam o significado do que estão estudando.

Palavras - chave: Ensino de Física, Atividades Investigativas, Argumentação, Sistema de Unidades.

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2012

## **ABSTRACT**

### **A PROPOSED INVESTIGATIVE ACTIVITY INVOLVING THE METRIC SYSTEM**

Sandro Soares Fernandes

Supervisor(s): Deise Miranda Vianna

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This work was made as a didactic proposal for the theme International System of Units, in high school focusing in Science, Technology and Society (STS). Although it has many applications in everyday life of our students, this theme is underused by teachers. I bring a method for the development of an investigative activity, scripted support for students and educational materials aimed at helping the teacher. Some data and results analysis are shown after application of this material in a public school of the federal system education. We show that this proposal developed tends to help students on their learning and argumentation, enabling them to realize the significance of what they are studying.

Keywords: Physics education, Investigative Activities, Argumentation, International System of Units.

Rio de Janeiro

Fevereiro de 2012

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	13
2. A Escolha do Tema.....	16
3. Referencial Teórico.....	19
3.1 O Ensino de Ciências.....	19
3.2 Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS.....	25
3.3 Atividades Investigativas.....	30
3.4 Discurso e Argumentação.....	35
4. As Medidas e o Homem.....	39
4.1 Introdução.....	39
4.2 Os Primeiros Sistemas de Medidas.....	42
4.3 Sistema Métrico.....	49
4.4 O Sistema Internacional de Unidades.....	53
4.5 O Inmetro.....	62
5. Desenvolvimento da Atividade.....	65
5.1 Importância da Atividade.....	65
5.2 Objetivos.....	68
5.3 Tema da Física.....	69
5.4 Descrição das Atividades.....	69
5.5 Material utilizado.....	77
5.6 Roteiro da Atividade.....	78
6. Resultados Preliminares da Aplicação.....	89
6.1 Argumentação e o Padrão de Toulmin.....	89
6.2 Análise de Alguns Episódios.....	92
7. Considerações Finais.....	107
8. Referências Bibliográficas.....	110



## **1. Introdução**

Temos que prestar mais atenção em nossos alunos e buscar atividades que possam despertar neles interesse pelos assuntos abordados em sala de aula. Nesse trabalho proponho uma metodologia de trabalho envolvendo atividades investigativas, valorizando o aluno no processo de ensino através da argumentação, buscando assim uma compreensão dos processos de aprendizagem da ciência.

O desafio dos professores é sair da inércia das aulas tradicionais voltadas para o vestibular e para resolução de problemas fechados, que servem apenas de reproduzir as soluções de determinados exercícios que irão cair em suas provas, e incorporar uma atitude mais reflexiva, preocupada com o aprendizado do nosso aluno, levando-o a aprender de forma eficiente e com qualidade os conceitos de Física.

Após corrigir centenas de provas, dos muitos colégios em que precisamos lecionar, fazemos sempre os mesmos comentários com nossos colegas de salas de professores: *“Nossa! Como os alunos estão fracos. Eles não sabem nada. Onde vamos chegar? As notas foram baixíssimas”*. Que linguagem é essa que só nós entendemos? Por que será que os alunos já chegam ao primeiro ano do ensino médio com tanto medo da Física?

Precisamos fazer com que as nossas aulas sejam inesquecíveis para nossos alunos. Dei-me conta que não lembro o nome de nenhum dos meus professores de Física do Ensino médio, e isso é lamentável! Será que meus alunos irão lembrar-se de mim? Se lembrarem, será que foi porque realmente aprenderam Física comigo ou por outro motivo qualquer?

Na proposta apresentada nesse trabalho, aplico, analiso e avalio as etapas de uma atividade investigativa, desde o início do processo com o lançamento do problema, envolvendo Sistema de Unidades, até a análise dos dados. Com o professor atuando como um orientador durante a atividade, os alunos poderão compreender a importância da criação e manutenção de um padrão de medidas universal e a relevância da sua utilização na sociedade antiga e moderna.

O ato de medir e comparar passa a ter sentido para o aluno, que caminha por um processo onde através da discussão com os outros colegas do grupo, do levantamento de hipóteses, da busca por evidências, da tomada de dados, da organização de tabelas e utilização de um pensamento científico, passa a fazer uso da linguagem da ciência. O professor então pode finalmente buscar o produto de todo esse processo, construindo o conhecimento científico com seu aluno na sala de aula.

De que maneira o ato de medir influenciou e continua influenciando as nossas vidas? Para explorar esse assunto apresento uma metodologia de atividade investigativa, com os alunos separados em grupos. Destinado a turmas da primeira série do ensino médio do Colégio Pedro II, dados foram coletados, através de vídeo e imagem, para análise dos discursos dos alunos durante a realização do trabalho, visando uma compreensão maior do sistema de argumentação e dos tipos de linguagens utilizadas pelo professor e pelos alunos durante a atividade.

Ao lançarmos mão de uma atividade como essa, tentamos trazer o aluno para um novo modelo de aprendizagem, em que ele deve ser privilegiado e valorizado no processo de ensino e aprendizagem. É claro que o papel do professor, em uma atividade como essa, não se detém a expor um assunto no quadro, preparar uma prova e depois corrigi - lá. Nesse tipo de atividade investigativa, o professor passa de avaliador para avaliado, pois é continuamente forçado a pensar, montar estratégias de aulas, fazer a pergunta certa na hora certa e deve estar sempre pronto para situações problemas, que não havia ainda passado. Realmente é desafiador, contudo, o retorno poderá ser mais confortante.

Nesse trabalho inicialmente discuto o que motivou a escolha do tema, seguindo com o referencial teórico que nos deu suporte para o desenvolvimento da atividade e análise de alguns resultados obtidos durante a aplicação da atividade. O assunto da Física, Sistemas de Unidades, teve seu destaque no capítulo *As Medidas e o Homem*, onde são apresentados desde os primórdios dos sistemas de unidades até a criação do Sistema Internacional de Unidades, buscando valorizar neste capítulo, a importância que os processos de padronização das medidas tiveram na organização das sociedades.

A descrição de todo o processo que envolveu a coleta de dados durante a atividade investigativa é discutida no capítulo 5, e finalmente analisamos alguns resultados preliminares, envolvendo o discurso e argumentação dos alunos, que foram apresentados no capítulo 6.

## **2. A ESCOLHA DO TEMA**

Como professor e educador, preocupado com o aprendizado dos meus alunos, fico incomodado quando vejo que as respostas dos problemas e exercícios que sugiro para os alunos estão completamente desconectadas com a realidade do tema que trabalhei em sala. É frustrante para os professores passar horas ensinando uma turma e o resultado da avaliação ser sempre insatisfatório.

Ao longo dos anos, percebi que tenho uma preocupação particular com os alunos do primeiro ano do ensino médio. Procuro dar mais atenção e tratá-los com mais cautela, pois o primeiro contato significativo que terão com a Física é responsabilidade minha e não posso perder esta oportunidade de ser o responsável pela desmistificação de que a Física é o terror das disciplinas.

Para a coleta dos dados que precisava, escolhi para aplicação da minha proposta, uma turma de uma escola que inicia o conteúdo do ensino médio com: Algarismos Significativos, Ordem de Grandeza e Sistema Internacional de Unidades. Em anos anteriores, ao desenvolver atividades explorando o tema Ordem de Grandeza, percebi que a maior dificuldade dos alunos estava em comparar tamanhos e estimar determinadas medidas. Se pedirmos para um aluno representar, utilizando os braços ou a mão, um metro ou um centímetro, a grande maioria vai nos surpreender com respostas absurdas em que eles apresentam total desconhecimento sobre dessas unidades.

Seguindo com o conteúdo, os alunos precisam calcular, relacionar e comparar velocidades, distâncias e acelerações durante o estudo da cinemática e, mais uma vez, a falta de conhecimento sobre os sistemas de unidades e a falta de habilidade de manipulação com as medidas envolvidas, eram fatores determinantes para um resultado ruim dos alunos nas provas.

Outra coisa que percebi ao planejar minhas aulas era que a maioria dos livros didáticos faz abordagens superficiais quando exploravam o tema sistemas de medidas, e isto é um ponto negativo.

Não há uma abordagem histórica, não valorizam a importância dos padrões de medidas e não fazem qualquer ponte com situações e problemas atuais, relacionando com o cotidiano das pessoas. Isso afastava o tema da realidade dos alunos e talvez por isso eles não se sintam motivados a aprenderem esse assunto.

Tive respaldo também em desenvolver algo novo, envolvendo sistemas de unidades, ao ler as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN + / Ensino Médio) (BRASIL, 2002). e perceber que entre as competências propostas, para que o ensino de Física passe a ser compreendido como um instrumento para compreensão do mundo havia um tópico destinado ao tema em questão. Na tabela 1 abaixo apresento competência retirada dos PCN +, onde possíveis encaminhamentos sobre o tema sistema de unidades, são propostos.

**Tabela 1: Competência relacionada ao tema abordado**

COMPETÊNCIAS GERAIS	SENTIDO E DETALHAMENTO EM FÍSICA
<p style="text-align: center;">I.1 SÍMBOLOS, CÓDIGOS E NOMENCLATURAS DA C&amp;T</p> <p style="text-align: center;">Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer e saber utilizar corretamente símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas da Física, por exemplo, nas informações em embalagens de produtos, reconhecer símbolos de massa ou volume; nas previsões climáticas, identificar temperaturas, pressão, índices pluviométricos; no volume de alto-falantes, reconhecer a intensidade sonora (dB); em estradas ou aparelhos: velocidades (m/s, km/h, rpm); em aparelhos elétricos, códigos como W, V ou A; em tabelas de alimentos, valores calóricos.</li> <li>• Conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza física para fazer traduções entre elas e utilizá-las adequadamente. Por exemplo, identificar que uma caixa d'água de 2 m<sup>3</sup> é uma caixa de 2 000 litros, ou que uma tonelada é uma unidade mais apropriada para expressar o carregamento de um navio do que um milhão de gramas.</li> </ul>

Fonte: (PCN+ Ensino Médio) Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, p7.

Minha proposta surgiu da vontade de criar uma atividade motivadora e que ao mesmo tempo levasse os alunos a valorizar o tema trabalhado, pois vivemos em um mundo cercado de unidades e padrões de medidas e em muitas das vezes, as usamos passivamente sem entendê-las ou sequer saber seus significados. Nascemos e nossos primeiros contatos com o mundo aqui fora são: régua e balança.

O médico precisa saber se estamos dentro dos padrões atuais ou se precisamos de algum cuidado especial (índice de APGAR).<sup>1</sup> Durante toda a nossa infância e adolescência adquirimos noção de espaço e tempo, e graças a isso, ganhamos a capacidade de comparar grandezas. Quando adultos, ao escolher nossos carros, nos preocupamos com o espaço interno, o volume de porta malas, da potência do motor e do quanto o nosso veículo é econômico.

O trabalho que proponho tem por objetivo explorar um diálogo constante entre o professor, o aluno e o conhecimento, buscando assim a formação de outras competências. E isto só será possível se houver relação entre os fenômenos que estudam e o universo que o aluno vivencia. A atividade que desenvolvi, de caráter investigativo, foge da metodologia das aulas tradicionais, buscando motivar nossos alunos a construir o significado de medir, de comparar tamanhos, massas e volumes com os padrões que o homem construiu ao longo da história.

---

<sup>1</sup> A Dra. Virginia Apgar, uma médica notável e que reconheceu a necessidade de existir uma maneira fácil e eficaz de avaliar o recém-nascido, discutindo o assunto com um aluno em 1949, chegou a cinco pontos-chave para a avaliação da vitalidade do recém-nascido. No ano de 1952, após os refinamentos necessários, ela apresentou e posteriormente publicou o seu sistema de avaliação do recém-nascido. Esse sistema é o mesmo até os dias de hoje. Quando o bebê nasce, iniciamos a contagem do tempo e avaliamos o índice de Apgar no primeiro e no quinto minutos de vida da criança.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS**

A maioria dos professores tem como única função dar aulas. Nem todo professor de ciências é um investigador em educação em ciências (MOREIRA, 1999). Pesquisar é produzir conhecimento dentro de um marco teórico, epistemológico e metodológico e nem todos os professores possuem condições de trabalho para praticarem essas tarefas. O professor necessita de mais tempo para participar de grupos de pesquisa, já que a maioria dos que existem estão nas universidades, sendo de difícil acesso para eles. Deve ainda manter-se informado, lendo e pesquisando sobre resultados de pesquisas, mantendo-se atualizado sobre as novas metodologias de ensino e aprendizagem

A formação dos professores é de responsabilidade das universidades e dos institutos de ensino superior, e uma grande preocupação tem sido de como as informações estão sendo transmitidas para os futuros profissionais. Geralmente a transmissão de como o professor deve se portar em sala de aula é feita apenas durante o período dos estágios. A universidade elabora um plano de formação extremamente explícito quanto aos saberes disciplinares, pedagógicos e sociológicos, enquanto os saberes práticos, o dia a dia com os alunos, são abandonados ou pouco privilegiados.

Formar professores com uma postura reflexiva envolve saberes teóricos e metodológicos, não podendo ser ensinada. Uma das funções de uma prática reflexiva é permitir que o profissional tome consciência de suas ações em sala de aula e, quando forem adequadas, fazer com que evoluam.

No desenvolvimento da postura reflexiva, é preciso formar o *habitus* (PERRENOUD, 2002) e favorecer a instalação de esquemas reflexivos.

As propostas curriculares afirmam que o conhecimento científico é essencial para a tomada de decisões na vida cotidiana, porém, muitas pessoas vivem perfeitamente bem sem nunca ter tido acesso a uma cultura científica. Em que extensão as pessoas estão empregando conceitos científicos para tomar decisões na vida cotidiana?(MORTIMER, 2002).

Temos uma grande oportunidade para, utilizando situações do cotidiano dos nossos alunos, aplicar conceitos de ciências para resolver situações difíceis do nosso dia a dia. Temos problemas muito mais interessantes que podemos explorar ao invés de perdermos tempo com nossos alunos resolvendo problemas hipotéticos. A escola precisa se adequar apresentando os problemas reais da sociedade.

Outro aspecto a considerar são as tentativas de reformas trazidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) que através de uma visão construtivista mistura estratégias de ensino, temas de Ciência, tecnologia e Sociedade (CTS), preocupações com a natureza do conhecimento e com história das ciências.

*Nesse sentido, as pesquisas sobre a relação entre currículo ideal e prática pedagógica real podem ajudar também a entender como as concepções construtivistas que emergiram das pesquisas em concepções alternativas têm influenciado as concepções e práticas do professor. (MORTIMER, 2002)*

Cada vez mais há um grande abismo entre o que se ensina e o que se aprende. Foi verificado que muitos dos estudantes ao terminarem o seu ensino médio não se lembram de quase nada que estudaram nos anos anteriores, mostrando que há um grande abismo entre o que o professor ensina e o que o aluno aprende, e que ensinar ciências deve ser muito mais do que substituir as idéias prévias por teorias mais consistentes (CARVALHO, 2008).

O aluno deve de alguma maneira ver algo de estimulante nas aulas de ciências e compreendê-las como uma forma diferente de falar e pensar sobre o mundo que o cerca. A ciência é muito mais do que os conteúdos ensinados nas teorias, ela deve ser entendida como uma cultura que possui suas próprias regras, valores e linguagem, cultura essa, que tem a obrigação de ser introduzida aos alunos pela escola.

O desenvolvimento científico tem trazido grandes benefícios e muitos problemas ambientais para a sociedade, e nossos estudantes devem estar aptos a entender e discutir essas relações entre ciência, tecnologia, sociedade e o ambiente em que vivem.



Um dos desafios da escola deve ser como transmitir a ciência promovendo a enculturação científica (PENHA, CARVALHO e VIANNA, 2009) e fazendo com que os estudantes gostem, entendam e valorizem o conhecimento científico e propondo problemas ambientais para que eles possam se formar como cidadãos participativos e socialmente ativos.

Nesse contexto é importante a elaboração de currículos e projetos em ensino de ciências, que devem ser estruturados de modo a possibilitar o engajamento reflexivo dos estudantes em assuntos científicos que sejam do seu interesse e preocupação. Aqui no Brasil, vários grupos trabalham nessa linha de pesquisa que buscam a enculturação científica procurando uma relação estreita entre ciência, tecnologia e sociedade. Esses trabalhos possuem uma nova concepção de ensino, onde muitas práticas são introduzidas nas aulas buscando o debate e a discussão para que os estudantes atinjam a sua alfabetização científica. De acordo com a organização para a cooperação e o desenvolvimento econômico, o estudante deve ser capaz de combinar conhecimento científico com a habilidade de tirar conclusões baseadas em evidências, de modo a compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo e as mudanças nele provocadas pela atividade humana (SANTOS e MORTIMER, 2002).

Outra prática que os professores devem se preocupar é a de como avaliar corretamente e de forma justa os alunos de sua classe. Para Perrenoud, (2002), toda prática de avaliação contínua, que pretenda contribuir para melhorar as aprendizagens em curso, qualquer que seja o quadro e qualquer que seja a extensão concreta da diferenciação do ensino, é uma prática de avaliação formativa. Ensinar é esforçar-se para orientar o processo de aprendizagem para o domínio de um currículo definido, o que não tem acontecido ao longo do ano escolar dos alunos. A avaliação formativa é um componente quase obrigatório de toda a avaliação contínua.

Há algumas dificuldades encontradas para a implantação de um modelo de avaliação, de ensino e de aprendizagem como as seguintes.

O primeiro é que, na maioria dos sistemas escolares, o currículo formal enfatiza mais o conteúdo a ensinar, as noções a estudar e a trabalhar do que os conhecimentos propriamente ditos;

o segundo obstáculo deve-se a abstração da noção de aprendizagem, pois para a maioria dos professores, a mente do aluno permanece desconhecida, na medida em que o que aí se passa não é observável. É difícil reconstruir todos os processos de raciocínio, de compreensão, de memorização, de aprendizagem a partir daquilo que diz ou faz o aluno (PERRENOUD, 2002).

O grande número de decisões e preocupações durante o dia-a-dia do professor entra como o terceiro obstáculo do processo de aprendizagem. E, para finalizar, a prioridade dada por cada professor, na maioria das vezes involuntariamente, à regulação das tarefas e ao controle do trabalho. As aprendizagens são determinantes, mas é importante que os alunos cheguem ao final dos seus trabalhos, que participem das lições e das atividades coletivas, cumprindo assim seu ofício de aluno. A exigência do trabalho escolar e a administração de uma classe não permitem deixar aos alunos, sobretudo os mais fracos, todo o tempo requerido para construir conhecimentos ou competências conforme seu ritmo.

E quanto à linguagem utilizada pelos professores na sala de aula? Nossos alunos entendem essa linguagem que usamos? Estamos levando até eles a linguagem própria utilizada pela ciência?

Não existe nada entre seres humanos que não seja instigado, negociado, esclarecido, ou mistificado pela linguagem, incluindo nossas tentativas de adquirir conhecimento (POSTMAN, 1996). Essa frase reflete a importância da linguagem em todas as etapas do aprendizado humano ao longo de sua vida. Tudo que aprendemos e ensinamos está intimamente ligado à linguagem utilizada para que esse objetivo seja atingido.

Em ensino, a expressão oral é decisiva nas aulas de ciências e nos ensinamentos em geral, pois a aprendizagem aparece através dela e além do que as instruções procedem na maioria das vezes através da linguagem falada.

