

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS

UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL CONTROLADA
REMOTAMENTE PARA UMA ABORDAGEM
INTERDISCIPLINAR NO ENSINO DE MATEMÁTICA
E FÍSICA

THIAGO HENRIQUE DOS SANTOS DA SILVA

Itajubá, fevereiro 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
CIÊNCIAS

THIAGO HENRIQUE DOS SANTOS DA SILVA

UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL CONTROLADA
REMOTAMENTE PARA UMA ABORDAGEM
INTERDISCIPLINAR NO ENSINO DE MATEMÁTICA
E FÍSICA

Dissertação apresentada ao exame de qualificação do programa de mestrado profissional em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Itajubá como requisito parcial para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Alvarenga Monteiro

Itajubá, fevereiro 2016

RESUMO

A importância das atividades experimentais no ensino de ciências é destacada por tantas pesquisas que sua utilização no processo de ensino e de aprendizagem já é consenso na área. Contudo, esse fato não tem contribuído para que a experimentação seja uma realidade constante nas escolas brasileiras, tendo em vista, diferentes fatores: a falta de infraestrutura na maioria das escolas, o despreparo pedagógico de muitos professores para planejar e dirigir esse tipo de atividade, a falta de apoio para a realização de montagem e manutenção de equipamentos, etc. Neste trabalho, propomos o desenvolvimento e a avaliação de uma atividade experimental que pode ser controlada remotamente por qualquer usuário por meio de um computador conectado à internet. Inspirado na História da Física e da Matemática, o experimento, pode oportunizar discussões relativos tanto à conceitos matemáticos quanto físicos, facilitando um abordagem interdisciplinar. Resultados apontam para a eficácia e precisão da atividade quanto à coleta de dados. Além disso, em relação à opinião de licenciandos e dos Professores de Física e Matemática consultados, o recurso apresenta potenciais para ser utilizado como meio para disseminar a prática experimental entre os alunos das escolas públicas que não dispõem de laboratórios.

Palavras-chave: Ensino de Física, Ensino de Matemática, experimentação, Laboratório Remoto.

ABSTRACT

The importance of experimental activities in science education is highlighted by many research use in teaching and learning is a consensus in the area. However, this fact has not contributed to the trial is a constant reality in Brazilian schools, with a view, different factors: the lack of infrastructure in most schools, the pedagogical unpreparedness of many teachers to plan and conduct this type of activity, the lack of support for performing assembly and maintenance of equipment, etc. In this paper, we propose the development and evaluation of an experimental activity that can be controlled remotely by any user through a computer connected to the internet. Inspired by the history of physics and mathematics, the experiment may create opportunities discussions on both the mathematical and physical concepts, facilitating an interdisciplinary approach. Results show the effectiveness and accuracy of the activity and data collection. Moreover, in relation to the opinion of licentiate and Teacher of Physics and Mathematics consulted, the feature has potential to be used as a means to disseminate experimental practice among public school students who do not have laboratories

Keywords: Physics Teaching, Mathematics Teaching, experimentation, Remote Laboratory.

Lista de Figuras

Figura 1 -	Modelo de laboratório remoto proposto por Monteiro <i>et al.</i> (2013)	27
Figura 2 -	Experimento remoto	34
Figura 3 -	Transferidor com o Laser Point	35
Figura 4 -	Esquema do experimento remoto desenvolvido	35
Figura 5 -	Esquema do circuito eletrônico montado para a automatização do experimento remoto idealizado	36
Figura 6 -	Linha de Programação	37
Figura 7 -	Esquema do experimento criado pelos licenciandos	39
Figura 8 -	Esquema com referencias e categorias utilizadas para a montagem do questionário	43
Figura 9 -	Classes de palavras geradas pelo Iramuteq	65

Lista de Tabelas

Tabela I –	Tipos de abordagem de atividades experimentais	21
Tabela II –	Infraestrutura das escolas estaduais	22
Tabela III -	Características dos diversos tipos de laboratórios	28
Tabela IV -	Medidas obtidas pelos licenciandos na utilização do experimento remoto	48
Tabela V -	Formação acadêmica dos professores participantes do grupo focal	62
Tabela VI -	Existência de Laboratório de Ciências e informática nas escolas dos professores participantes do grupo focal.	63