*Qualquer tentativa de facilitar a aprendizagem, em situações formais ou informais, presenciais ou à distância, virtuais ou não, estará, provavelmente, fadada ao fracasso na medida em que não levar em consideração o papel primordial da linguagem, e da mediação humana, em tal processo (MOREIRA, 2003).*

A função dos professores de ciências no que diz respeito à linguagem é ajudar os alunos na aprendizagem dos conceitos e modelos científicos, na aquisição da competência lingüística científica através de saber ler, escrever e interpretar a linguagem científica, no saber apreciar a ciência e o pensamento científico e no desenvolvimento na cultura científica, como afirma o autor:

*Conhecer e usar a linguagem científica ajuda a compreender os conceitos científicos essenciais do conhecimento na sociedade em que vivemos (OLIVEIRA, 2009).*

Há pelo menos três tipos de linguagem em sala que correspondem a funções lingüísticas: linguagem de currículo, linguagem de controle e linguagem de identidade pessoal (JIMÉNEZ – ALEIXANDRE, 2003).

- **Linguagem de Currículo:** Através dela se realiza o ensinamento e os estudantes mostram grande parte do que sabem.
- **Linguagem de Controle:** Mantida pelo professor. Neste caso o controle não tem conotação negativa, e sim função de alcançar as metas da educação criando relações sociais.
- **Linguagem de Identidade Pessoal:** Diferencia entre como e quando se deve dizer algo. Equivale em termos lingüísticos à expressão da identidade de quem fala. (Função expressiva).

Há problemas que a maioria dos alunos têm de enfrentar para usar corretamente a linguagem científica nas aulas de ciências, tais como: interpretar textos para compreender exatamente qual a tarefa; saber escolher a informação principal; saber escrever o que a tarefa impõe; explicar a utilidade do que estão a fazer; conhecer a nomenclatura; compreender o discurso científico; saber expor idéias sistemática e organizadamente.

Esses problemas estão presentes na grande maioria das salas de aula e, ao contrário do que ocorre em outros ambientes, o controle do que se fala tem estado nas mãos apenas do professor. Com isso o sistema de comunicação escolar tem sido ineficiente, já que os professores continuam com a forma tradicional de ensino, resistindo às mudanças na forma de pensar e de agir com os alunos, deixando estes sem se expressar.

A seguir faremos uma discussão de como o uso das relações envolvendo Ciência, Tecnologia e Sociedade podem contribuir para um melhor ensino de Ciências.

### **3.2 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE - CTS**

Vivemos em um mundo influenciado pela ciência e pelos avanços tecnológicos. *O ser humano tem cada vez mais fé na ciência, na razão e no progresso, chegando ao ponto de se confiar na ciência e tecnologia como se confia em uma divindade (SANTOS E MORTIMER, 2002).*

O agravamento dos problemas ambientais pós-guerra, a tomada de consciência sobre questões éticas, a qualidade de vida da sociedade industrializada, a necessidade da participação popular nas decisões públicas, o medo e as frustrações de todo o desenvolvimento tecnológico geraram a necessidade do surgimento de pesquisas com propostas de ensino em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), influenciando a elaboração de currículos de ciências no mundo inteiro.

É preciso alfabetizar os cidadãos em ciência e tecnologia mostrando a importância de se agir, tomar decisões e compreender o que se fala nos discursos dos especialistas, necessidade do mundo contemporâneo. Dentre as concepções desses currículos podemos destacar dois autores:

A de Roberts (1991) que afirma:

*Ciência como atividade humana relacionada à tecnologia e sociedade, sociedade que busca desenvolver, aluno que seja preparado para tomar decisões inteligentes e que compreenda a base científica e a prática das decisões e um professor como aquele que desenvolve o conhecimento e busca as inter-relações complexas entre ciência, tecnologia e decisões.*

E a de Aikenhead (1994) que diz:

*O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, ajudando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões sobre questões envolvendo ciência e tecnologia na sociedade e sabendo resolver tais questões.*

A proposta de um ensino em CTS é criar uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados e discutidos fazendo uma relação com outros aspectos políticos, sociais e econômicos. Teremos assim um caminho para desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando na construção de conhecimentos, formação de habilidades e valores necessários.

Dentre os conhecimentos e habilidades que professores devem buscar desenvolver, em atividades com enfoque CTS, podemos destacar: melhorar a auto-estima dos alunos trabalhando com temas que tenham mais significados para eles, valorizar a colaboração, a responsabilidade social e o exercício da cidadania, fazendo com que tenham interesse em atuar com problemas e questões sociais. Com isso teremos alunos, e futuros cidadãos conscientes, que discutem ciência com visão crítica e encara a tecnologia como conhecimento que permite controlar e modificar o mundo e a sociedade local onde os problemas são identificados e buscados para o bem geral da comunidade.

Os jovens de hoje falam e ouvem todos os dias expressões como “10 megabytes por segundo”, “1 gigahertz” e várias outras, que eles só conhecem as suas relações qualitativas: sabem que uma banda larga de velocidade 10 mega é melhor do que uma de 2 mega, contudo, não compreendem o significado físico dessas unidades. Professores devem se empenhar em explicar fenômenos e ensinar conceitos que sejam mais úteis para as pessoas mostrando que os conteúdos que ensinam em sala podem ser usados para explicar os fenômenos do seu dia a dia.

Nossos alunos estudam, geralmente no início do ensino de Física, sistemas de unidades, mas só utilizam para saber qual a unidade deve colocar no valor da grandeza que achou ao resolver um problema e na maioria das vezes sequer sabem analisar fisicamente o resultado encontrado. Essa atividade desenvolvida traz para a sala de aula muito mais do que encarar a unidade das grandezas como simples símbolos.

Usando o tema sistema de medidas para preparar uma atividade com enfoque CTS, podemos explorar idéias tais como:

os pesos e medidas como elementos de cultura de um povo, a evolução dos sistemas de medidas e sua relação com o desenvolvimento tecnológico e social, a importância da padronização e da existência dos órgãos reguladores (IMETRO, INPEM). Mostrar para eles que tendo em vista o comércio, o intercâmbio internacional de bens e informações e as atividades de alcance global, como a ciência, ficou cada vez mais clara a necessidade de se estabelecer um sistema internacional de unidades que fosse compreendido da mesma forma em qualquer lugar.

Nossos alunos estão mergulhados em atividades que envolvem o tema *nanotecnologia*. São i-pods, i-phones, tablets e celulares cada vez menores e com uma tecnologia mais avançada. Como se pode viver mergulhado em um mundo que usa uma escala diferente da sua e você não compreendê-la? Hoje, mais de 60 países possuem iniciativas nacionais ligadas ao estudo das nanociências e nanotecnologia, sendo que o total de investimento global ultrapassa os U\$ 10 bilhões.

Temos o  $10^{-9}$ , nas ciências químicas, físicas, dos materiais, na medicina, na engenharia, nos cosméticos, nos esportes, embalagens e iluminações, e continuamos pedindo aos nossos alunos que calculem a ordem de grandeza do número de voltas que a Terra dá em torno do próprio eixo em 100 séculos (questão abordada recentemente em vestibular do RJ)? Desvendar o *micro* e o *macro* já é uma necessidade humana. A nanotecnologia não é somente promessa de futuro, existe uma nanotecnologia permeando vários produtos de quase todo o setor produtivo mundial. Para exemplificar, apresento na figura 3, algumas informações sobre esses produtos, juntamente com algumas observações.

**Figura 4:** Produtos obtidos por via nanotecnológica, ou contendo nanotecnologia.

Setor	Tipo de Produto/Observações
Energia	Sistemas fotovoltaicos; células solares; <i>grids</i> de energia; baterias; pás para geradores eólicos.
Iluminação	LEDs baseados em <i>quantum dots</i> para iluminação pública, domiciliar e automobilística.
Automobilístico	Pinturas especiais (não riscam, autolimpantes); catalisadores para conversores catalíticos para gases de escapamento; eletrônica embarcada; tecidos antibacterianos.
Esportes	Raquetes de tênis (nanotubos de carbono); roupas esportivas antitranspirantes e antibactericidas; calçados para esportes; quadros para bicicletas; tacos de golf; luvas para esportes.
Tecidos	Tecidos resistentes à sujidades (efeito lótus); tecidos antibactericidas; tecidos técnicos e não tecidos.
Embalagens	Embalagens com propriedades de barreira (umidade, gases), à base de nanocompósitos; embalagens inteligentes, sensíveis a gases de decomposição de alimentos; recipientes bactericidas (prata) para guardar alimentos perecíveis.
Cosméticos	Protetores solares; produtos para recuperação da pele; produtos contendo cores físicas (índice de refração); produtos para maquiagem.
Fármacos	Novas formas de administração de fármacos (nanoemulsões e nanopartículas); <i>drug-delivery</i> ; terapia de cânceres.

**Fonte:** ABDI, Cartilha sobre Nanotecnologia, p 27. Acesso: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha%20nanotecnologia.pdf>

Analisando um contexto brasileiro poderíamos usar como temas a abordar nos currículos de CTS: exploração mineral, ocupação humana e poluição ambiental, o destino do lixo, controle e qualidade dos produtos químicos, desenvolvimento da agroindústria, processo de desenvolvimento industrial, fontes energéticas e preservação ambiental. Alguns desses temas fazem parte do currículo de geografia e é importante também que sejam explorados na área de ciência e suas tecnologias, de preferência em uma abordagem interdisciplinar junto com geografia e outras disciplinas.



O conteúdo dos currículos de CTS tem um caráter multidisciplinar, onde os conceitos são abordados em uma perspectiva relacional, de maneira a evidenciar as diferentes dimensões do conhecimento estudado, sobretudo as interações entre ciência, tecnologia e sociedade.

O contexto atual é bem favorável para elaboração de projetos nacionais de ensino de ciências, com ênfase em CTS, mas para isso devemos também nos perguntar que tipo de cidadãos queremos formar por meio destas propostas? Qual o modelo de tecnologia estamos querendo? E que modelo queremos desenvolver em nossos alunos? Há ainda uma série de coisas a serem discutidas para implantação de currículos nesses moldes, como por exemplo a formação do professor, concepções de cidadania e modelo de sociedade.

A seguir falaremos sobre o ensino por investigação, mostrando suas características e vantagens do seu uso para o aluno e professor.

### **3.3 ATIVIDADES INVESTIGATIVAS**

A inclusão do ensino por investigação nas aulas de ciências requer que os professores tenham uma postura diferente em sala, alterando a dinâmica das aulas, tendo que tomar várias decisões, necessitando de mais tempo de planejamento e correndo riscos com as dificuldades que vão encontrar.

Atividades como essas promovem o questionamento e o envolvimento ativo dos alunos, fomentando o trabalho em grupo, estabelecendo relações entre o conhecimento e os resultados obtidos, não privilegiando assim a memorização, como de costume nas aulas de ciências.

O professor deve ficar atento a todo o processo, pois tudo é relevante e deve ser analisado para que compreenda o comportamento dos seus alunos, podendo assim auxiliá-los em seu aprendizado, identificando, por exemplo, quais eram seus conhecimentos prévios sobre o assunto abordado, o que mudou e o que se transformou durante a tarefa desenvolvida.

Partindo daí o professor poderá orientar melhor seus alunos para as próximas tarefas, fazendo mudanças, caso sejam necessárias, aumentando assim a qualidade das atividades e contribuindo para uma melhor construção do conhecimento de seus alunos. O professor deverá mostrar ao aluno como seguir as instruções para o correto desenvolvimento científico, fazendo as atividades em sala de aula terem um papel mais ativo na formação do aluno.

Em atividades investigativas a função do professor passa de transmissor de conhecimento científico através de exposição oral e escrita, para um guia e orientador da aprendizagem, deixando de lado a interpretação rígida dos conteúdos programáticos dos livros didáticos, e tendo mais flexibilidade curricular, orientando as atividades aos gostos, interesses, necessidades e experiências dos alunos. A figura 3 mostra um instante de uma atividade investigativa.



FIGURA 3: Professor desenvolvendo atividade investigativa com grupo de alunos da primeira série do Ensino Médio.

Os problemas abordados numa atividade como essa também devem ser diferentes, pois os problemas ou questões fechadas com respostas únicas são substituídos por questões abertas, que buscam promover o pensamento crítico, relacionando evidências e explicações. O professor deve buscar atividades que valorizem a compreensão das ciências atendendo suas diversas dimensões, deixando de lado a valorização exclusiva de fatos, leis e princípios científicos.

O professor que tiver tempo e interesse de se aprofundar nessa linha de pesquisa pode, durante as atividades em classe, efetuar gravações para depois analisar o desenvolvimento de cada grupo. Em relação à tomada de dados também é melhor adotar uma metodologia específica para esse tipo de levantamento. Tudo deve ser gravado em áudio, e se possível filmado, para facilitar posteriormente a análise dos dados.

Essa análise deve levar em consideração a importância das discussões entre os alunos, tendo em vista que a atividade científica é um trabalho coletivo e não individual.

Como num ambiente de laboratório, construído por essas aulas, vamos analisar as falas dos estudantes, suas interações e verificar se a linguagem utilizada pelos alunos se aproxima da linguagem dos cientistas durante a criação de seus conhecimentos, que significa: observar, descrever, comparar, classificar, analisar, discutir, criar hipóteses, teorizar, questionar, objetivar, argumentar, desenhar experimentos, atuar com procedimentos, julgar, avaliar, decidir, concluir, generalizar, divulgar, escrever e dissertar.

Em um grande laboratório de pesquisa científica sabemos que há disputas sociais, econômicas, de conhecimento e até de poder. Há quem queira ser líder, há quem queira ganhar mais, aparecer mais através de publicações e até mesmo quem boicote informações para ter mérito no resultado final. Podemos futuramente também analisar nas discussões dos alunos estas características que existem num ambiente de laboratório, procurando relacioná-las.

Geralmente, as demonstrações de experimentos em ciências são feitas com o objetivo de ilustrar uma teoria, ou seja, o fenômeno é demonstrado a fim de comprovar uma teoria já estudada ou em estudo. O papel do professor é o de construir com os alunos uma passagem do saber cotidiano para o saber científico, por meio da investigação e do próprio questionamento acerca do fenômeno (CARVALHO, 2008).

Durante essas demonstrações as atividades devem deixar de ser apenas uma ilustração da teoria e tornar-se um instrumento rico no processo de ensino.

Uma atividade de laboratório busca a solução de uma questão, que será resolvida ou respondida por uma experiência. Podemos dividir essa busca da solução em seis momentos (CARVALHO, 2004):

- **Proposta do problema**, através de uma pergunta estimulante e que possua curiosidade científica.
- **Levantamento de hipóteses**, que podem ser feitas a partir dos discursos dos alunos.

- **Levantamento de plano de trabalho**, que irá definir como a tarefa será realizada. Há vantagem em se trabalhar com vários grupos de alunos, pois assim o número de hipóteses levantadas aumenta, enriquecendo os dados.
- **Montagem do arranjo experimental e coleta de dados.** Nessa etapa, os alunos têm a oportunidade de ver a Física como uma ciência experimental. Nessa fase o professor deve percorrer os grupos verificando se os alunos estão trabalhando corretamente, orientando-os.
- **Análise dos dados**, para que possamos ter informações sobre a questão-problema.
- **Conclusão**, onde os alunos devem formalizar uma resposta ao problema inicial proposto, discutindo ou não a validade das hipóteses.

Fazer com que resolvam problemas em pequenos grupos facilita o entendimento por parte dos alunos e dos professores do caráter social da ciência, já que durante a realização da tarefa há uma série de relações entre os estudantes que podem também ser vistas no dia-a-dia da vida de um grande cientista ou de uma equipe de pesquisa como, por exemplo, aceitar outros pontos de vista, aprender a negociar, renunciar do seu ponto de vista, buscar um objetivo coletivo e um desenvolvimento conceitual mais rico, já que a troca de informações e conhecimentos será mais intensa. A fase de comunicar os resultados da tarefa é essencial, pois com isso os alunos podem compreender a responsabilidade dos cientistas em publicar resultados e perceberem a importância da comunidade científica, neste caso representado pela turma.

O professor que acredita nesta proposta deve estar disposto a correr riscos, enfrentar novas situações em sala de aula e quebrar a sua rotina de modo a ultrapassar os obstáculos que vão aparecer.

Essas atividades trazem dilemas e dificuldade para os professores, mas o seu papel é muito importante para o sucesso dos alunos.

O ensino por investigação constitui uma orientação que enfatiza o questionamento, resolução de problemas abertos, desenvolvimento do senso crítico do aluno sobre a importância da ciência e suas aplicações na sociedade em que vive, e a argumentação.

### **3.4 DISCURSO E ARGUMENTAÇÃO**

A comunicação na aula deve permitir aos alunos e professores construir significados que sirvam tanto para áreas cognitivas como para social. Porém isto nem sempre ocorre, pois os estudantes podem compartilhar tarefas e atividades sem compartilhar conhecimento, sendo esta uma das razões pelos quais, na prática, diferentes estudantes num mesmo grupo têm diferentes acessos ao conhecimento. A análise dos discursos pretende se aprofundar em alguns dos problemas e dificuldades que estão relacionadas ao acesso ao conhecimento.

Devemos buscar entender como o conhecimento se constrói na mente de nossos alunos, desde a leitura de textos ou tomada de dados em um laboratório até o resultado final de processo de aprendizagem.

Que passos dão os nossos alunos para solucionar os seus problemas e em que ordem? Que obstáculos os alunos enfrentam e quais são as suas origens? Como se manifestam os aspectos sociais, tais como as interações entre seus colegas?

O professor precisa ser mais atuante e presente acompanhando a seqüência de raciocínio utilizada por seu aluno, pois só assim poderá influenciá-lo para buscar maneiras mais simples de formar suas idéias e tirar suas conclusões.

Uma maneira de tentar decifrar este código é através da análise dos *discursos e argumentações* durante as aulas.

Segundo Jiménez Aleixandre (2003), *argumentação é a capacidade de relacionar informações e conclusões para avaliar dados teóricos à luz de dados empíricos ou de outras fontes.*

Por quê devemos estudar os processos de investigação? Vou expressar algumas respostas para essa questão.

- Para que a construção do conhecimento científico abranja práticas de justificação, de basear as conclusões em provas (JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 2003).
- Para ter Competência Científica (PISA-2004)

*“Capacidade de empregar o conhecimento científico para identificar perguntas e extrair conclusões baseadas em provas a fim de compreender e poder tomar decisões sobre o mundo natural e o que a atividade humana produz nele”.*

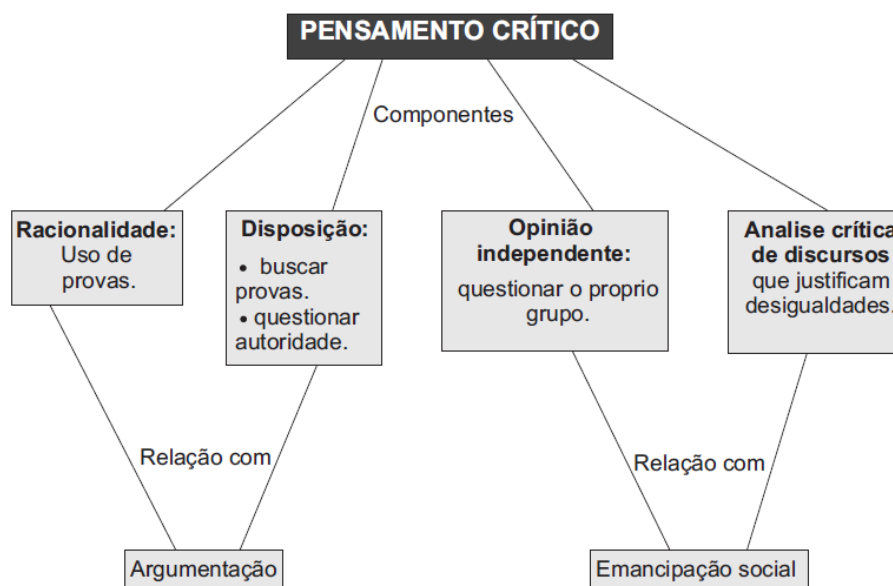
- Para valorizar o processo de aprendizagem e não apenas o produto final (VIANNA, 2003).
- Para analisar o sistema de comunicação nas classes podemos identificar as barreiras e dificuldades encontradas durante o aprendizado do nosso aluno.

A argumentação contribui para a prática de aprender a aprender. Através do desenvolvimento do seu pensamento crítico devemos fazer com que os nossos alunos sejam capazes de continuar aprendendo ao longo da vida, de maneira cada vez mais eficaz e autônoma. O pensamento crítico está relacionado à capacidade de desenvolver opiniões independentes, gerando reflexão, por parte dos alunos, sobre a realidade, sua participação nela, podendo assim modificá-la.

Nesse sentido a argumentação contribui para a formação de uma cidadania responsável, onde o aluno participa das decisões sociais, exercendo esse pensamento crítico. Na figura 1, podemos verificar alguns dos componentes do pensamento crítico.



**Figura 1.** Os Componentes do Pensamento Crítico



**Fonte:** Traduzido e adaptado, por Carlos Eduardo de Freitas Ferreira, do livro: "10 ideas clave, Competencias em argumentación y uso de prueba", JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P,2010, p.37

O ensino de ciências tem privilegiado, na maioria das vezes, os processos de memorização mecânica, os professores continuam acreditando na eficácia dessas práticas. Devemos modificar essa metodologia, procurando privilegiar a valorização do raciocínio de nossos alunos, sendo capazes de relacionar um enunciado, uma explicação, com as provas e dados que os apóiam, ou seja, de avaliar o conhecimento com base em evidências disponíveis.

As evidências têm um papel importante no processo de construção do conhecimento científico, pois servem para mostrar se um enunciado é verdadeiro ou falso, levando os alunos a apoiarem ou não uma conclusão. Relacionar explicações, com provas que as fundamentam, é mais uma das vantagens de se desenvolver e se estudar os processos de argumentação.

Faz parte também deste processo de argumentação, a comunicação, oral ou escrita, das idéias das ciências, pois é necessário que o aluno aprenda ler, escrever e falar ciência, persuadindo assim outras pessoas de que uma explicação é melhor do que outra.

O estudante tendo contato com essa metodologia se apropria de formas linguísticas utilizadas pelas comunidades científicas, que geralmente são transmitidas através de textos escritos, podendo assim diminuir a distância entre o texto e o leitor. Um trabalho de classe desenvolvido em pequenos grupos também facilita o desenvolvimento dessas competências, já que numa atividade como essa, há o favorecimento de debates orais entre os alunos.

Na figura 2, podemos perceber algumas práticas relacionadas ao processo de construção do conhecimento e a argumentação.

**Figura 2:** A argumentação, resumo de seus significados e contribuições



**Fonte:** Traduzido e adaptado, por Carlos Eduardo de Freitas Ferreira, do livro "10 ideas clave, Competencias em arumentación y uso de prueba", JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P, 2010, p.13.

Nos capítulos a seguir apresentamos uma proposta para o ensino do tema Sistema de Unidades, dentro do enfoque CTS, com atividades investigativas. Discutiremos a metodologia utilizada na atividade e na coleta dos dados e após a aplicação relatamos alguns resultados.

## **4. AS MEDIDAS E O HOMEM**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

Atualmente os processos de medições são bem avançados, satisfazendo as necessidades da ciência e tecnologia, mas houve tempos em que o homem utilizava processos bem simples de comparações de medidas para poder sobreviver e viver em grupos. Os pesos e medidas foram, desde as primeiras civilizações, linguagem usada no comércio e podem ser considerados fatores que sustentaram as sociedades por meio de estabelecimento das relações de troca no comércio, da padronização para medir a produção e do suporte dimensional para as ciências e tecnologias. O homem evoluiu e com ele evoluíram os sistemas de medidas.

A História mostra, por exemplo, que nas regiões onde os povos possuíam comércio organizado, além dos sistemas de medidas, a escritura, a aritmética e até mesmo as artes eram muito mais desenvolvidas do que em outros povos que possuíam um comércio débil (SILVA, 2004). Mesmo assim, é preciso salientar que, o comércio por si só não seria suficiente para assegurar o progresso alcançado hoje pela Metrologia<sup>2</sup>. O comércio tem maior preocupação com a padronização das medidas e com a aferição delas, do que com o problema da precisão dos padrões. Foram, portanto, as necessidades de outros setores da sociedade, junto com o comércio, que contribuíram para evolução da Metrologia.

Somente com a Revolução Industrial é que a produção passou a ter uma necessidade maior passando a exigir padrões e unidades diferentes dos utilizados pelo comércio.

Na Ciência, os pesos e medidas são o suporte dimensional da experimentação e muito conhecimento científico se perdeu no tempo pela simples impossibilidade de poder interpretá-lo com exatidão.

---

<sup>2</sup> Metrologia (metrology / métrologie) Ciência da medição e suas aplicações  
*Vocabulário Internacional de Metrologia, 3ª Edição, IPQ, Novembro 2008*

Mesmo com essas necessidades da ciência, não tínhamos a preocupação sobre o problema das unidades de medidas. O mais importante eram as descobertas científicas e não a precisão dos resultados. Hoje percebemos que graças aos avanços tecnológicos, a tecnologia que é usada para efetuar as medições é maior, diminuindo o erro das medidas e aumentando a precisão, graças à melhoria dos instrumentos de medidas.

No contexto político, os pesos e medidas atuam como fatores determinantes de poder. Na Grécia antiga, as medidas eram consideradas atributo de poder, em Atenas, os padrões de pesos e medidas eram dedicados aos deuses e possuíam uma companhia de 15 oficiais, que eram responsáveis pela guarda dos padrões originais e em Roma eram conservados no templo de Juno. Manter um sistema de medidas uniforme e justo mostrava que o reino estava sob controle e garantia a imagem de um rei justo e protetor dos humildes. Manter a uniformidade das medidas em seu reino era sinônimo de um reinado poderoso, e o rei manifestava o seu poder punindo também aqueles que desrespeitavam ou falsificavam os padrões de medidas (SILVA 2004).

Sempre foi e ainda é crime falsificar uma medida. A própria Bíblia se preocupa com essa questão.

*“Vós não cometereis injustiças nas sentenças, nas medidas de comprimento, de pesos e de capacidade. Vós tereis balanças justas, pesos justos, uma medida justa”. (Lev 9, 35 e 36)*

*“Deus te julgarás da mesma maneira que tu julgares os outros; com a mesma medida com que medires”. (Mat 7,2)*

Mesmo tendo sido, em algumas vezes, muito confuso, devido aos vários padrões que existiam, os sistemas de medidas foram sempre considerados fatores que determinavam justiça social. Os invasores da América Latina, por exemplo, descreveram com admiração a cultura dos Maias e Astecas, dizendo: “É um tipo de gente que vive com justiça, pesos e medidas” (SILVA, 2004).

Infelizmente, todas essas discussões sobre a importância que os pesos e medidas tiveram para o desenvolvimento científico e social de nossa sociedade e sobre evolução dos sistemas de unidades e seus padrões não são feitas nas nossas salas de aula. Os livros didáticos de Física não têm privilegiado esses assuntos e fazem apenas simples apresentações, na grande maioria, do sistema internacional de unidades.

## 4.2 OS PRIMEIROS SISTEMAS DE MEDIDAS

As origens dos pesos e medidas perderam-se no tempo e no espaço. Desde a pré-história, a partir do momento em que o homem deixou de ser nômade, era preciso entender e interferir nos domínios da natureza e se fez presente a necessidade de criar um calendário, estabelecer padrões de medidas que o auxiliassem no plantio, colheita e trocas de mercadorias (LONDRON, 2007).

Afinal, será que as medidas foram inventadas ou sempre existiram? A partir do momento em que o homem teve a necessidade de se relacionar socialmente e precisou dividir alguma coisa, ele teve que recorrer ao recurso de convencionar um peso ou uma medida, criando assim a Metrologia.

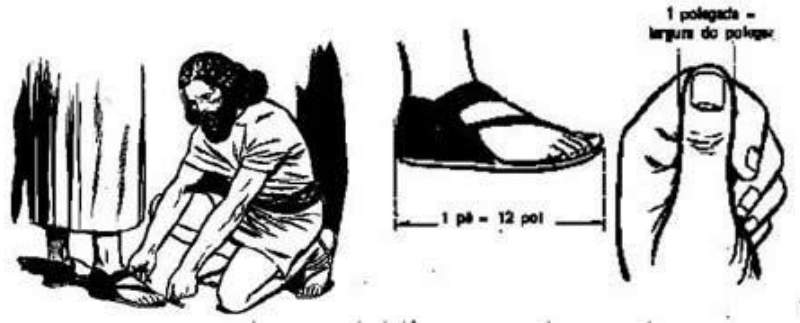
O homem primitivo não necessitava de um sistema de medidas muito sofisticado, precisando apenas ter noções de algumas distâncias, saber se um objeto era “maior que” ou “mais leve que” os outros objetos. As primeiras unidades de comprimento foram estabelecidas tomando como base as dimensões de partes do corpo humano (Figura 5 e 6). Essas unidades eram chamadas de *antropomórficas*, e podemos citar como exemplos, a polegada, o pé, o palmo, os dedos, e o côvado, entre outras mais.

**FIGURA 5** - *Côvado de Maia. Museu do Louvre, Paris – França. Espécie de régua com 52,3 centímetros - unidade de medida utilizada pelos egípcios.*



Fonte: <http://www.amorc.org.br/destaques/destaque16.html>, 28/12/2011; 07:22

FIGURA 6 – Algumas medidas antropomórficas



Fonte: <http://www.fisica.net>, 28/12/2011; 07:30

O homem usou seu próprio corpo como padrão de medida, e esse foi o mais antigo sistema de medidas usado. Para as necessidades da época, era bastante eficiente, já que todos os cidadãos o compreendiam bem e o levavam sempre com eles.

À medida que o homem foi evoluindo e suas necessidades foram aumentando, esse sistema já não era mais tão eficiente, pois havia dedos grandes e pequenos, homens altos e baixos, braços maiores do que os outros e era então necessária a criação de um padrão que não gerasse esse tipo de problema.

Abaixo apresento alguns exemplos de sistemas Pré-Métricos utilizados por alguns povos antigos.

### BABILÔNIOS

*Antebraço humano (50,0 cm) e o beru (10,0 km)*

### MESOPOTÂMIOS

*Palmo (9,30 cm)*

*Polegar (1/3 do palmo)*

*Côvado médio (4 palmos)*

*Côvado grande (5 palmos)*

### EGÍPICIOS

*Remen (derivada do côvado e correspondia à metade da diagonal de um quadrado de lado 7 palmos)*

*Pé e dedo*

*Ser (quatro palmos)*

*Estatura de um homem (21 palmos)*

*Distâncias longas usavam 20000 côvados.*

### GREGOS

*Pé grego (30,8cm)*

*Dedo (1/16 do pé)*

*Plethron (100 pés)*

*Estádio (600 pés, e medida pela primeira vez por Hércules. Era a distância que o homem poderia correr sem respirar)*

### ROMANOS

*Pé Romano (29,6cm)*

*Digitus (1/16 do pé)*

*Palmus (1/4 do pé)*

*Passus (5 pés)*

*Mille Passus (1000 passos ou 5000 pedes)*

*Leuga (7500 pedes)*

### CHINESES

*Um tronco de bambu que era usado como unidade de medida de comprimento a partir da distância entre seus extremos. A invariabilidade era garantida pela imposição de que o tubo emitisse sempre determinada nota musical quando usado como apito. Sua capacidade era usada como unidade de volume, e o peso de determinado material que preenchia o interior do tronco era usado como unidade de massa.*

O homem é muito pequeno, para ser usado como instrumento de medida para grandes distâncias, e ao mesmo tempo muito grande para ser adotado como padrão de medidas universal.



Era necessário criar padrões que fossem imutáveis e universais. O plano então era elaborar um sistema de unidades baseado num padrão da natureza, imutável e indiscutível. Como a natureza não pertence a ninguém, tal padrão poderia ser aceito por todas as nações e se tornaria um sistema universal.

A dificuldade em estudar os padrões antigos, se dá pelo fato que eram confeccionados em couro, madeira ou até mesmo em bambu, sendo assim de durabilidade pequena. A necessidade de haver um padrão de medida era objetivo de vários povos e buscavam fundamentalmente que fossem inalterados. Geralmente esses padrões eram expostos em praças públicas, prefeituras ou entradas de igrejas. Para as unidades de comprimento era comum materializar a unidade construindo uma régua, cujo comprimento indicava a unidade de base e das derivadas. O mais duradouro e mais conservado desses instrumentos se encontra exposto no museu do Cairo, era chamado de *devakh*, e era usado pelos egípcios (SILVA, 2004). O *devakh* era usado para distâncias pequenas, já para longas distâncias os egípcios usavam, por exemplo, a distância alcançada por uma flecha ou então a distância percorrida por um homem a pé durante um dia.

Para o volume, geralmente eram usados recipientes. Estudos constataram que os volumes desses recipientes não variaram muito ao longo dos tempos, mas houve diminuição de seus diâmetros, que se devia ao fato de na Idade Média se oferecer ao cliente um pouco mais do que o devido, por meio de uma medida com transbordo, como quando compramos um saco de pipocas. Diminuindo o diâmetro, diminuía-se também o volume de transbordo. Na figura 7 abaixo, estão algumas peças de vasos achados na Inglaterra e na Holanda, onde foi observada esta propriedade de, apesar dos três terem a mesma capacidade, o volume de transbordo era menor nos vasos de baixo em relação ao de cima.

**Figura 7:** Vasos com diferentes volume de transbordo



**Fonte:** *Noções Elementares de Archeologia, obra Illustrada com 324 gravuras e uma Introduccão, I. De Vilhena Barbosa.*

As unidades de medidas agrárias tinham como base o tempo de trabalho humano e também na quantidade de grãos semeados, sendo essa última mais vantajosa, pois permitia medir melhor o valor econômico da superfície de plantio.

Para unidades de massa, o padrão mais antigo que se conhece, foi o uso de sementes e as primeiras balanças eram do tipo de braços (Figura 8), onde de um lado ficava o padrão e do outro o que se pretendia pesar, foram usadas por cerca de 3000 anos e só em 200 a.C outro tipo de balança também passou a ser utilizado.

**Figura 8:** Balança de braço



**Fonte:** <http://servlab.fis.unb.br>, acesso: 28/12/2011, 07:40

Eram as balanças de braços desiguais, onde o objeto a ser pesado ficava a distância fixa e o padrão possuía um cursor móvel, era a chamada balança romana (Figura 9). Uma balança era de boa qualidade se possuísse Justeza, fidelidade e sensibilidade.

**Figura 9:** Balança Romana



Fonte: <http://servlab.fis.unb.br>, acesso: 28/12/2011; 07:42

Antes da criação do Sistema Métrico, houve várias tentativas de unificação dos sistemas de medidas. De todas, a que obteve maior êxito, foi a de Carlos Magno, que só perdeu força com a queda do poder real durante a Idade Média, quando os senhores feudais implantaram os sistemas de medidas que os interessavam.

A França foi o país com mais tentativas de unificação, talvez por que possuísse cerca de 250 mil unidades de pesos e medidas.

A Inglaterra também fez algumas tentativas de unificação, sem êxito, até que no início do século XVII, devido aos progressos científicos e tecnológicos, criou um sistema metrológico mais preciso e útil, que foi utilizado até o ano de 1975, quando então adotou o Sistema Internacional.

As relações comerciais tiveram papel importante na unificação dos sistemas de medidas, já que as mercadorias importadas eram quantificadas segundo os padrões de quem exportava. Logo, quando determinado país se firmava como exportador, seu sistema de medidas passava a ser incorporado ao do país comprador. O colonialismo é claro

também atuou como fator de exportação dos sistemas de medidas utilizados pelas colônias. Então podemos destacar os processos de colonizações, o mercantilismo e também a revolução industrial no século XVII, como fatores fomentadores da criação de um Sistema Métrico de Unidades.

### 4.3 SISTEMA MÉTRICO

O Sistema Métrico possui um componente social importante, pois representa o símbolo de uma conquista social que pôs fim aos abusos comerciais e estabeleceu uma ordem metrológica na época de sua criação, colaborando para o fim do feudalismo europeu, na época da Revolução Francesa.

Os historiadores atribuem ao padre Gabriel Mouton (1618-1694), matemático e astrônomo, como criador do Sistema Métrico Decimal de Unidades, que em 1670, propôs a adoção da décima milionésima parte do arco de um quarto de um círculo máximo do globo terrestre como unidade de medida linear e com submúltiplos decimais. Na mesma época, Tito Burattini, propôs a utilização de um pêndulo com período de 2 segundos, como medida linear universal. Tentativa que não obteve aceitação, pois na época já se sabia que o período do pêndulo dependia do local do experimento.

Em 1747, o francês La Candamine sugeriu que se adotasse o comprimento do pêndulo de período 2 segundos, no equador, como unidade de medida, proposta que também foi descartada continuando assim as discussões.

Algumas atitudes tomadas pelos franceses facilitaram a instalação futura de um sistema de unidades universal. Entre elas podemos destacar a abolição dos privilégios feudais, a proclamação dos Direitos do Homem e do Cidadão, afirmando a igualdade de todos perante a lei e a retirada do direito que os senhores feudais tinham sobre a metrologia.

Charles Maurice de Talleyrand, em 1790, apresentou na Assembléia Nacional Francesa uma proposta de unificação dos pesos e medidas, que foi votada pela Assembléia Nacional, em 8 de maio, e aceita por Luiz XVI, em 22 de agosto de 1790. Charles propôs que os padrões fossem baseados na natureza, e que fossem utilizados em todo o mundo.

Três foram as propostas para se criar um padrão: a longitude do pêndulo de período dois segundos, a medida de um arco do equador e a medida de um arco de meridiano. A Academia de Ciências Francesa foi a favor da adoção da fração do arco do meridiano como padrão de comprimento.

Ficou então acertado que a décima milionésima parte da quarta parte de um arco de meridiano terrestre (um arco de meridiano de 9,5 graus seria medido entre Dunkerque e Barcelona), medido entre o Equador e o Polo Norte, seria adotada como unidade de medida e seria chamada de *mètre*, termo derivado do latim “*metru*”, que significa “uma medida” e do grego “*metron*”, que significa “medir”. Para a unidade de massa, fixou-se ser um decímetro cúbico de água, em condições especiais a serem determinadas. É importante salientar que uma das inovações dessa proposta foi a adoção do sistema de numeração decimal para o novo sistema de medidas. Antes era comum o uso de outras bases de numeração para os sistemas de medidas, como o duodecimal e o sexagesimal.

A vontade era que as medidas e a preparação dos padrões fossem feitos em sete meses, contudo, devido a problemas políticos e dificuldades práticas em realizar as medições, o trabalho se arrastou por aproximadamente 10 anos. Tendo sido começada em 1792, a medição completa do arco de meridiano e o estabelecimento da unidade de massa somente terminaram em fins de 1798. Todos os procedimentos desta busca pelos padrões de medidas foram publicados em 1810 por Dalambre, que lá descreve com clareza todas as dificuldades e resultados obtidos (LONDRON, 2007).

A confecção de instrumentos de medidas, as medições, os cálculos e verificação final dos resultados exigiram a participação de diversos especialistas.