Lista de Gráficos

Gráfico 1 -	Respostas relativas à afirmação: “Creio que o recurso prenderá a atenção dos alunos, impedindo-o de desviar o foco da atividade proposta”	48
Gráfico 2 -	Respostas relativas à afirmação: “ Tem algo no recurso que pode desmotivar o aluno e leva-lo a perder o foco”	49
Gráfico 3 -	Respostas relativas à afirmação: “ Acredito que os alunos darão grande importância a essa atividade”	50
Gráfico 4 -	Respostas relativas à afirmação: “ Acho que os alunos vão desejar sempre utilizar esse tipo de recurso em sala de aula”	51
Gráfico 5 -	Respostas relativas à afirmação: “ Acho que os alunos vão achar o conteúdo do recurso interessante”	51
Gráfico 6 -	Respostas relativas à afirmação: “ Acho que para alunos do ensino médio as tarefas exigidas estão acima das suas capacidades”	52
Gráfico 7 -	Respostas relativas à afirmação: “ Creio que os alunos ficarão satisfeitos com o uso do recurso”	53
Gráfico 8 -	Respostas relativas à afirmação: “ Creio que durante a realização da atividade os alunos nem perceberão o tempo passar”	53
Gráfico 9 -	Respostas relativas à afirmação: “ Creio que o recurso prenderá a atenção dos alunos a ponto de eles não se distraírem com outras coisas que não sejam o trabalho proposto”	54
Gráfico 10 -	Respostas relativas à afirmação: “ O recurso apresenta desafios que podem levar o aluno a sentir-se ansioso”	54
Gráfico 11 -	Respostas relativas à afirmação: “ Diante dos desafios propostos pelo recurso acho que os alunos se sentirão frustrados”	55
Gráfico 12 -	Respostas relativas à afirmação: “Diante dos desafios propostos pelos recursos estou certo de que os alunos se sentirão entediados tamanha a facilidade que terão”	55
Gráfico 13 -	Respostas relativas à afirmação: “Acredito que o recurso não oferece dificuldade de acesso e de manipulação para qualquer dos alunos”	56
Gráfico 14 -	Respostas relativas à afirmação: “ Acho que não vou ter problemas para utilizar essa atividade em sala de aula com os alunos”	56
Gráfico 15 -	Respostas relativas à afirmação: “ Tenho certeza que o recurso favorecerá a colaboração entre os alunos e deles comigo”	57
Gráfico 16 -	Respostas relativas à afirmação: “ Acredito que essa colaboração que o recurso proporciona ajudaria a ensinar os alunos	57
Gráfico 17 -	Respostas relativas à afirmação: “ Estou certo de que depois do recurso o aluno será capaz de se lembrar do problema proposto e de como fizeram para resolvê-lo”	58
Gráfico 18 -	Respostas relativas à afirmação: “ Depois da utilização do recurso acredito que os alunos saberão resolver problemas semelhantes ao proposto na atividade	58
Gráfico 19 -	Respostas relativas à afirmação: “ Creio que os alunos, após o uso do recurso, serão capazes de aplicar o que aprenderam em outras situações-problema”	59
Gráfico 20 -	Respostas relativas à afirmação: “ Acredito que, após a utilização do recurso os alunos serão capazes de avaliar o que foi feito nessa atividade e propor aperfeiçoamentos”	59

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 1 – A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS	13
1.1 – Da Epistemologia para a construção de uma pedagogia da Ciência	13
1.2 – Visões atuais sobre o papel da experimentação no ensino de Ciências	18
1.3 – Dificuldades para a utilização da prática experimental no ensino de Ciências	22
CAPÍTULO 2 – LABORATÓRIOS CONTROLADO REMOTAMENTE	24
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA	33
3.1 – Desenvolvimento do experimento controlado remotamente	34
3.2 - Metodologia de coleta de dados	38
3.2.1 – Utilização do experimento remoto pelos licenciandos	38
3.2.2 – Critérios para a elaboração do questionário	39
3.3 - Metodologia de análise de dados	45
CAPÍTULO 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	47
4.1 – As condições do experimento em permitir a determinação de medida indireta de distância	47
4.2 – A opinião dos alunos do cursos de licenciatura em Física e em Matemática	49
4.3 – A perspectiva dos professores quanto à proposta experimental	61
4.3.1 – Perfil dos professores	62
4.3.1.1 – Formação acadêmica dos professores participantes do Grupo Focal	62
4.3.1.2 – Laboratório de Ciências e Informática na Escolas dos Professores participantes do Grupo Focal	63
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS	71