*O mundo conhecia, pela primeira vez, uma Metrologia comum e de poder, que proporcionava raciocinar e produzir tecnicamente de maneira homogênea. A implantação definitiva ocorreu apenas em 1840, por intermédio de decreto do governo, que exigia a utilização do novo sistema por toda a sociedade.*

*É claro que a reeducação não foi fácil, a adaptação foi lenta e ainda se leva em conta o grande custo para essa readaptação das novas unidades a sociedade (SILVA, 2004).*

No início do século XX, cerca de 30 países já adotavam o novo sistema, e o Brasil já havia adotado em 1872. Com essa expansão do Sistema Métrico, houve a necessidade da criação de um órgão que fosse responsável pela regulamentação e manutenção dos padrões, para os países que o adotassem.

Foi assim que, em 20 de maio de 1875, delegados de 18 países, reunidos em Paris, assinaram o tratado conhecido como “*Convenção do Metro*”, se comprometendo a fundar um organismo internacional denominado *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM), com sede em Paris. O órgão seria encarregado, dentre outras tarefas, de estabelecer os padrões fundamentais, criar e conservar protótipos internacionais.

Foi construída uma peça de platina, com 10% de irídio, para que a variação com a temperatura fosse desprezível, e seu formato, uma seção em “X”, para que fosse mais rígida (Figura 9). Esse novo padrão era ligeiramente menor do que o anterior (600 milionésimos do metro). E em 1889, o metro foi definido como *a distância entre os eixos de dois traços principais marcados na superfície neutra do padrão internacional depositado no Bureau International des Poids et Mesures, conservado a zero grau Celsius, a uma pressão de 760 mmHg, apoiado sobre seus pontos de mínima flexão.*

**FIGURA 9:** Barra de platina-irídio utilizada como protótipo do metro de 1889 a 1960.



Fonte: <http://www.metrologia.ctc.puc-rio.br/>, acesso: 28/12/2011, 07:55

Em 1960, o metro foi redefinido como sendo a medida equivalente a 165.076.373 vezes o comprimento de onda, no vácuo, da radiação laranja-vermelho no isótopo 86 do criptônio. Essa medida apresentava um erro de 4 unidades por bilhão, que ainda assim deixava alguns cientistas desconfortáveis com esse valor.

A partir de 1983, na 17<sup>a</sup> Conferência Geral dos Pesos e Medidas, o metro passou a ser padronizado como a distância percorrida pela luz, no vácuo, durante um intervalo de tempo de  $1/299.792.458$  do segundo.

Hoje em dia, cerca de 45 físicos trabalham nos laboratórios do BIPM, fazendo pesquisas metrológicas, comparando unidades internacionais e verificando padrões. Esses trabalhos são publicados anualmente em forma de relatório detalhado, durante sessões do Comitê Internacional.

O desenvolvimento de um sistema de pesos e medidas com abrangência internacional, tinha não só razões práticas, mas também políticas. O metro foi um símbolo da Revolução Francesa, símbolo da Igualdade entre os povos. A inscrição "*Para todos os tempos e para todos os povos*", aparece na medalha comemorativa da promulgação do novo sistema de unidades de pesos e medidas francês. O lema da Revolução Francesa foi "*Liberdade, igualdade, fraternidade e sistema métrico decimal para todos os tempos e para todos os povos*" (LANDRON, 2007).



## 4.5 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

Um sistema de medidas eficiente é aquele que satisfaz as necessidades das atividades relacionadas à Metrologia e junta determinadas unidades que representam todas as grandezas mensuráveis. Ele deve ser simples, coerente e suficiente para garantir a elaboração de sistemas de equações físicas independentes e compatíveis.

O Sistema Métrico foi o primeiro sistema de medidas coerente, porém restrito, pois só permitia a medição de grandezas lineares e de massa, não incluindo nem mesmo o segundo. Com o avanço tecnológico houve a necessidade de se criar novas unidades e outros sistemas de medidas.

Havia então a necessidade de criar um sistema único que englobasse todas as unidades conhecidas e que pudessem ser usadas internacionalmente. Esse sistema foi criado, em 1960 e denominado Sistema Internacional (SI), o qual é usado por todos os países que são membros do BIPM. Esse novo sistema combinava várias unidades de medidas que usamos atualmente.

Em 1968, o Sistema Internacional foi fundamentado, e os membros do Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) ficaram responsáveis por uma série de atribuições. A tabela 2, abaixo apresenta uma descrição de cada unidade do Sistema Internacional (SI).

**Tabela 2:** Unidades do Sistema Internacional de Unidades

Nome	Símbolo	Tipo de Unidade	Descrição
Metro	m	Comprimento	<i>Comprimento do trajeto percorrido pela luz, no vácuo, durante 1/299792458 segundo.</i>
Quilograma	kg	Massa	<i>Corresponde à massa do protótipo internacional constituído por um cilindro de platina e 10% de irídio, depositado na BIPM, em Sévres, Paris.</i>
Segundo	s	Tempo	<i>Duração de 9192631770 períodos da radiação entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo e césio 133, em repouso, à temperatura de 0K</i>
Ampère	A	Corrente elétrica	<i>Intensidade de corrente constante que, mantida em dois condutores paralelos, retilíneos, de comprimento infinito, de seção circular desprezível e colocados a uma distância de um metro um do outro, no vácuo, produz força igual a <math>2 \cdot 10^{-7}</math> newtons por metro de comprimento.</i>
Kelvin	K	Temperatura termodinâmica	<i>É a fração 1/273, 16 da temperatura termodinâmica no ponto tríplice da água.</i>
Mol	mol	Quantidade de Matéria	<i>Quantidade de matéria de um sistema contendo a mesma quantidade de entidades elementares que contém 0,012 kg de carbono 12.</i>
Candela	cd	Intensidade Luminosa	<i>Intensidade luminosa em dada direção, de uma fonte que emite um raio monocromático de frequência igual a <math>540 \cdot 10^{12}</math> Hz e cuja intensidade energética, nessa direção, é de 1/683 watt por esterradiano.</i>

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br>

A tabela 3 mostra algumas unidades derivadas, expressas a partir das unidades de base.

**Tabela 3:** Unidades derivadas

GRANDEZA	[UNIDADE SI]	
	NOME	SÍMBOLO
superfície	metro quadrado	m <sup>2</sup>
volume	metro cúbico	m <sup>3</sup>
velocidade	metro por segundo	m/s
aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s <sup>2</sup>
número de ondas	metro elevado à potência menos um (1 por metro)	m <sup>-1</sup>
massa específica	quilograma por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>
volume específico	metro cúbico por quilograma	m <sup>3</sup> /kg
densidade de corrente	ampère por metro quadrado	A/m <sup>2</sup>
campo magnético	ampère por metro	A/m
concentração (de quantidade de matéria)	mol por metro cúbico	mol/m <sup>3</sup>
luminância	candela por metro quadrado	cd/m <sup>2</sup>
índice de refração	(o número) um	1*

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/>

Na tabela 4, encontramos unidades do Sistema Internacional derivadas, possuidoras de nomes especiais e símbolos particulares.

**Tabela 4:** Unidades derivadas com nomes especiais.

GRANDEZA DERIVADA	UNIDADE SI DERIVADA			
	NOME	SÍMBOLO	EXPRESSÃO EM OUTRAS UNIDADES SI	EXPRESSÃO EM UNIDADES SI DE BASE
ângulo plano	radiano <sup>(a)</sup>	rad		$m \cdot m^{-1} = 1^{(b)}$
ângulo sólido	esterradiano <sup>(a)</sup>	sr <sup>(c)</sup>		$m^2 \cdot m^{-2} = 1^{(b)}$
freqüência	hertz	Hz		$s^{-1}$
força	newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
pressão, esforço	pascal	Pa	$N / m^2$	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
energia, trabalho, quantidade de calor	joule	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
potência, fluxo de energia	watt	W	$J / s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
quantidade de eletricidade, carga elétrica	coulomb	C		$s \cdot A$
diferença de potencial elétrico, força eletromotriz	volt	V	$W / A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
capacidade elétrica	farad	F	$C / V$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
resistência elétrica	ohm	$\Omega$	$V / A$	$m^2 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
condutância elétrica	siemens	S	$A / V$	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
fluxo de indução magnética	weber	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
indução magnética	tesla	T	$Wb / m^2$	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
indutância	henry	H	$Wb / A$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
temperatura Celsius	grau Celsius <sup>(d)</sup>	$^{\circ}C$		K
fluxo luminoso	lúmen	lm	$cd \cdot sr^{(c)}$	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = cd$
iluminamento	lux	lx	$lm / m^2$	$m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd = m^{-2} \cdot cd$
atividade (de um radionucleico)	becquerel	Bq		$s^{-1}$
dose absorvida, energia específica, (comunicada), kerma	gray	Gy	$J / kg$	$m^2 \cdot s^{-2}$
equivalente de dose, equivalente de dose ambiente, equivalente de dose direcional, equivalente de dose individual, dose equivalente num órgão	sievert	Sv	$J / kg$	$m^2 \cdot s^{-2}$

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br>

Temos mais exemplos na tabela 5, de unidades SI derivadas, cujos nomes e símbolos têm nomes especiais e símbolos particulares.

**Tabela 5:** Unidades do SI com nomes especiais e símbolos particulares

GRANDEZA	UNIDADE SI DERIVADA		
	NOME	SÍMBOLO	EXPRESSÃO EM UNIDADES SI DE BASE
viscosidade dinâmica	pascal segundo	Pa . s	$m^{-1} . kg . s^{-1}$
momento de uma força	newton metro	N . m	$m^2 . kg . s^{-2}$
tensão superficial	newton por metro	N / m	$kg . s^{-2}$
velocidade angular	radiano por segundo	rad / s	$m . m^{-1} . s^{-1} = s^{-1}$
aceleração angular	radiano por segundo quadrado	rad / s <sup>2</sup>	$m . m^{-1} . s^{-2} = s^{-2}$
fluxo térmico superficial, iluminamento energético	watt por metro quadrado	W / m <sup>2</sup>	$kg . s^{-3}$
capacidade térmica, entropia	joule por kelvin	J / K	$m^2 . kg . s^{-2} . K^{-1}$
capacidade térmica específica, entropia específica	joule por quilograma kelvin	J / (kg . K)	$m^2 . s^{-2} . K^{-1}$
energia mássica	joule por quilograma	J / kg	$m^2 . s^{-2}$
condutividade térmica	watt por metro kelvin	W / (m . K)	$m . kg . s^{-3} . K^{-1}$
densidade de energia	joule por metro cúbico	J / m <sup>3</sup>	$m^{-1} . kg . s^{-2}$
campo elétrico	volt por metro	V / m	$m . kg . s^{-3} . A^{-1}$
densidade de carga (elétrica)	coulomb por metro cúbico	C / m <sup>3</sup>	$m^{-3} . s . A$
densidade de fluxo elétrico	coulomb por metro quadrado	C / m <sup>2</sup>	$m^{-2} . s . A$
permissividade	farad por metro	F / m	$m^{-3} . kg^{-1} . s^4 . A^2$
permeabilidade	henry por metro	H / m	$m . kg . s^{-2} . A^{-2}$
energia molar	joule por mol	J / mol	$m^{-2} . kg . s^{-2} . mol^{-1}$
entropia molar, capacidade térmica molar	joule por mol kelvin	J / (mol . K)	$m^2 . kg . s^{-2} . K^{-1} . mol^{-1}$
exposição (raio X e $\gamma$ )	coulomb por quilograma	C / kg	$kg^{-1} . s . A$
taxa de dose absorvida	gray por segundo	Gy / s	$m^2 . s^{-3}$
intensidade energética	watt por esterradiano	W / sr	$m^4 . m^{-2} . kg . s^{-3} = m^2 . kg . s^{-3}$
luminância energética	watt por metro quadrado esterradiano	W / (m <sup>2</sup> . sr)	$m^2 . m^{-2} . kg . s^{-3} = kg . s^{-3}$

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br>

Apresento ainda na tabela 6, prefixos usados pelo Sistema Internacional de Unidades.

**Tabela 6:** Prefixos do Sistema Internacional.

FATOR	PREFIXO	SÍMBOLO	FATOR	PREFIXO	SÍMBOLO
$10^{-1}$	Deci	d	$10^1$	deca	da
$10^{-2}$	Centi	c	$10^2$	hecto	h
$10^{-3}$	Mili	m	$10^3$	quilo	k
$10^{-6}$	Micro	$\mu$	$10^6$	mega	M
$10^{-9}$	Nano	n	$10^9$	giga	G
$10^{-12}$	Pico	p	$10^{12}$	tera	T
$10^{-15}$	Femto	f	$10^{15}$	peta	P
$10^{-18}$	Atto	a	$10^{18}$	exa	E
$10^{-21}$	Zepto	z	$10^{21}$	zetta	Z
$10^{-24}$	Yocto	y	$10^{24}$	yotta	Y

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br>

A seguir apresento as regras para escrita dos nomes e símbolos do SI, adotados pela 9ª CGPM (1948, Resolução 7). Em seguida, foram adotados pela ISO/TC 12 (ISO 31, Grandezas e Unidades).

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/Si.pdf>

- 1) Os símbolos das unidades são expressos em caracteres romanos DAS UNIDADES SI (verticais) e, em geral, minúsculos. Entretanto, se o nome da unidade deriva de um nome próprio, a primeira letra do símbolo é maiúscula.
- 2) Os símbolos das unidades permanecem invariáveis no plural.
- 3) Os símbolos das unidades não são seguidos por ponto.
- 4) O produto de duas ou mais unidades pode ser indicado de uma das seguintes maneiras: *N.m* ou *Nm*

5) Quando uma unidade derivada é constituída pela divisão de uma unidade por outra, pode-se utilizar a barra inclinada (/), o traço horizontal, ou potências negativas.

Por exemplo:  $m/s$  ou  $m.s^{-1}$

6) Nunca repetir na mesma linha mais de uma barra inclinada, a não ser com o emprego de parênteses, de modo a evitar quaisquer ambiguidades. Nos casos complexos devem-se utilizar parênteses ou potências negativas.

Por exemplo:

$m/s^2$  ou  $m.s^{-2}$ , porém não  $m/s/s$ ,  $m.kg/(s^3.A)$  ou  $m.kg.s^{-3}.A^{-1}$ , porém não  $m.kg/s^3/A$ , nem  $m.kg/s^3$ .

7) Os símbolos dos prefixos são impressos em caracteres romanos (verticais), sem espaçamento entre o símbolo do prefixo e o símbolo da unidade.

8) O conjunto formado pelo símbolo de um prefixo ligado ao símbolo de uma unidade constitui um novo símbolo inseparável (símbolo de um múltiplo ou submúltiplo dessa unidade) que pode ser elevado a uma potência positiva ou negativa e que pode ser combinado a outros símbolos de unidades para formar os símbolos de unidades compostas.

Por exemplo:

$$1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ cm}^{-1} = (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1}$$

$$1 \mu\text{s}^{-1} = (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1}$$

$$1 \text{ V/cm} = (1\text{V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m}$$

9) Os prefixos compostos, formados pela justaposição de vários prefixos SI, não são admitidos;

Exemplo:

$1 \text{ nm}$ , porém nunca  $1 \text{ m}\mu\text{m}$

10) Um prefixo não deve ser empregado sozinho.

Exemplo: Se existem  $10^6$  moléculas por  $m^3$ , devemos escrever  $10^6/m^3$ , porém nunca  $M/m^3$

O Sistema Internacional estabeleceu a unificação que já era buscada há muitos anos. Hoje o homem aceita e utiliza passivamente o novo sistema de medidas, cuja base grande parte da população não conhece e nem possui conhecimento suficiente para entendê-lo. As medidas representativas dos sistemas anteriores ao métrico foram extintas e substituídas por outras constantes físicas e o homem nem se deu conta. O texto abaixo, adaptado de entrevista recente, mostra que os padrões continuarão se modificando ao longo dos tempos devido às nossas necessidades e aos avanços tecnológicos que experimentamos.

*Recentemente, o físico americano Richard Davis, do Escritório Internacional de Pesos e Medidas em Sèvres, a sudoeste de Paris, diz que o padrão-quilo parece ter perdido cerca de 50 microgramas (ou 50 milionésimos de grama) quando comparado com a média de várias outras cópias do cilindro. É o equivalente ao "peso" de uma impressão digital.*

*"O mistério é que todos eles foram feitos do mesmo material, muitos foram fabricados ao mesmo tempo e mantidos sob as mesmas condições. Mesmo assim, as massas deles estão se afastando lentamente uma das outras", afirma Davis. "Não temos uma boa hipótese para explicar o fenômeno."*

*A incerteza sobre a massa correta do quilograma pode afetar todos os países que, de alguma forma, o usam como padrão de medida. Para os cientistas, a "constante inconstante" é um incômodo, ameaçando o cálculo de coisas como a geração de eletricidade. "Essas medidas dependem da medição de massa, e é inconveniente que a definição do quilograma seja baseada numa anomalia", diz Davis.*



*Mas, por sorte, "para os leigos isso não vai significar muita coisa. O quilo vai continuar a ser o quilo, e os pesos da balança ainda estarão corretos", explica ele.*

*De todos os quilogramas do mundo, só o de Sèvres realmente vale. Guardado num cofre triplo, ele raramente sai do palácio onde está guardado em geral apenas para ser comparado com outros cilindros que vêm do mundo todo. "Ainda não dá para saber com certeza se o original ficou mais leve ou se os protótipos que ficam em cada país se tornaram mais pesados", diz Michael Borys, pesquisador do Instituto Nacional de Medidas da Alemanha. "Mas, por definição, só o original representa exatamente um quilograma."*

*A flutuação mostra como o progresso tecnológico está deixando a medida mais básica da ciência em maus lençóis. Em 1889, quando foi forjado com uma liga de platina e irídio, o cilindro era um grande avanço. Em breve, um grupo de cientistas vai se reunir em Paris e tentar sugerir métodos mais precisos para determinar o padrão do quilo. (Adaptado - <http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL104399-5603,00.html>)*

## 4.6 O INMETRO

*O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro* - é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial, que é o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

Sua missão é prover confiança à sociedade brasileira nas medições e nos produtos, através da metrologia e da avaliação da conformidade, promovendo a harmonização das relações de consumo, a inovação e a competitividade do País.

Durante o Primeiro Reinado, as tentativas de uniformização das unidades de medida brasileiras se apoiaram em padrões oriundos da Corte Portuguesa. Em 1830, um ano antes da abdicação ao trono por D. Pedro I, o deputado gaúcho Cândido Baptista de Oliveira sugeriu a adoção do sistema métrico decimal em vigor na República Francesa.

Entretanto, apenas em 26 de junho de 1862, já no Segundo Reinado, Dom Pedro II promulga a Lei Imperial nº 1157 e com ela oficializa, em todo o território nacional, a utilização do sistema métrico decimal francês. O Brasil foi uma das primeiras nações a adotar o novo sistema como signatário da Convenção do Metro, instituída em 20 de maio de 1875.

O crescimento industrial no século XX fortaleceu a necessidade de criar no Brasil instrumentos mais eficazes de controle que viessem a impulsionar e proteger produtores e consumidores. Em 1961, foi criado o Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM), centralizando a política metrológica nacional. Para a plena execução de suas competências, ele adotou, em 1962, o [Sistema Internacional de Unidades \(SI\)](#), consolidado pela 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas em 1960.

Os Órgãos Estaduais, hoje conhecidos como Órgãos Delegados, recebem a incumbência de execução de atividades metrológicas, atingindo cada região do País.

O crescimento econômico verificado no Brasil ao final da década de 1960 motivou novas políticas governamentais de apoio ao setor produtivo. A necessidade de acompanhar o mundo na sua corrida tecnológica, no aperfeiçoamento, na exatidão e, principalmente, no atendimento às exigências do consumidor, trouxe novos desafios para a indústria. Em 1973, nasceu o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, o Inmetro.

Dentre as competências e atribuições do Inmetro destacam-se:

- Executar as políticas nacionais de metrologia e da qualidade;
- Verificar a observância das normas técnicas e legais, no que se refere às unidades de medida, métodos de medição, medidas materializadas, instrumentos de medição e produtos pré-medidos;
- Manter e conservar os padrões das unidades de medida, assim como implantar e manter a cadeia de rastreabilidade dos padrões das unidades de medida no País, de forma a torná-las harmônicas internamente e compatíveis no plano internacional, visando, em nível primário, à sua aceitação universal e, em nível secundário, à sua utilização como suporte ao setor produtivo, com vistas à qualidade de bens e serviços;
- Fortalecer a participação do País nas atividades internacionais relacionadas com metrologia e qualidade, além de promover o intercâmbio com entidades e organismos estrangeiros e internacionais;
- Prestar suporte técnico e administrativo ao Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Conmetro, bem assim aos seus comitês de assessoramento, atuando como sua Secretaria-Executiva;

- Fomentar a utilização da técnica de gestão da qualidade nas empresas brasileiras;
- Planejar e executar as atividades de acreditação de laboratórios de calibração e de ensaios, de provedores de ensaios de proficiência, de organismos de certificação, de inspeção, de treinamento e de outros, necessários ao desenvolvimento da infra-estrutura de serviços tecnológicos no País; e
- Desenvolvimento, no âmbito do Sinmetro, de programas de avaliação da conformidade, nas áreas de produtos, processos, serviços e pessoal, compulsórios ou voluntários, que envolvem a aprovação de regulamentos.

Nesse capítulo foi apresentado um aparato histórico que o professor deve conhecer e pode selecionar os episódios importantes para transmitir para os seus alunos, para que ele percebe que houve uma enorme discussão até que se tenha chegado ao Sistema de Medidas que usamos hoje.

No próximo capítulo trataremos da metodologia utilizada para o desenvolvimento da atividade. Falaremos da sua importância, seus objetivos, materiais utilizados e mostraremos os roteiros utilizados pelos alunos.

## **5. DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE**

### **5.1 IMPORTÂNCIA DA ATIVIDADE**

Os professores, tanto do ensino fundamental quanto do ensino médio, em geral acreditam que a melhoria do ensino de ciências passa pela introdução de aulas práticas no currículo. O mais estranho é que muitas escolas possuem equipamentos e laboratórios que, no entanto, por algumas razões, nunca são utilizados, por falta de tempo ou por falta de dedicação por parte da escola ou professores.

Outro fato a se destacar é que em muitos países onde o uso de aulas práticas e onde o laboratório faz parte da vida acadêmica do aluno, se questiona a eficácia do uso do laboratório nas aulas. O que é unânime nessa discussão é quanto à não utilização do uso do laboratório da forma tradicional, devido ao impacto negativo que gera nos estudantes. Nesse tipo de laboratório, os alunos geralmente trabalham em grupos e seguem instruções de um roteiro e o objetivo da atividade é o de testar uma lei científica e ver na prática o que acontece na teoria. Há méritos nessa atividade, tais como: trabalhar em grupos, o que possibilita a maior interação entre os integrantes do grupo o que facilita também a manipulação de instrumentos específicos e o caráter mais informal do laboratório, em contraposição à formalidade das demais aulas (BORGES, 2002).

Nessas atividades os alunos dedicam pouco, ou nenhum tempo, à análise e interpretação de resultados e muitas vezes não entendem o significado da atividade realizada, percebendo a atividade prática como eventos, isolados, que têm o objetivo de chegar à “resposta certa”. A questão que se tem colocado é sobre o papel do laboratório na aprendizagem escolar e de como ele deve ser inserido.

É claro que ele pode e deve ter papel relevante na aprendizagem de ciências de qualidade. Temos que pensar em como mudar o sistema escolar encontrando novas maneiras de usar as atividades prático-experimentais, tornando-as mais criativas e eficientes e com propósitos bem definidos.

Podemos destacar alguns objetivos implícitos que os professores e estudantes tradicionalmente associam aos laboratórios de ciências: verificar e comprovar leis e teorias científicas, ensinar o método científico, facilitar a aprendizagem compreendendo os conceitos ensinando habilidades práticas.

Temos que criar novas alternativas para uma melhor aplicação de nossas atividades práticas. Uma alternativa que vem sendo testada e defendida é a utilização dos laboratórios abertos, buscando atividades de caráter investigativo, utilizando problemas abertos, onde os alunos não ficam presos a roteiros estruturados, ou a instruções verbais dos professores.

Segundo Azevedo (2004), há diferença entre problemas abertos e questões abertas. Em uma questão aberta propomos ao aluno fatos relacionados ao seu dia-a-dia, e cuja explicação está relacionada a assuntos já discutidos em sala. Já um problema aberto, são situações mais gerais em que são abordadas na classe todas as etapas da solução do problema, desde as condições de contorno até as possíveis soluções e matematizações, diferenciando assim das questões abertas que abrangem apenas a parte conceitual

Na tabela 7, observamos comparação entre as atividades investigativas e os laboratórios tradicionais, onde aspectos como grau de abertura, objetivo e atitude do estudante são comparados.

**Tabela 7:** Novos Rumos para o laboratório Escolar de Ciências

<i>Aspectos</i>	<b>Laboratório Tradicional</b>	<b>Atividades Investigativas</b>
<i>Quanto ao grau de abertura</i>	Roteiro pré-definido ← Restrito grau de abertura	Variado grau de abertura → Liberdade total no planejamento
<i>Objetivo da</i>	Comprovar leis	Explorar fenômenos
<i>Atitude do estudante</i>	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

**Fonte:** A. Tarciso Borges retirado Cad. Brás. Ens. Fís., v. 19, n.3: p20, dez. 2002.

No trabalho que desenvolvemos, queremos deixar que o grupo de alunos progressivamente assuma maior controle de seu papel dentro da atividade, sendo monitorados pelo professor que deve guiar este progresso. Essa proposta demanda algum tempo e cuidado, pois a orientação do professor deve levar os alunos a uma nova maneira de resolver os problemas. As perguntas devem ser bem feitas e na hora certa, para proporcionar aos grupos possibilidades de construir a sua solução, levando a uma aprendizagem dos conceitos.

O ponto central de toda essa discussão é: mesmo onde temos tradição de aulas de laboratório, em geral, elas acabam se tornando improdutivas ou rotineiras, pois o currículo propõe metas que estão fora da realidade do laboratório escolar. Precisamos buscar um laboratório que faça sentido para a escola e para o aluno, que seja investigativo e que busque a exploração de fenômenos, tendo grau de abertura variado, liberdade no planejamento e responsabilidade na investigação (BORGES, 2002).

Uma forma de entender a relação entre os problemas abertos e fechados é analisando o nível de investigação do problema. Proposta sugerida por (TAMIR,1991) e representada na tabela 8, onde podemos diferenciar os quatro níveis de investigação.

**Tabela 8:** Níveis de Investigação

NÍVEL DE INVESTIGAÇÃO	PROBLEMAS	PROCEDIMENTOS	CONCLUSÕES
NÍVEL 0	DADOS	DADOS	DADOS
NÍVEL 1	DADOS	DADOS	EM ABERTO
NÍVEL 2	DADOS	EM ABERTO	EM ABERTO
NÍVEL 3	EM ABERTO	EM ABERTO	EM ABERTO

**Fonte:** Borges (2002), Cad. Bras. Ens. Fís., v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.

Vale ressaltar que esses níveis não são para serem seguidos na ordem numérica, podendo ser aplicadas em qualquer ordem de acordo com a necessidade do professor e com o objetivo da atividade proposta.

## **5.2 OBJETIVOS DA ATIVIDADE PROPOSTA**

Entre os objetivos principais desta atividade podemos destacar:

- Identificar se há conceitos prévios sobre o tema.
- Gerar envolvimento do aluno através da argumentação fazendo com que ele não encare a ciência como instrumento autoritário de validação dos fatos.
- Identificar aspectos envolvidos na construção de um “clima” adequado para os alunos argumentarem na direção da cultura científica.
- Buscar uma relação entre a linguagem científica e a do cotidiano usada pelo aluno.
- Visar à construção de explicações coletivas.
- Fazer com que os estudantes tomem consciência de suas idéias sobre o assunto discutido buscando razões para dar sustentações a elas, criando assim um espírito crítico por parte desses estudantes.
- Identificar elementos básicos que compõem um argumento e suas relações (PADRÃO DE ARGUMENTO DE TOULMIN), (TOULMIN, 2006).



### **5.3 TEMA DA FÍSICA**

O tema escolhido para a atividade investigativa foi Sistema Métrico.

As medidas surgiram da necessidade de estabelecer comparações que permitissem o escambo entre as pessoas, quando as primeiras comunidades começaram a dispor de excedente agrícola, alguns milhares de anos antes de Cristo. Era preciso criar um sistema de equivalência entre o produto e um padrão previamente determinado que fosse aceito por todos os membros do grupo. As unidades primitivas tomaram como referência o corpo humano; palmos, braços e pés ajudavam a dimensionar comprimento e área. Depois, vieram as balanças, as réguas, as ânforas e outras tantas medidas até os primeiros movimentos para a criação, em 1960, do sistema internacional de unidades, que estabelece grandezas universais para serem empregadas mundialmente.

As variáveis exploradas durante a investigação foram: o instrumento utilizado para as medições (partes do corpo) e o objeto a ser medido (Dimensões da sala de aula e instrumentos que nela estão).

### **5.4 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES**

A atividade foi aplicada no Colégio Pedro II (UESC III- Unidade Escolar São Cristovão III), localizado na zona Norte do Rio de Janeiro, em alunos da primeira série do ensino médio regular. Embora durante todo o ano, nesta turma, tenham sido desenvolvidas atividades envolvendo investigações na resolução de problemas abertos em Física, foram escolhidos dois dias, com duas atividades diferentes, para a coleta dos dados para análise do tema proposto.

Cada atividade foi desenvolvida durante dois tempos de aula (45 minutos cada tempo), em dias diferentes, com os alunos divididos em grupos de, no máximo, cinco alunos e, no mínimo, três alunos. Como a turma possui 31 alunos, o número de grupos não foi grande, como podemos observar na figura 10, possibilitando melhor qualidade no desenvolvimento da atividade e na coleta dos dados.

Cada grupo é identificado por um número e os alunos do grupo também receberam um número que os identificam durante a transcrição dos dados.

**Figura 10:** Grupos de alunos desenvolvendo atividade em sala de aula



Para a coleta dos dados usamos gravadores mp3, um para cada grupo, e uma câmera filmadora, que durante toda a atividade filmou cada grupo por um determinado intervalo de tempo. Sobre a interferência das câmeras, embora haja esta preocupação por parte de alguns pesquisadores, que defendem que do ponto de vista teórico não podemos dizer que não há interferência, já que estamos introduzindo um instrumento que interfere no fenômeno a ser estudado, não tivemos esta preocupação, pois atividades anteriores já haviam sido desenvolvidas com a utilização de câmeras e foi percebido que o instrumento não causava desconforto ou inibição nos alunos. Isto veio confirmar o que dizem os autores Locatelli e Carvalho (2006).

(...) *Na verdade a lente de uma câmera, encarnada na sala de aula, tendo um pesquisador por trás, permite ultrapassar os limites do observável na relação aos processos de ensino e aprendizagem e nos leva, sem dúvidas, a uma mudança de paradigma nas pesquisas didáticas (p 32).*

No início de cada uma das duas atividades foi apresentado um problema com o objetivo de motivar os grupos. Foram usados como motivadores, além de uma situação problema que despertava curiosidades, fugindo dos problemas tradicionais de Física, também eram apresentados vídeos, imagens e texto, buscando assim envolvimento dos alunos na atividade, proporcionando motivação e melhores resultados.

A primeira atividade desenvolvida foi chamada de *DESAFIANDO AS UNIDADES DE MEDIDA*, e os grupos tinham que comparar preços de produtos de um supermercado fictício, *PARE E COMPARE*, com os preços das grandes redes de supermercados que conhecemos. Os alunos receberam o prospecto com os produtos e preços de várias redes de supermercados e do *PARE E COMPARE*, e o grande diferencial desta atividade eram as unidades utilizadas no supermercado fictício, que tinha por objetivo, gerar discussões nos grupos para que fizessem relações corretas entre as diferentes unidades (Figura 11). No roteiro do aluno, temos a propaganda dos produtos do supermercado *PARE E COMPARE* que os alunos receberam para a atividade.

**Figura 11:** alunos desenvolvendo atividade *Desafiando as unidades de medidas*.



Antes do início da discussão a turma assistiu alguns vídeos do youtube que tratavam das irregularidades nos pesos e medidas dos produtos em alguns supermercados e mostrando também o trabalho dos órgãos reguladores, como o Instituto Nacional de Pesos e Medidas, nas investigações das irregularidades. O INPM verificou que 60% dos produtos da cesta básica do trabalhador brasileiro estavam fora dos padrões de medidas e o campeão, já há alguns anos, é o rolo do papel higiênico, sendo a diferença entre o real e o que está escrito nas embalagens chega a 30%.

Desta forma, tentamos mostrar ao aluno, antes do início da atividade, a importância do tema abordado. O aluno assim percebe que o problema que está resolvendo é do dia a dia das pessoas, do seu pai e da sua mãe e que tem a ver diretamente com o bolso de sua família.

Um dos objetivos da atividade era aproveitar o tema como facilitador na construção de uma atividade didática em CTS, em que o aluno é preparado para *tomar decisões inteligentes e que compreenda a base científica da tecnologia e a base prática das decisões*, (SANTOS e MORTIMER, 2002).

Na atividade desenvolvida, no segundo dia, os grupos tiveram a oportunidade de efetuar medições. Também usamos no início da atividade, como motivação, trailers de dois filmes: Star Trek e a Volta do Todo Poderoso, e um texto que falava sobre a construção de uma réplica da Arca de Noé, por um engenheiro holandês, que será usada nos Jogos Olímpicos de 2012. Os alunos receberam um roteiro, e tinham que responder e justificar a pergunta abaixo:

***Em um futuro não muito distante...***

***O nosso planeta está ameaçado de extinção devido à colisão de um imenso asteróide de 100 km de diâmetro. Será o fim da vida na Terra. Devido às circunstâncias do desastre iminente, não há como reconstruir a Arca de Noé e salvar uma casal de cada ser do planeta para uma futura proliferação das espécies. Nossa única chance é a utilização da Enterprise, única nave capaz de viajar para fora do nosso sistema em busca de novos lares, construída com a mais avançada tecnologia conhecida.***

***Você acha que seria possível colocar um casal de cada espécie na Enterprise, assim como foi feito por Noé com sua arca? Justifique a sua resposta.***

As unidades diferentes usadas no projeto da Arca e da Enterprise, levaram os estudantes a buscarem uma relação entre essas unidades, o côvado e o metro, para efetuarem as devidas comparações que os levariam à resposta. É importante nessa atividade que o aluno perceba que o ato de efetuar uma medição consiste em fazer uma comparação entre o tamanho do instrumento e o que se pretende medir. No início da segunda atividade os alunos deveriam medir o comprimento de uma sala de aula usando duas partes do seu corpo como instrumento de medida (Figura 12).

A necessidade de se escolher duas partes do corpo é justamente para que percebam a vantagem de uma sobre a outra durante as medições que realizam. Outra análise a ser feita é de como os alunos irão organizar os dados obtidos.

**Figura 12:** Alunos medindo o tamanho da sala usando como instrumentos partes do corpo.



Nesse momento se espera uma boa discussão entre os integrantes dos grupos sobre a melhor estratégia de medição e de organização dos dados.

Depois de todos os grupos realizarem suas medidas, o professor deve tomar os dados e organizá-los no quadro com a ajuda dos alunos, construindo uma tabela para facilitar a visualização.

O professor agora tem papel crucial ao conduzir uma discussão sobre a escolha, pela turma, de qual o melhor instrumento dentre todos os utilizados para a medição do comprimento da sala. Após uma nova medição dos alunos com o “melhor” instrumento, foi feita nova discussão sobre os resultados diferentes obtidos, embora todos tenham usado o mesmo instrumento. Espera-se que comecem a perceber que a escolha de instrumentos de medidas utilizando partes do corpo não seja conveniente.

Queremos que o aluno perceba que de acordo com o que se deseja medir é mais interessante usar um instrumento do que outro.

Buscando essa percepção do aluno, foi pedido que fizessem a medida de um objeto cujo tamanho era menor do que o objeto medido anteriormente, de maneira que não fosse prático para eles a utilização dos mesmos instrumentos.

Foi deixado então sobre cada mesa um lápis, que da mesma forma que no comprimento da parede, usando dois instrumentos que seriam partes do corpo, deveriam ser medidos. As medidas foram feitas, e como o esperado, os instrumentos utilizados eram menores, dedos, olhos, orelhas, entre outros. Após mais uma discussão, foi escolhido e com o auxílio do professor, qual o melhor instrumento para medir o lápis, e da mesma forma que nas medições anteriores, os alunos perceberam que embora os instrumentos fossem iguais as medidas não tinham o mesmo valor. Na antiguidade a maioria dos povos tinha dois padrões de medidas, que eram usados para pequenas e longas distâncias. Esse detalhe pode ser explorado pelo professor já que provavelmente a escolha dos instrumentos a serem utilizados pelos alunos, para medir a sala e a barra de madeira, serão diferentes assim como antigamente.

Após essas duas medições sobre a utilização de partes do corpo como padrões de medidas, achamos conveniente a leitura de um texto, mostrado a seguir, para fomentar a discussão sobre medir utilizando partes do corpo.

***O homem tomou então a si próprio como padrão de medida. Esse foi o sistema de medidas mais antigo e universal, pois um sistema de medidas definido dessa forma era altamente cômodo; todas as pessoas o compreendiam facilmente, além de portá-lo sempre consigo mesmas... Essa diversidade de medidas obstruía a comunicação e o comércio e atrapalhava a administração racional do Estado. Além disso, tais medidas raramente eram precisas. "Até o fim do século XVIII, a precisão não era essencial porque a prática capitalista ainda não estava difundida no mundo", diz o historiador da ciência Shozo Motoyama, da USP. "A precisão adquire importância quando se passa a considerar o lucro e o ganho que cada um pode obter numa transação econômica". A decisão de criar um modelo de unidades que fosse universal, prático e exato finalmente se concretizou com a Revolução Francesa, em 1789. O rompimento com as tradições feudais abriu caminho para idéias inovadoras...***

**...O plano era elaborar um sistema de unidades baseado num padrão da natureza, imutável e indiscutível. Como a natureza não pertence a ninguém, tal padrão poderia ser aceito por todas as nações e se tornaria um sistema universal.** (Adaptado:<http://www.topografia.ufsc.br/galeria-edidas.html>, 06:48, 27/09/2011).

Esse deve ser o momento mais desafiador para os alunos e o professor durante a atividade. **O plano é elaborar um sistema de unidades baseado num padrão da natureza, imutável e indiscutível. Como a natureza não pertence a ninguém, tal padrão poderia ser aceito por todas as nações e se tornaria um sistema universal.** Uma pedra, uma barra de metal (já usada historicamente), algo que seja relativamente imutável e que possa servir de padrão para a turma.

Após sugestão de todos os grupos, o professor encaminha a escolha do PADRÃO da turma, procurando explorar com os alunos as vantagens e desvantagens da escolha tendo como experiência as medições feitas anteriormente utilizando partes do corpo.