INTRODUÇÃO

Ainda que tenhamos consciência de que a produção do conhecimento científico não se desprende da simples observação, considerações a respeito da importância da experimentação já eram feitas há mais de 2300 anos. Para o filósofo grego Aristóteles, “quem possua a noção sem a experiência, e conheça o universal ignorando o particular nele contido, enganar-se-á muitas vezes no tratamento” (ARISTÓTELES, 1984, p.12).

Da mesma forma, em relação ao ensino da Ciência, não se pode acreditar que a mera atividade experimental seja suficiente para consolidar o processo de aprendizagem, entretanto, esse tipo de prática pedagógica pode trazer importantes contribuições para o ensino.

Nesse sentido, autores como Carvalho e Sasseron (2010) enfatizam a importância de atividades experimentais. Para estas autoras, é fundamental que os estudantes tenham a possibilidade de observar e examinar os fenômenos, construir e testar hipóteses e, também, de buscarem construir explicações e argumentos que justifiquem os dados obtidos. Na mesma direção, Gaspar (2005) afirma que a prática experimental deve ter por meta o desencadeamento de interações sociais entre alunos e professores de forma a tornar as explicações científicas mais acessíveis aos aprendizes.

Portanto, como destacam Bevilacqua e Coutinho-Silva (2007), as atividades experimentais são ferramentas preciosas para o ensino de Ciências. Essa consideração é tão significativa que Araújo e Abib (2003) fizeram um levantamento das diferentes propostas que são indicadas para o trabalho experimental com os alunos. Esses autores identificaram a existência de propostas das formas mais variadas:

- as indicadas para iniciar os alunos em níveis diferentes de matematização do fenômeno observado;
- as que têm como meta realizar atividades de demonstração experimental, nas quais os estudantes podem verificar leis, princípios, regras ou a validade de determinada equação.
- as que envolvem o uso das novas Tecnologias de Informação e Comunicação, como por exemplo, as simulações computacionais;

- as que relacionam um tema científico com as questões do cotidiano dos estudantes; e
- aquelas que envolvem os estudantes em montagens de experimentos e ou equipamentos para a observação e demonstração de um fenômeno.

Portanto, como destacam Bevilacqua e Coutinho-Silva (2007), as atividades experimentais são ferramentas preciosas para o ensino de Ciências, pois se configuram em oportunidades ao professor em utilizar-se da estratégia para envolver os estudantes em situações problemas, estimulando-os ao questionamento e à investigação.

Porém, Guimarães (2009) acentua que não é a atividade em si o importante para o ensino, mas a maneira como ela é utilizada no contexto de sala de aula. Para o autor, os professores devem utilizar-se da estratégia experimental para envolver os estudantes em situações-problemas, estimulando-os ao questionamento e à investigação, evitando atividades experimentais nas quais os estudantes seguem procedimentos ditados por uma “receita de bolo” que os tornam passivos ante aos resultados de sua observação.

A esse respeito pode-se concluir que o ideal é utilizar-se da atividade experimental para tornar o estudante mais ativo no processo de ensino e de aprendizagem, incentivando-o a se envolver mais intensamente com objeto do conhecimento e na interação social com seus pares em busca de soluções para um problema proposto.

Em relação a isso, Pella (1969) já propunha uma análise dos graus de liberdade que uma atividade experimental oferece à atuação do estudante. A partir dessa perspectiva, defende-se que prática didática da experimentação não limite a autonomia intelectual dos estudantes. Ao contrário disso, entende-se que a experimentação deve proporcionar um desenvolvimento da capacidade do aluno em não apenas observar o fenômeno e coletar dados, mas também a de, inclusive, propor o problema a ser investigado.

Diante da importância constatada pelos pesquisadores em ensino de ciências sobre os impactos positivos da prática experimental sobre a aprendizagem dos alunos é de se estranhar o motivo pelo qual esse tipo de atividade não seja mais disseminado nas escolas brasileiras. Afinal, independentemente das concepções que se tenha de como a atividade experimental deve ser trabalhada em sala de aula, de forma geral, há um consenso na área de que a experimentação é fundamental para a educação científica.