No roteiro do aluno, se encontra quanto mede um côvado, e ele poderá relacionar essa medida e o metro com o PADRÃO da turma, tendo assim ferramentas para encontrar as dimensões da Enterprise e da Arca de Noé usando como padrão as unidades que eles criaram. Com as dimensões já calculadas o aluno poderá verificar e responder, se será ou não possível, que um casal de cada espécie entre na Enterprise.

A seguir serão apresentados os dois roteiros dos alunos utilizados durante as atividades.



## 5.5 MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados durante as atividades assim como os objetivos de sua utilização se encontram na tabela 9, abaixo.

**Tabela 9:** Materiais e objetivos

<b>Materiais</b>	<b>Objetivo</b>
Sala de aula	Medir comprimento
Pedaço de madeira	Medir o tamanho
Folder de supermercados	Comparar preços

## 5.6 ROTEIRO DA ATIVIDADE

### PRIMEIRA PARTE

#### **DESAFIANDO AS UNIDADES DE MEDIDA**

Preparem-se! Vem aí uma nova rede de supermercados pronta para brigar de igual para igual na disputa de consumidores que buscam qualidade e preços baixos.


### **SUPERMERCADO Pare & Compare**

Dona Ana, funcionária do CPIL, ficou sabendo da inauguração de uma das lojas da rede aqui em São Cristovão, e não poderia perder a oportunidade de ir conhecer o novo mercado e, quem sabe, já levar alguns produtos para casa, se valesse à pena, é claro!

Ela voltou para casa um pouco frustrada e sem comprar nenhum produto, pois, ao analisar o prospecto na entrada da loja com a propaganda e preços dos produtos, ficou confusa com as unidades utilizadas e não sabia se os preços estavam convidativos ou não.




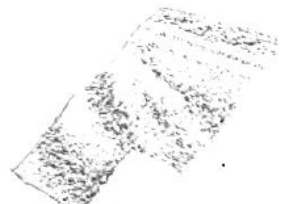
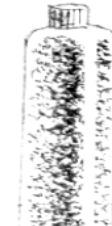

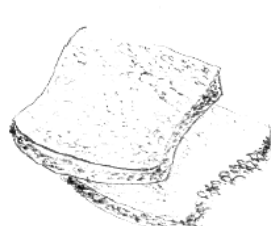
Gostaria de propor a vocês, hoje, o desafio de verificar se os produtos vendidos na nova rede de supermercados estão realmente baratos ou se temos mais uma propaganda enganosa. Vocês estão recebendo uma propaganda da rede de supermercados **PARE & COMPARE (Figura 1)** e também de uma grande rede de supermercados já conhecida de todos para usar como referência, caso seja necessário. Cabe a cada grupo avaliar se os produtos da rede **PARE & COMPARE** estão com seus preços vantajosos em relação aos valores de mercado.

Figura 1: Prospecto de propaganda do supermercado Para & Compare.



# SUPERMERCADO

## Pare & Compare

 <p style="color: red; font-weight: bold;">PIZZA SABORES</p> <p>1000 cm<sup>2</sup></p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 15,50</p>	 <p style="color: red; font-weight: bold;">BANANA</p> <p>RS 0,50 UNIDADE</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 0,50</p>	 <p style="color: red; font-weight: bold;">BARBEADOR</p> <p>RS 12,25 1m<sup>2</sup> de Barba</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 12,25</p>
 <p style="color: red; font-weight: bold;">ESPAGUETE</p> <p>pet 150m</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 1,65</p>	 <p style="color: red; font-weight: bold;">MANTEIGA DE GARRAFA</p> <p>600 ml</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 8,49</p>	 <p style="color: red; font-weight: bold;">TOALHA DE BANHO</p> <p>1 kg</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 30,00</p>
 <p style="color: red; font-weight: bold;">AZEITONA</p> <p>100 UNIDADES</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 4,99</p>	 <p style="color: red; font-weight: bold;">FELJÃO</p> <p>PET 600 ml</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 1,99</p>	 <p style="color: red; font-weight: bold;">SORVETE</p> <p>uma bola</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 0,49</p>
 <p style="color: red; font-weight: bold;">SANDÁLIAS</p> <p>até 5 anos de caminhada</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 45,50</p>	 <p style="color: red; font-weight: bold;">LÂMPADA FLUORESCENTE</p> <p>1800 horas de uso</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 9,99</p>	 <p style="color: red; font-weight: bold;">PÃO DE FORMA FATIA</p> <p style="background-color: #ccc; padding: 2px 5px;">RS 0,30</p>

Na tabela 1, abaixo estão listados os produtos e ao lado um espaço para os comentários de cada grupo.

**Tabela 1:** Preferências entre os produtos dos supermercados P&C e outros.

<b>Produto</b>	<b>Comentários</b>
PIZZA	
BANANA	
BARBEADOR	
MACARRÃO	
MANTEIGA	
TOALHAS	
AZEITONA	
FEIJÃO	
SANDÁLIAS	
SORVETE	
LÂMPADAS	
PÃO	

## SEGUNDA PARTE

### Da Arca de Noé à Enterprise

#### TEXTO 1

“Então disse Deus a Noé: O fim de toda a carne é vindo perante a minha face; porque a terra está cheia de violência; e eis que os desfarei com a terra.

Faze para ti uma arca de madeira de Gofer (Figura 2): farás compartimentos na arca, e a betumarás por dentro e por fora com betume.

E desta maneira farás: de **trezentos côvados o comprimento da arca, e de cinquenta côvados a sua largura e de trinta côvados a sua altura.**

Farás na arca uma janela, e de **um côvado a acabarás em cima**; e a porta da arca porás ao seu lado; far-lhe-ás andares baixos, segundos e terceiros(...)

Assim fez Noé: conforme a tudo o que Deus lhe mandou, assim o fez”  
(Gêneses, 6, 13-21)

**Figura 2:** Ilustração da Arca de Noé



**Fonte:** *Uma atividade investigativa envolvendo sistema métrico* Física na Escola, v. 12, n. 2, 2011

## TEXTO 2

Spock: estamos a uma **distância aproximada de 12 parsecs** da nave do capitão

Scott: jamais chegaremos a tempo de salvar a nave.

Spock: seria possível se conseguíssemos **velocidade de dobra quatro**.

Scott: mas essa velocidade é impossível de ser atingida.

Spock: você já descobriu como fazer isso.

Scott: Não sou capaz gerar essa velocidade na Enterprise.

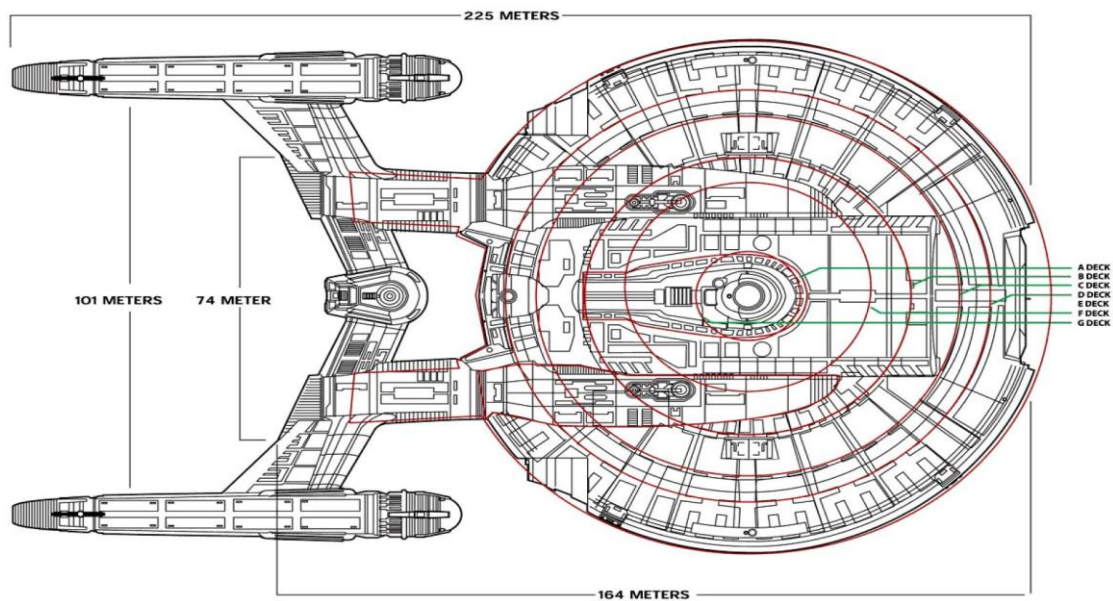


Figura 3: Nave Enterprise, fonte: <http://www.startrek-wallpapers.com/Enterprise/Enterprise-NC01-Schematics/>

### TEXTO 3

*Em um futuro não muito distante... O nosso planeta está ameaçado de extinção devido à colisão de um imenso asteróide de 100 km de diâmetro. Será o fim da vida na Terra. Devido às circunstâncias do desastre iminente, não há como reconstruir a Arca de Noé e salvar um casal de cada ser do planeta para uma futura proliferação das espécies. Nossa única chance é a utilização da Enterprise, única nave capaz de viajar para fora do nosso sistema em busca de novos lares, construída com a mais avançada tecnologia conhecida. Você acha que seria possível colocar um casal de cada espécie na Enterprise, assim como foi feito por Noé com sua arca? Justifique a sua resposta.*

### RESPONDA

- 1) Utilizando alguma parte do seu corpo, meça o comprimento dessa sala. Cada grupo escolhe duas partes diferentes. Organize as medidas obtidas, indicando também vantagens e desvantagens da escolha.
- 2) Preencha a tabela 2 com os dados de todos os grupos fornecidos pelo professor.

**Tabela 2**

<b>Grupo</b>	<b>Instrumento I</b>	<b>Instrumento II</b>	<b>Medida I</b>	<b>Medida II</b>
<b>I</b>				
<b>II</b>				
<b>III</b>				
<b>IV</b>				

<b>V</b>				
<b>VI</b>				

- 3) Utilizando o melhor instrumento de medida escolhido pela turma, cada grupo mede o comprimento da sala e preenche os dados na tabela 3.

**Tabela 3.**

<b>Grupo</b>	<b>Medida usando o INSTRUMENTO I</b>
<b>I</b>	
<b>II</b>	
<b>III</b>	
<b>IV</b>	
<b>V</b>	
<b>VI</b>	

- 4) Utilizando partes do seu corpo, meça o comprimento do lápis que está sobre a mesa. Cada grupo deve escolher duas partes diferentes. Organize as medidas obtidas, indicando também vantagens e desvantagens dessa escolha.
- 5) Preencha a tabela 4, abaixo, com os dados de todos os grupos fornecidos pelo professor.

**Tabela 4.**

<b>Grupo</b>	<b>Instrumento I</b>	<b>Instrumento II</b>	<b>Medida I</b>	<b>Medida II</b>
<b>I</b>				
<b>II</b>				
<b>III</b>				
<b>IV</b>				
<b>V</b>				
<b>VI</b>				

- 6) Utilizando o melhor instrumento de medida escolhido pela turma, cada grupo mede novamente o comprimento do lápis fornecido para a atividade e preenche a tabela 5.



**Tabela 5**

<b>Grupo</b>	<b>Medida usando o INSTRUMENTO II</b>
<b>I</b>	
<b>II</b>	
<b>III</b>	
<b>IV</b>	
<b>V</b>	
<b>VI</b>	

#### **TEXTO 4**

...Essa diversidade de medidas obstruía a comunicação e o comércio e atrapalhava a administração racional do Estado. Além disso, tais medidas raramente eram precisas. *"Até o fim do século XVIII, a precisão não era essencial porque a prática capitalista ainda não estava difundida no mundo"*, diz o historiador da ciência Shozo Motoyama, da USP. *"A precisão adquire importância quando se passa a considerar o lucro e o ganho que cada um pode obter numa transação econômica"*. A decisão de criar um modelo de unidades que fosse universal, prático e exato finalmente se concretizou com a Revolução Francesa, em 1789. O rompimento com as tradições feudais abriu caminho para idéias inovadoras... O plano era elaborar um sistema de unidades baseado num padrão da natureza, imutável e indiscutível. Como a natureza não pertence a ninguém, tal padrão poderia ser aceito por todas as nações e se tornaria um sistema universal.

- 7) A utilização dos sistemas apresentados anteriormente, utilizados pelos diversos povos ao longo da história são bons ou não para serem usados como padrão de unidades? Justifique

8) Usando os dados do anexo, tente agora responder a pergunta proposta no início da atividade e comparar os tamanhos da Enterprise e da Arca de Noé.

## **ANEXO**

### **Os sistemas Pré-métricos**

#### **Babilônios**

Antebraço humano (50 cm) e o beru (10 km)

#### **Mesopotâmios**

Palmo (9,30 cm)

Polegar (1/3 do palmo)

Côvado médio (4 palmos)

Côvado grande (5 palmos)

#### **Egípcios**

Remen (derivada do côvado e correspondia a metade da diagonal de um quadrado de lado 7 palmos)

Pé e dedo

Ser (quatro palmos)

Estatua de um homem (21 palmos)

Distâncias longas usavam 20000 côvados.

#### **Gregos**

Pé grego (30,83cm)

Dedo (1/16 do pé)

Plethron (100 pés)

Estádio (600 pés, e medida pela primeira vez por Hércules. Era a distância que o homem poderia correr sem respirar)

### **Romanos**

Pé Romano (29,57cm)

Digitus (1/16 do pé)

Palmus (1/4 do pé)

Passus (5 pés)

Mille Passus (1000 passos ou 5000 pedes)

Leuga (7500 pedes)

### **Chineses**

Um tronco de bambu que era usado como unidade de medida de comprimento a partir da distância entre seus extremos. A invariabilidade era garantida pela imposição de que o tubo emitisse sempre determinada nota musical quando usado como apito. Sua capacidade era usada como unidade de volume, e o peso de determinado material que preenchia o interior do tronco era usado como unidade de massa.

## **Sistema Pré-Métrico no Brasil**

### **Brasil Colônia**

Palmo (25 cm)

Vara (5 palmos)

Braça (2,2 m)

Corda (3,3 m)

Ponto (0,2 mm)

Légua de sesmaria (6600 m)

Quadra (60 braças)

## O METRO

O metro (m) foi um grande vitorioso da unificação, desbancando as medidas inglesas: a polegada perdeu para o milímetro; o pé, para o centímetro; a jarda, para o metro; a milha, para o quilômetro. Contudo, medir a partir de um meridiano também era algo pouco preciso, de forma que, em 1889, definiu-se o metro-padrão como a distância entre duas marcas feitas em uma barra de platina e irídio! A barra, que então se tornou o objeto definidor do metro, passou a ficar guardada no BIPM, em Sèvres. Contudo, a onda atômica também atingiu as medidas de comprimento, e em 1960, o metro foi definido como 1.650.763,73 comprimentos de onda no vácuo da radiação característica do Kriptônio-86 ( $^{86}\text{Kr}$ ). Mas a medida de segundo era tão, tão precisa, que acabou se criando uma tendência (que ainda está em vigor hoje) de definir todas as unidades em função do segundo. Agora uma pergunta de Análise Dimensional: como se define uma grandeza espacial a partir de uma temporal? Usando uma velocidade (L/T)! E, como sabemos, a velocidade da luz é a única velocidade absoluta do universo! Então, desde 1983, a definição se tornou:

*Um metro é a distância percorrida pela luz em  $(1/299.792.458)$  segundos.*

## **6 RESULTADOS PRELIMINARES DA APLICAÇÃO**

### **6.1 ARGUMENTAÇÃO E O PADRÃO DE TOULMIM**

Como já discutimos, no referencial teórico, o objetivo é fazer com que os alunos participem da atividade e sintam-se estimulados e curiosos a resolver o problema apresentado. Desta maneira, desejamos obter êxito com a atividade investigativa. O grau de discussão não depende só do aluno, mais também do professor que deve encaminhar a atividade, guiando para o objetivo e construção dos conceitos esperados. O objetivo da atividade não está apenas na solução de um problema de ciências pelos alunos, mas também busca identificar que critérios eles usam para privilegiar uma ou outra solução apresentada, bem como o acompanhá-las em sua própria aprendizagem.

A preocupação nessa fase de análise é a identificação de elementos básicos que compõem um argumento e suas relações. A questão da argumentação tem sido discutida por vários grupos e professores, e esse tema tem ganhado cada vez mais defensores. Buscando uma metodologia para a análise dos dados coletados, utilizei o Padrão de Argumento de Toulmin, que segundo Nascimento e Vieira (2008).

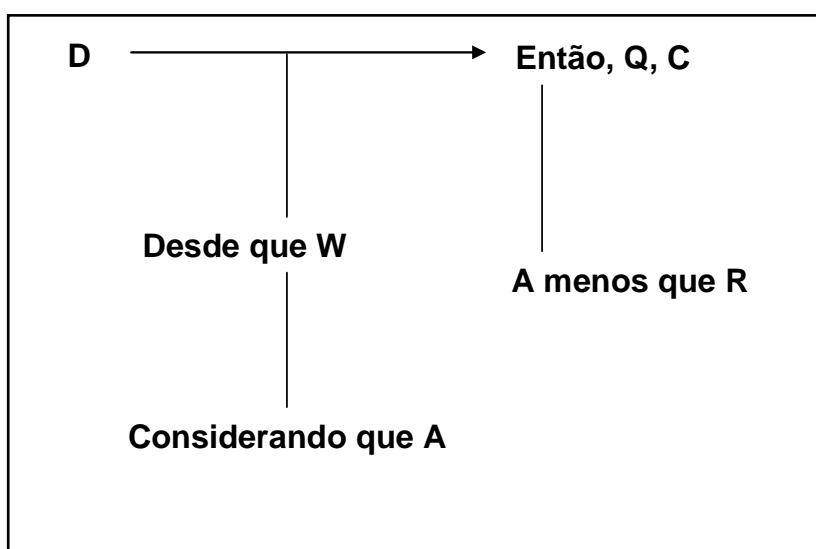
*Num claro apelo à uma nova teoria da argumentação através de uma certa ruptura com as certezas da lógica formal, o filósofo Stephen Toulmin (2001) procura evidenciar que o nosso cotidiano é permeado pela argumentação: advogados argumentam, cientistas argumentam, famílias argumentam. Opiniões, tomadas de posições, enunciados de fatos e, ao mesmo tempo, um conjunto de crenças, de valores, das representações do mundo permeiam nossas situações argumentativas coerentes. (pag.4)*

Em seu livro “O Uso dos argumentos”, Toulmin(2001), procurou criar uma estrutura de argumentação, para que fosse possível perceber de que modo existe ou não a validade dentro de um determinado argumento.

Que relações existem entre a produção dos argumentos e as conclusões que são tiradas? Toulmin apresenta os elementos que compõem a estrutura básica de uma argumentação e as relações existentes entre eles. Durante a análise dos dados coletados iremos buscar identificar esses elementos do processo de ensino e aprendizagem.

Na figura 10 está representada a estrutura completa do padrão proposta por Toulmin para relacionar um fato ou dado (D) a uma conclusão (C) e é esse padrão que iremos buscar também na análise dos dados coletados.

**Figura 10:** Padrão de argumento de Toulmin (2006)



**Fonte:** *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*  
Vol. 8 Nº 2, 2008(Adaptado)

Essa análise do padrão nos será útil em tornar mais evidente os trechos argumentativos das falas dos alunos e das questões por eles respondidas. Vamos discutir o que representa separadamente cada etapa do esquema abaixo baseado em Toulmin (2006).

**D(dados)** – São os fundamentos com os quais se constrói o suporte para futuras conclusões.

**C(conclusão)** – É afirmada sobre a base de um dado.

Podemos perceber que para dar esse passo argumentativo, precisamos de outros elementos para relacionar D e C.

**W(Garantia de Inferência)** – Nos permite entender de que modo o argumento passou dos dados para a conclusão.

**A (Conhecimento Básico)** – Dá apoio às garantias.

**Q(Qualificador)** – Atenua ou reforça o poder da conclusão considerada.

**R(Refutação)** – São as condições que invalidam a garantia. Contesta as suposições por ela criadas.

A procura por esses indicadores nos discursos dos estudantes pode favorecer a melhoria da qualidade das aulas de ciências, já que fornece evidências sobre o processo de aprendizagem entre os alunos, facilitando assim a elaboração de novas atividades, de maneira a enriquecer o processo de ensino. Essa metodologia de análise dos argumentos dos alunos, embora trabalhosa, necessitando de tempo e dedicação para prepará-las, deva fazer parte da cultura dos nossos professores de ciências.

Observando um número maior de aulas, ou atividades, o professor terá mais ferramentas para levar aos seus alunos, uma visão mais ampla da ciência, enfocando não somente o conhecimento científico puro, mas também as dimensões sociais e ambientais associadas ao uso desses conhecimentos.

## 6.2 ANÁLISE DE ALGUNS EPISÓDIOS

Selecionamos dois episódios de cada atividade desenvolvida com os alunos (**DESAFIANDO AS UNIDADES DE MEDIDAS e DA ARCA DE NOÉ À ENTERPRISE**), buscando verificar a dinâmica argumentativa desses trechos e também os elementos presentes no Padrão de Toulmin.

a) Primeiro episódio selecionado da atividade **DESAFIANDO AS UNIDADES DE MEDIDAS**.

Nesse trecho os alunos discutem se o preço do pacote com 150 metros de **Mccarrão**, do supermercado P&C (que custa R\$ 1,65), vale a pena em relação aos outros supermercados. Lembrando que nos supermercados tradicionais o macarrão é vendido, normalmente, em pacotes com 0,5kg ou 1,0kg.

A primeira coluna da tabela abaixo indica o turno, a segunda identifica o grupo e o aluno, com nomes fictícios (Exemplo: **G2\_3**, representa grupo **2** aluno **3**), na terceira as suas falas e na quarta os indicadores. Na tabela 9, apresentada abaixo, está o primeiro episódio selecionado.

**Tabela 9:** Primeiro episódio selecionado.

205	G1_Paulo	Macarrão. Cadê o que te dei. Aqui o macarrão tem 150 metros. Um pacote de macarrão tem quanto?	<i>Organizando Informações.</i> Aluno tenta estimar o tamanho de um pacote de macarrão.
206	G1_Vitor	Tamanho?	<i>Dúvida</i>
207	G1_Paulo	Isso.	<i>Confirmação</i>
208	G1_Vitor	Peraí gente. É um pacote de 150 metros?	<i>Dúvida.</i> Um de 150 m ou 150 metros de macarrão?



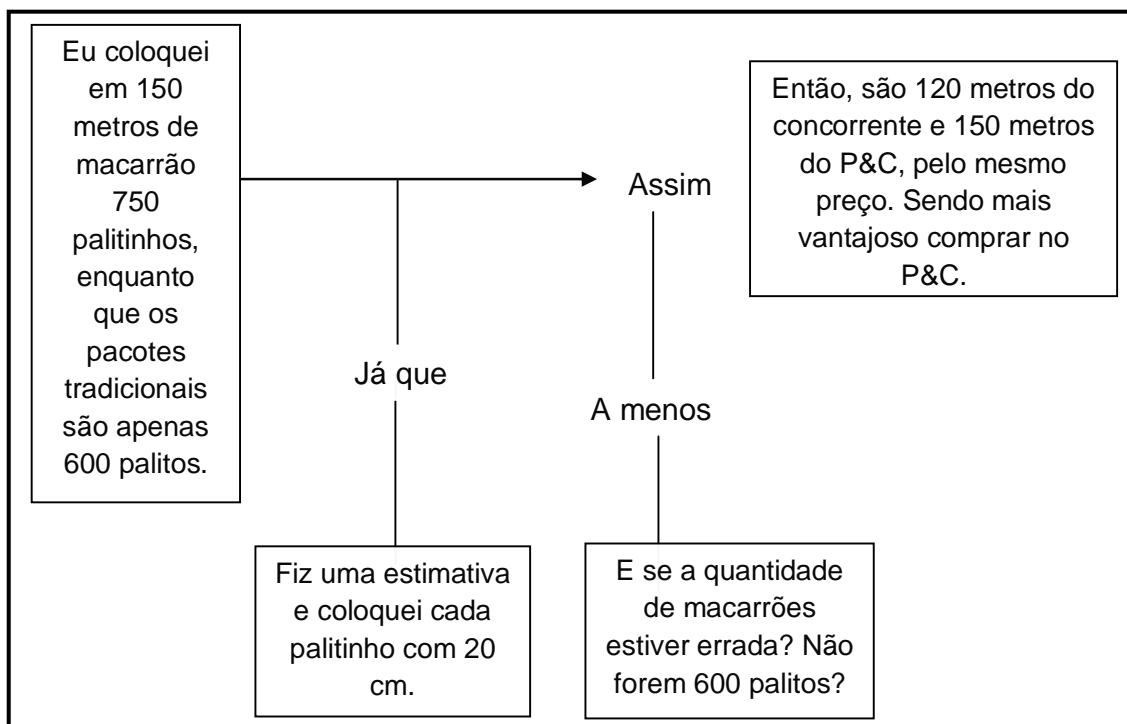
209	G1_Ana	Eu acho que não. São 150 metros. Coloca um depois do outro até chegar a 150 metros.	<i>Explicação.</i>
210	G1_Carlos	Acho que cada pacote desses tem uns 750 palitos.	<i>Levantamento de hipótese.</i>
211	G1_Paulo	O meu é 500g.	<i>Organizando Informações.</i>
212	G1_Ana	750?	<i>Dúvida sobre hipótese</i>
213	G1_Paulo	Acho que tem menos. Vamos colocar 600.	<i>Previsão da quantidade de macarrões de um pacote com 1kg.</i>
214	G1_Carlos	Eu fiz uma estimativa e deu uns 750.	<i>Levantamento de hipóteses.</i>
215	G1_Paulo	Como?	<i>Dúvida</i>
216	G1_Carlos	Eu coloquei em 150 metros 750 palitinhos e é só a gente comparar. Fiz uma estimativa e coloquei cada palito com mais ou menos 20 cm.	<i>Explicação da hipótese</i>
217	G1_Paulo	Entendi.	<i>Aceitação da hipótese</i>
218	G1_Vitor	Beleza.	<i>Aceitação da hipótese</i>
219	G1_Paulo	Vamos lá. No P&C o macarrão é mais em conta comparado com o da concorrência. Isso porque na concorrência um quilo de macarrão, contém aproximadamente 120 metros, menor quantidade que o PEC.	<i>Explicação.</i> Usando a sua estimativa de que um pacote de macarrão de 1kg possui 600 palitos de macarrão.

220	G1_Carlos	Tem que comparar peso e tamanho.	<i>Organizando informações</i>
221	G1_Paulo	Cara são 600 metros em um e 150 no outro então o peso é 4 vezes maior então o PEC tá mais caro.	<i>Criando explicações.</i>
222	G1_Carlos	Não cara, não são 600 metros, são 600 palitinhos.	<i>Organizando Informações.</i>
223	G1_Paulo	Ah sim. É verdade. Então, são 120 metros do concorrente e 150 metros no P&C, pelo mesmo preço. Sendo mais vantajoso comprar no P&C.	<i>Organizando Informações.</i>
224	G1_Carlos	20 cm cada um. Certo?	<i>Organizando Informações.</i>
225	G1_Paulo	Isso. Então se pelo mesmo preço, e considerando que cada palito de macarrão tem 20cm nos dois supermercados você leva 30 metros a mais no P&C, então vale a pena comprar lá.	<i>Organizando informações e concluindo.</i>
226	G1_Carlos	Isso. Mais e se a sua quantidade de macarrões estiver errada?	<i>Levantando Dúvida</i>
227	G1_Paulo	Como assim?	<i>Organizando informações.</i>
228	G1_Carlos	Não forem 600 palitos?	<i>Dúvida da estimativa</i>
229	G1_Paulo	Bom, aí o do P&C, também não teria 750 palitos. As embalagens não são tão diferentes.	<i>Criando explicações.</i>

No desenvolvimento do diálogo anterior, podemos perceber alguns indicadores, que ilustraremos na figura 11, de acordo com o padrão de Toulmin.

Reparem que o dado da estrutura abaixo foi fruto de estimativa feita por um aluno sobre a quantidade de macarrões e do seu comprimento. A partir do momento que o aluno usa como garantia de inferência uma estimativa, possibilita uma refutação que coloca em dúvida a conclusão, como foi feito pelo aluno no turno 228. Embora a conclusão do grupo sobre a vantagem no preço do macarrão tenha ficado fragilizada devido à dificuldade das estimativas sobre as quantidades de macarrão em cada pacote e também sobre o comprimento de cada macarrão, é fato que houve um raciocínio envolvido no processo e as conclusões foram baseadas em argumentos que foram discutidos entre os integrantes do grupo.

**Figura 11:** Estrutura do argumento1 referente ao primeiro episódio.



b) Para análise do segundo episódio da atividade (tabela10), **DESAFIANDO AS UNIDADES DE MEDIDAS**, usamos o mesmo produto, só que desta vez discutido por outro grupo. Podemos perceber o que já era esperado, que embora a atividade e a turma fossem as mesmas, as hipóteses, estratégias e metodologia usada para a solução dos problemas são bem diferentes.

**Tabela 10:** Segundo episódio selecionado.

149	G4_Paula	Vamos voltar aqui no macarrão?	<i>Organizando informações</i>
150	G4_Maria	Olha só, vamos contar.	<i>Organizando informações</i>
151	G4_Paula	Tem que achar o volume?Eu nunca sei.	<i>Organizando informações</i>
152	G4_Maria	Nem eu.	<i>Organizando informações</i>
153	G4_Paula	Gente, vocês sabem achar o volume?	<i>Dúvida</i>
154	G4_André	De que?	<i>Organizando informações</i>
155	G4_Paula	Do macarrão.	<i>Organizando informações</i>
156	G4_Luis	Gente é um cilindro.	<i>Explicação</i>
157	G4_Paula	E aí? Como vamos saber quantos cabem.	<i>Organizando informações</i>
158	G4_Maria	Eu já contei e acho que tinha menos de 200. Toda criança já fez isso.	<i>Hipótese</i>
159	G4_Paula	Que pessoa estranha	<i>Organizando informações</i>
160	G4_Luis	Nossa. Você não soltava pipa não?	<i>Organizando informações</i>

161	G4_Paula	Caraça, já sei. Vocês não jogam vareta?	<i>Organizando informações</i>
162	G4_André	Não só eu como o universo inteiro.	<i>Organizando informações</i>
163	G4_Paula	Sabe quantas são? A gente pode comparar o tamanho de cada vareta com o tamanho do macarrão. O comprimento é mais ou menos o mesmo e a espessura é um pouco maior.	<i>Levantando hipótese</i>
164	G4_Luis	O macarrão é um pouco maior.	<i>Organizando informações</i>
165	G4_Paula	Isso, uns centímetros maior e cada vareta é mais grossa que um macarrão. Tipo dois ou três macarrões por vareta.	<i>Explicando.</i>
166	G4_Maria	É, acho que dá certo. Cada pacote desses imagina assim segurando... Uns três pega vareta?	<i>Explicando</i>
167	G4_Paula	Por aí. É e ainda podemos considerar a espessura de cada vareta igual a de três macarrões aproximadamente. Então teremos ...	<i>Organizando informações</i>
168	G4_André	Quantas varelas têm?	<i>Dúvida</i>
169	G4_Paula	Putz, umas 20?	<i>Dúvida</i>
170	G4_Luis	Não, jogam 4 ou 5 pessoas e cada um fica com um monte.	<i>Organizando informações</i>
171	G4_Maria	Descubro em 10 segundos.	<i>Organizando informações</i>
172	G4_Luis	Santo Google.	<i>Organizando informações</i>

173	G4_Paula	Caraca isso é fraude.	<i>Organizando informações</i>
174	G4_André	É pelo bem da ciência...rs	<i>Organizando informações</i>
175	G4_Maria	De primeira, como construir um pega varetas de jornal...rs...tem até quantos tem de cada cor.	<i>Organizando informações.</i> O grupo usa o celular para buscar na internet quantas peças tem um pega varetas.
176	G4_André	Vê o total.	<i>Organizando informações</i>
177	G4_Maria	41.	<i>Organizando informações</i>
178	G4_Paula	Então 41 vezes 3...123 e 123 vezes 3 dá 369.	<i>Organizando informações</i>
179	G4_Luis	Por que de novo vezes três?	<i>Dúvida</i>
180	G4_Paula	Cada vareta, três macarrões e cada pacote 3 jogos. Não é isso?	<i>Explicação</i>
181	G4_André	Sim, sim.	<i>Organizando informações</i>
182	G4_Paula	Logo cada pacote do mercado tem por volta de 350 macarrões de 15cm?	<i>Levantamento de hipótese baseado nas estimativas.</i>
183	G4_Luis	15cm não é pouco?	<i>Dúvida sobre a estimativa do colega em relação ao tamanho do macarrão</i>

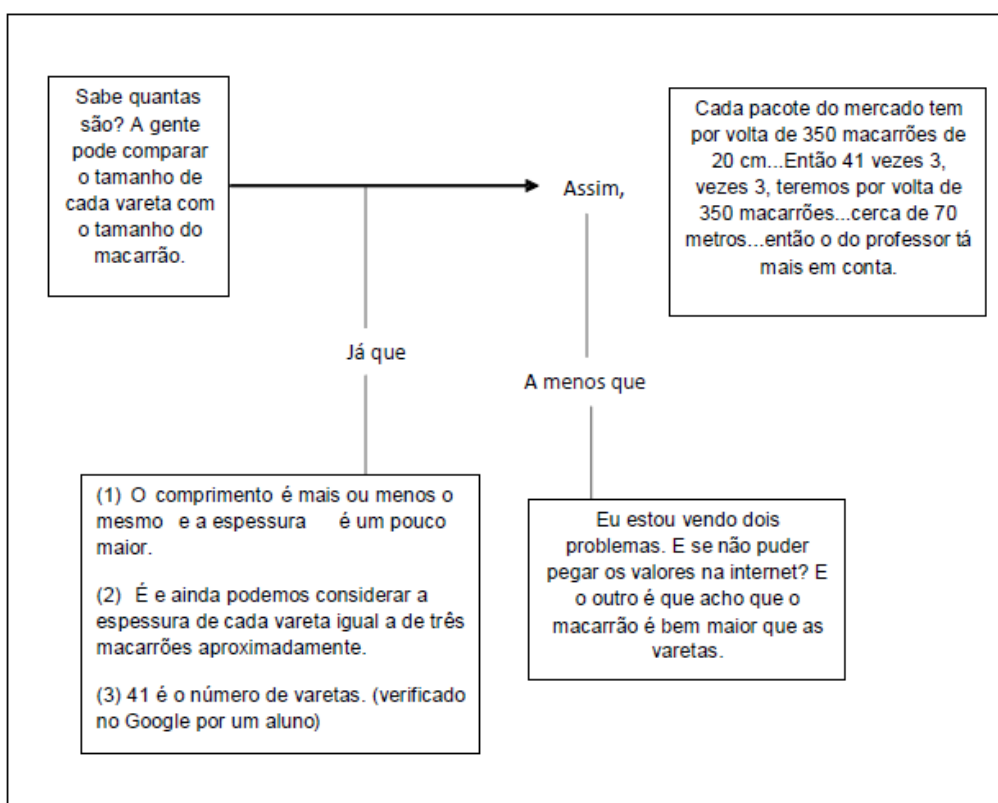
184	G4_André	Não. É isso mesmo	<i>Organizando informações</i>
185	G4_Maria	Gente aqui manda fazer com 15cm.	<i>Organizando informações</i>
186	G4_André	O macarrão é um pouco maior gente.	<i>Organizando informações</i>
187	G4_Luis	Coloca 20cm.	<i>Organizando informações</i>
188	G4_Paula	Tá. Então vai ficar 350 vezes 20.	<i>Organizando informações</i>
189	G4_André	7000cm? nossa?	<i>Organizando informações</i>
190	G4_Paula	Dá700 metros.	<i>Organizando informações</i>
191	G4_Luis	Não, tem que dividir por 100.	<i>Explicação</i>
192	G4_Julia	70 metros.	<i>Organizando informações</i>
193	G4_Paula	Isso. Se PEC 150 metros custa R\$1,65 e no concorrente só 70 metros custa...	<i>Organizando informações</i>
194	G4_Luis	Eu estou vendo dois problemas. E se não puder pegar os dados da internet? E o outro é que o macarrão é bem maior que as varetas.	<i>Organizando informações</i>
195	G4_Julia	Qual o problema de usar a internet para ver o tamanho da vareta? E se for maior não vai fazer muita diferença.	<i>Organizando informações</i>
196	G4_Maria	Igual ao dele? R\$1,89.	<i>Organizando informações</i>

197	G4_Paula	Então o do professor tá mais em conta. O dobro do tamanho pelo mesmo preço, quase.	<i>Explicação</i>
198	G4_Julia	Isso. Fechou.	<i>Organizando Informações.</i>

Criamos novamente uma estrutura, como a sugerida por Toulmin, na figura 12. Desta vez verificamos que os argumentos usados pelo grupo foram mais do que simples estimativa sobre tamanho e quantidade do macarrão. O grupo relaciona o pacote de macarrão, do tipo talharim, com um jogo de pegas-varetas. Buscaram na internet a quantidade e o tamanho de varetas de um jogo e usaram para comparar com o tamanho e quantidade de macarrões.

Embora também fosse necessário fazer algumas estimativas, esse grupo teve como garantias de inferência mais informações do que o grupo anterior, fortalecendo assim a sua conclusão e diminuindo o poder da refutação.

**Figura 12:** Estrutura do argumento do segundo episódio





Para os dois próximos episódios usaremos a atividade **DA ARCA DE NOÉ À ENTERPRISE**, desenvolvida em outra aula, mas utilizando os mesmos grupos da atividade anterior. Inicialmente os alunos usariam partes dos seus corpos como instrumentos de medidas, medindo a largura da sala de aula e o comprimento de um lápis, e logo depois tinham a tarefa de descobrir se as dimensões da *Arca de Noé (em côvados)* eram compatíveis com as da nave *Enterprise (em metros)*, do filme *Jornada nas Estrelas*.

c) No terceiro episódio mostrado abaixo (Tabela 11), vamos observar uma discussão envolvendo a medição do tamanho de um lápis. Para isso os alunos usaram como instrumentos de medidas duas partes do corpo.

**Tabela 11:** Terceiro episódio selecionado.

65	Prof.	Medir usando dois instrumentos do corpo o comprimento de um lápis.	<i>Professor explica tarefa</i>
66	G4_Paula	Um palmo.	<i>Organizando informações</i>
67	G4_Julia	Uma mão, pô.	<i>Organizando informações</i>
68	G4_Luis	É, um deles pode usar palmo ou mão.	<i>Organizando informações</i>
69	G4_Paula	Fala uma coisa legal aí para gente medir.	<i>Organizando informações</i>
70	G4_Maria	Uma cabeça?	<i>Organizando informações</i>
71	G4_André	Olho gente.	<i>Organizando informações</i>
72	G4_Paula	Polegar.	<i>Organizando informações</i>
73	G4_Luis	Você sabe medir polegada?	<i>Dúvida</i>
74	G4_Paula	Não falei polegada, falei polegar.	<i>Organizando informações</i>
75	G4_Julia	Professor?	<i>Organizando informações</i>

76	G4_Luis	Mão é o que?	<i>Organizando informações</i>
77	G4_Paula	Uma.	<i>Organizando informações</i>
78	G4_Luis	E polegar ou polegada?	<i>Dúvida</i>
79	G4_Paula	Gente olha só, deixe dar uma idéia para vocês. Se a gente usar cabeça ou mão, ou coisas grandes a gente não fica com a medida boa. Não tem precisão. Entendeu?	<i>Hipótese</i>
80	G4_Luis	Não. Aqui não precisa ter medida boa, naquela época, eles também não tinham muita precisão quando usavam partes do corpo. As medidas eram mais ou menos aproximadas.	<i>Contestando a hipótese.</i>
81	G4_Paula	Quando o professor ensinou algarismos significativos falou nisso. Na precisão das medidas. Usando cabeça a precisão é pequena. Todos devem achar uma cabeça se todos usarem cabeça. Agora, usando dedo, por exemplo, diminui a imperfeição da medida.	<i>Explicando</i>
82	G4_Paula	Professor?	<i>Organizando informações</i>
83	Prof.	Fala grupo.	<i>Organizando informações</i>
84	G4_Paula	Professor vê se eu to errada? Quando a gente mediu usando o pé, no final nunca dava certinho, certo?	<i>Organizando informações</i>
85	Prof.	Como assim?	<i>Organizando informações</i>

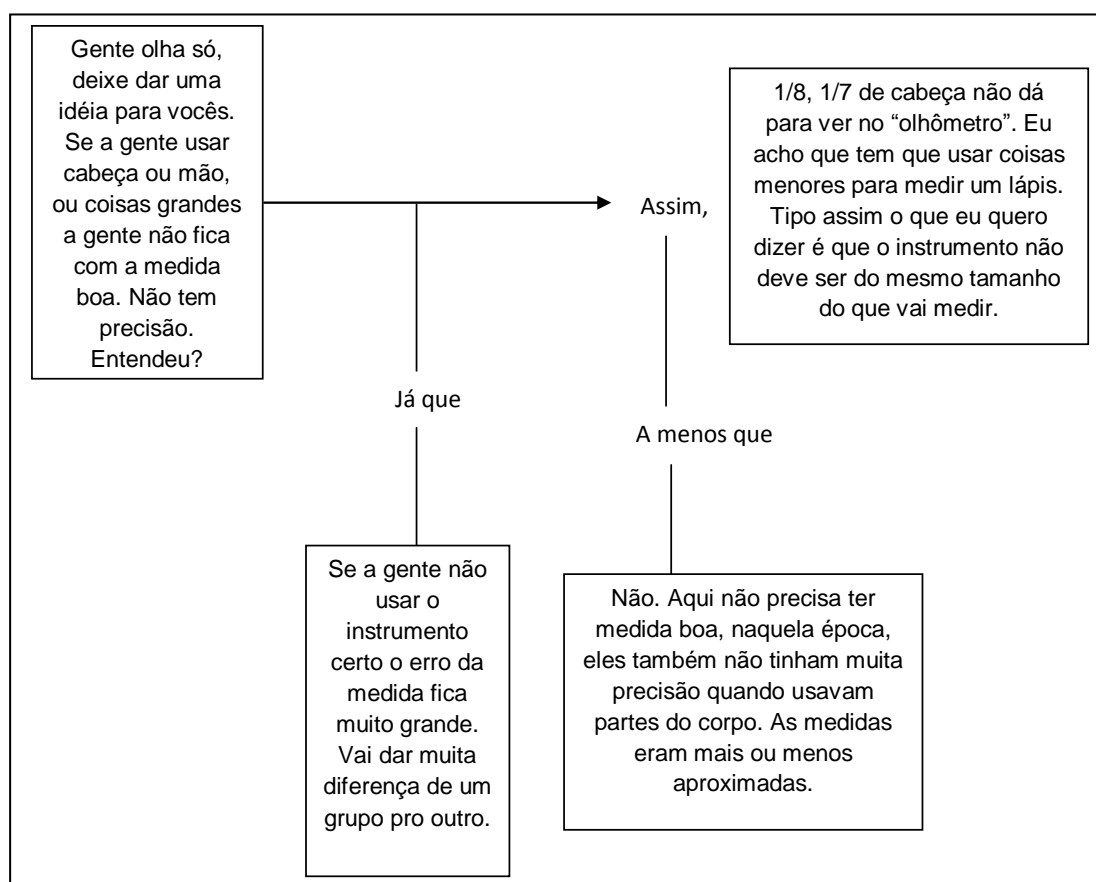
86	G4_paula	Não dá pé inteiro, aí a medida fica meio que errada. Se a gente não usar o instrumento certo o erro da medida fica muito grande. Vai dar muita diferença de um grupo pro outro.	<i>Defendendo a hipótese</i>
87	Prof.	Entendi, e aí?	<i>Organizando informações</i>
88	G4_Paula	É o que eu to falando com eles, se a gente usa cabeça para medir um lápis a medida não fica boa.	<i>Defendendo a hipótese</i>
89	Prof.	O que você tá sugerindo?	<i>Organizando informações</i>
90	G4_Paula	1/8, 1/7 de cabeça não dá para ver no “olhômetro”. Eu acho que tem que usar coisas menores para medir um lápis. Tipo assim o que eu quero dizer é que o instrumento não deve ser do mesmo tamanho do que vai medir. Entendeu?	<i>Explicando a hipótese.</i>
91	Prof.	Seu argumento é bom, discuta com o grupo e vamos ver seu poder de persuasão.	<i>Organizando informações</i>
92	G4_Luis	Você não falou isso. Agora entendi.	<i>Concordando</i>
93	G4_Paula	É mais como temos que pegar duas partes, pode pegar uma maior e uma menor.	<i>Organizando informações</i>

Nos turnos anteriores temos uma discussão muito rica sobre a escolha do melhor instrumento para se efetuar uma medida com menor erro.

Há uma argumentação defendendo que o instrumento de medida não deve ser do mesmo tamanho do que o que se vai medir, ou seja, que para objetos pequenos é melhor usar unidades de medidas menores e para objetos grandes, unidades maiores, pois assim diminuimos o erro das medidas.

A figura 13 mostra a estrutura de argumentação criada para os turnos anteriores.

**Figura 13:** Estrutura do argumento do terceiro episódio



d) No próximo e último episódio (tabela 12), observamos diálogos entre o professor e os integrantes do grupo, ocorridos no fim desta atividade, onde os alunos são questionados sobre *o que é medir*, e também discutem levando em consideração as medições que fizeram *o que são os instrumentos de medida, as unidades e os padrões adotados*.

**Tabela 12:** Quarto episódio selecionado.

181	Prof.	Agora que estamos fechando a atividade, me respondam. O que é medir?	<i>Levantando questão com base na atividade desenvolvida.</i>
182	G4_Paula	Usar uma unidade para ver o tamanho de algo.	<i>Organizando informações</i>
183	Prof.	Unidade? Pense no que fizeram quando mediram o lápis e a sala.	<i>Organizando informações</i>
184	G4_Julia	Não, acho que medir é comparar o tamanho do que se quer medir com o instrumento que se usa para medir.	<i>Criando explicação</i>
185	G4_Paula	O instrumento pode ser a unidade?	<i>Dúvida</i>
186	Prof.	Pensa na régua. O instrumento é a unidade?	<i>Levantando questão</i>
187	G4_Paula	Não. O instrumento é a régua e a unidade é o centímetro.	<i>Respondendo</i>
188	G4_Maria	Nosso instrumento foi a nossa unidade professor.	<i>Confirmação</i>
189	Prof.	É verdade. Se só houvesse pessoas nessa sala e eu quisesse medir o comprimento dela, qual instrumento seria mais interessante?	<i>Levantando questão</i>
190	G4_Paula	O pé.	<i>Respondendo</i>
191	Prof.	E se quisesse medir o lápis?	<i>Levantando questão</i>
192	G4_Maria	Polegada.	<i>Respondendo</i>
193	Prof.	Esses instrumentos podem servir de que para gente?	<i>Levantando questão</i>
194	G4_Julia	Unidade	<i>Respondendo</i>

195	G4_Paula	Pode ser o nosso padrão de unidade como os antigos usavam.	<i>Respondendo</i>
196	Prof.	Exato. Depois, com tempo, vamos discutir um dos nossos padrões de comprimento, o metro.	<i>Organizando informações</i>
197	G4_Paula	Eu vi aqui que ele é bem complicado de definir.	<i>Organizando informações</i>
198	Prof.	E já foram modificadas várias vezes.	<i>Organizando informações</i>

Mais uma vez podemos perceber a importância de uma atividade como essas para o aprendizado das nossas turmas. Nos turnos anteriores, percebemos que o grupo identifica, argumentando com o professor, os elementos envolvidos no processo medição. Os alunos constroem esses conceitos, pois vivenciaram em sala, com a realização da tarefa, todas as etapas de uma medição, percebendo que medir é comparar o tamanho de um objeto com um padrão de medida adotado.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade investigativa para o ensino de Sistema de Unidades apresentada, está voltada para alunos do Ensino Médio, com enfoque em CTS, utilizando textos e vídeos para enriquecer a discussão. Pela importância do tema na humanidade, foram apresentados dados da história da ciência.

Fizemos uma pesquisa sobre o tema Sistema de Unidades, pois acho extremamente necessário que o professor tenha conhecimento profundo sobre o tema abordado, para que possa saber selecionar os tópicos mais relevantes a serem transmitidos aos seus alunos. No referencial teórico procuramos explorar problemas que atualmente encontramos no ensino de Física, e ao mesmo tempo mostrei que há possibilidades de atenuar essas dificuldades através de algumas metodologias de ensino em que o aluno é mais valorizado e passa a sentir interesse em participar das atividades, pois percebe que pode aplicar os conceitos que aprende não só na escola, mas em todo o seu dia a dia.

Alguns dados foram analisados, confirmando que esse tipo de aula é prazerosa para o aluno, mostrando-nos que ao participar do processo de forma mais ativa, o aluno pode aprender e entender o que estuda.

Ao lançarmos mão de atividades como essas que foram apresentadas, adotamos um modelo em que o aluno deve ser privilegiado e valorizado no processo de ensino. Nesse tipo de atividade investigativa, o professor também passa de avaliador para avaliado, pois é continuamente forçado a pensar, montar estratégias de aulas, fazer a pergunta certa na hora certa, e deve estar sempre pronto para situações problemas, que não havia ainda passado. É desafiador, contudo, o retorno poderá ser mais confortante e efetivo para a aprendizagem do aluno.

A satisfação maior de um educador é perceber que seus alunos atingiram os objetivos propostos, ou planejados, no plano de sua aula. Mais prazeroso ainda é perceber que os alunos passaram por um processo de construção.

Vale salientar também a importância de se lançar um problema aberto ao nosso aluno, onde ele não objetiva apenas um resultado numérico final, mas sim uma sequência de raciocínios que o valoriza nesse processo de formação do conhecimento.

A diferença mais marcante entre os problemas propostos nessas aulas tradicionais e o proposto em nosso trabalho é a satisfação do aluno, que tem o prazer e a oportunidade de criar, de discutir, de compartilhar, de manusear instrumentos e objetos, e de entender como a ciência evoluiu nos últimos séculos, identificando inclusive também as dificuldades desse processo.

As gravações das atividades dos alunos nos permitiu verificar com clareza, como a argumentação aparece nesse tipo de atividade, facilitando a formação em grupo de uma conclusão satisfatória sobre o problema proposto. Esse tipo de interação infelizmente não tem sido explorado nas nossas salas de aula.

Nossos alunos leem pouco, estão cada vez com mais dificuldades de interpretar textos e expressar suas idéias de forma organizada. Explorar esse lado em nosso trabalho também foi muito produtivo, já que como foi pedido nas questões do roteiro, os alunos tinham que se expressar também através da escrita de seus resultados. Embora não apresentadas neste trabalho pois não era esse o nosso objetivo atual, figuras foram feitas, esquemas representados, comparações com situações vividas em seu cotidiano, e ainda pequenos textos explicando como resultados foram escritos. Percebemos uma participação ativa de todos os integrantes dos grupos a fim de resolver os problemas propostos e os alunos estavam à vontade para fazer parte de uma aula em que eles interpretavam, discutiam, resolviam e concluíam.

Com a resolução do problema proposto nesse trabalho, podemos acompanhar as etapas de um processo investigativo, desde o início do processo com o lançamento do problema, até a análise dos dados. Com o professor atuando como um guia durante a atividade, os alunos puderam compreender a importância da criação e manutenção de um padrão de medidas imutável e universal além da relevância da sua utilização na sociedade antiga e moderna.



A análise dos episódios mostrou que houve argumentação entre os integrantes dos grupos, proporcionado pelo modelo de atividade desenvolvida com eles, despertando o interesse pela aula que relacionou um assunto da Física com situações que fazem parte do seu cotidiano.

O ato de medir e comparar fez sentido para o aluno, que passou por um processo onde através da discussão com os outros colegas do grupo, da tomada de dados, da organização de tabelas e utilização de um pensamento científico, passou a fazer uso da linguagem da ciência e o professor então, pode finalmente buscar o produto de todo esse processo, que é o fazer ciência com seu aluno na sala de aula.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J., AIKENHEAD, G. *STS (1994) education: international perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, p.47-59.

AZEVEDO, M.C.P.S. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. . In: CARVALHO, A.M.P. (org.) *Ensino de Ciências*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33

BARROS, S.S. Reflexões sobre 30 anos da pesquisa em ensino de Física. In: VIANNA, D.M.; PEDUZZI, L.O.Q.; BORGES, O.N.; NARDI, R. (orgs.). *Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. São Paulo: SBF, 2002. (CD-Rom, arquivo: SA\_1.pdf)

BORGES, A.T Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física. UFSC, Florianópolis. V 19,N3 (2002) p. 291-313

BORGES, A.T Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física. UFSC, Florianópolis. V 19,N3, 2002. p. 291-313

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Brasília: SEMTEC/MEC, 2000.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN + ensino médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais; Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

CAPPECHI, M.C.M. (2004) Argumentação numa sala de aula. CARVALHO, A.M.P. (org) *Ensino de Ciências – Unindo a Pesquisa e a Prática*, Thomson Learning, São Paulo, p. 59-76

CARVALHO, A. M. P.. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: Flávia Maria Teixeira dos Santos; Ileana Maria Greca. (Org.). A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias. 1 ed. Ijuí: Unijuí, 2006, v. 1, p. 13-48.

CAPPECHI, M.C.M. e CARVALHO, A.M.P. (2006) Atividade de laboratório como instrumento para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. Pro-Posições, V17, n1 (49), p. 137-153

CARVALHO, A.M.P. (2004) Ensino de Ciências, São Paulo: Pioneira Thomson Learning

CARVALHO, A.M.P. Enculturação Científica: uma meta no ensino de ciências. Texto apresentado no XIV ENDIPE , Porto Alegre, abril (2008) 12 págs.

CARVALHO, A.M.P. Enculturação Científica: uma meta no ensino de ciências. Texto apresentado no XIV ENDIPE , Porto Alegre, abril (2008) 12 págs.

<http://www.youtube.com/watch?v=tmk2Kd5QNw0> (21/07/2010 14:22)

<http://www.youtube.com/watch?v=-TUptZhKkMo> (21/07/2010 14:20)

10 ideas clave, Competencias em arumentación y uso de prueba, JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P,2010, Editora Graó, 1ª Edição.

INMETRO: <http://www.inmetro.gov.br/>

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.P. e DIAZ de BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación em la clase de ciências. In: *Enseñanza de las Ciencias*. Espanha. V21, N 3 (2003) p. 359-369

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.P. e DIAZ de BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación em la clase de ciências. In: *Enseñanza de las Ciencias*. Espanha. V21, N 3, 2003 p. 359-369

JOSEPHUS, F. *The antiquities of the jews*. Tradução de Whiston Willian. Londres, Inglaterra: IndyPublisch.com, 2001.

LOCATELLI, R. e CARVALHO, A.M.P. (2006) Como os alunos explicam os fenômenos físicos. *Enseñanza de las Ciencias*, Numero Extra, VII Congreso CD

LOCATELLI, R.J. e CARVALHO, A.M.P. (2007) Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. *Rev. Bras. de Pesquisa em Ed. em Ciências*, V.7, N3

LONDRON, E,S,Z. O sistema Métrico Decimal como um Saber escolar em Portugal e no Brasil Oitocentista. Acesso: <http://www.pucsp.br/pos/edmat/do/tese/>

MOREIRA, M.A. A pesquisa em educação em ciências e a formação permanente do professor de ciências. In: *Educación Científica*. Alcalá: Universidad de Alcalá, 1999. p. 71-80

MOREIRA, M.A. *Linguagem e Aprendizagem Significativa*, 2003.  
Acesso: <http://www.if.ufrgs.br/~Moreira/linguagem.pdf>

MORTINER, E.F. Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. In: *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (1). 2002. p.25-35

NASCIMENTO. S,S; VIEIRA. R,D. *Contribuições e limites do Padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências* (2008). Acesso: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V8N2/v8n2a1.pdf>

OLIVEIRA,T.; FREIRE, A.; CARVALHO, C.; AZEVEDO, M.; FREIRE,S.; BAPTISTA, M. *Compreendendo a aprendizagem da linguagem científica na formação de professores de ciências*, 2009. Acesso: <http://www.scielo.br/pdf/er/n34/02.pdf>

PENHA. S.P., CARVALHO, A.M.P. e VIANNA, D.M. (2009. A utilização de atividades investigativas em uma proposta de enculturação científica: novos indicadores para análise do processo. *VII ENPEC*. Florianópolis. Acesso em <http://www.foco.fae.ufmg.br/viiienpec/index.php/enpec/viiienpec/paper/viiewFile/612/117>

PENHA. S.P., CARVALHO, A.M.P. e VIANNA, D.M. (2009. A utilização de atividades investigativas em uma proposta de enculturação científica: novos indicadores para análise do processo. *VII ENPEC*. Florianópolis. Acesso em

<http://www.foco.fae.ufmg.br/viienpec/index.php/enpec/viienpec/paper/viiewFile/612/117>

POSTMAN, NEIL (1996). *The end of education: redefining the value of school*. New York: Vintage Books/Random House. 208p.

PERRENOUD, P. In: A prática reflexiva no ofício do professor. Porto Alegre. ARTMED Editora. 2002 p. 71-88

PERRENOUD, P. In: *Avaliação*. Porto Alegre: ARTMED Editora. 1999. p. 77-85

REIGOSA CASTRO, C.E. (2006) Una experiência de investigación acción acerca de la redacción de informes de laboratorio por alumnos de Física y Química de primero bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), p.325-336

ROBERTS, D. A (1991). What counts as science education? In: FENSHAM, P., J. (Ed.) *Development and dilemmas in science education*. Barcombe: The Falmer Press, p.27-55.

SANTOS, W.L.P. e MORTINER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA. In: *Ensaio*. Belo Horizonte. V.2 N. 2 UFMG: 2002 p.1-23

SILVA, I. *História dos Pesos e Medidas*. EdUFSCar, 2004.

TAMIR, P. (1991). Practical work in school science: an analysis of current practice. In B. Woolnough (Ed.), *Practical science*. Philadelphia: Open University Press.

TOULMIN, S.E. (2006) Os usos do argumento. Martins Fontes, São Paulo. Cap. 6. p. 137-207

VIANNA, D. (2009). O ensino de física numa perspectiva ciência-tecnologia-sociedade. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2368-2372. Acesso em <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2368-2372.pdf>

VIANNA, D.M., DIAS DE BUSTAMANTE, J. e JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P (2003). *Buscando a Relação entre Eletricidade e Magnetismo*.