Essa realidade, portanto, não esgota a questão sobre o uso das atividades experimentais em sala de aula, pois, apesar das indicações teóricas evidenciarem a importância da experimentação em sala de aula, alguns entraves acontecem na escola, tendo em vista vários fatores, dentre os quais podemos citar: a falta de laboratório ou de equipamentos para a realização desse tipo de atividade, a inexistência de alguém que se responsabilize pela montagem, desmontagem e manutenção necessárias dos equipamentos experimentais, sem falar do despreparo docente, tanto técnico quanto em relação à metodologia didática a ser utilizada para se planejar e dirigir esse tipo de atividade (MONTEIRO et al, 2013).

Algumas alternativas, para superar tais dificuldades, são propostas, tais como as simulações virtuais, que, por sua vez, atendem determinadas especificidades do processo de ensino e de aprendizagem, contudo, caracteriza-se por uma condição idealizada da realidade e limita ação do aluno, pois impede que se realizem ações que estejam além daquelas para o qual foi programado.

Cardoso e Takahashi (2011) destacam que com o desenvolvimento das novas tecnologias de informação e comunicação surgiu um novo modelo de atividade experimental, aquela que pode ser realizada de maneira remota.

Como destaca Monteiro (2013), experimentos remotos são experimentos reais, disponibilizados em local diferente daquele onde se encontram os estudantes que vão controlá-lo para observarem o fenômeno e coletarem os dados. Para isso, são automatizados para que possam receber comandos de usuários por meio de computador conectado à Internet. Por meios de câmeras locais que enviam imagens em tempo real, os usuários podem visualizar todo o procedimento experimental, bem com a ocorrência do fenômeno.

Os experimentos remotos têm sido atualmente indicados como uma alternativa para falta de infraestrutura das escolas para a realização da experimentação, oportunizando um meio ágil, disponível vinte quatro horas por dia, todos os dias, à disposição de alunos e professores (CARDOSO E TAKAHASHI, 2011).

Contudo, os autores destacam que a maioria dos experimentos controlados remotamente disponíveis está voltada ao ensino superior de engenharia elétrica, não atingindo, portanto, a gama mais carente de estudantes, que é a aquela concentrada na educação básica.

Nesta perspectiva, neste trabalho, temos o intuito de construir e avaliar um experimento remoto que possa contribuir para o processo de ensino e de aprendizagem de conceitos de Matemática e de Física.

Assim sendo, este trabalho se inicia a partir do estudo sobre a real importância que as pesquisas em ensino de ciências atribuem à experimentação, buscando identificar as características mais desejadas em uma atividade experimental com vistas ao seu emprego educacional. No segundo capítulo, apresenta-se a definição, bem como as considerações que são feitas aos laboratórios controlados remotamente, no intuito de identificar como esse recurso pode ser mais bem aproveitado no contexto da educação básica. No terceiro capítulo, é descrito, com detalhes, os procedimentos de coleta e análise de dados que foram e que serão adotados para o estabelecimento das conclusões deste trabalho de pesquisa. No quarto capítulo, dados preliminares do experimento construído são disponibilizados, bem como todo o material de suporte que ele oferece aos alunos e professores. Por fim, no quinto e último capítulo são apresentadas as considerações preliminares do trabalho.

CAPÍTULO 1 - A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

É lógico admitir que uma metodologia de ensino deve ser construída atendendo as necessidades de aprendizagem do estudante. Por isso a prática de ensino não deve exigir que os alunos se adaptem às condições de sala de aula. Ao contrário deve estar voltado à maneira pela qual o estudante aprende. Assim, à pergunta: “Como se deve ensinar?” a resposta mais adequada deverá ser: “Deve-se ensinar de maneira a possibilitar processos de aprendizagem.” Contudo, como consequência dessa resposta, outra pergunta surge inevitável: “Quais processos possibilitam essa aprendizagem?”.

Essa questão deve motivar as pesquisas educacionais para se compreender como e quais são os processos nos quais o conhecimento é produzido. Como neste trabalho estamos em busca de desenvolver meios para possibilitar a aprendizagem de conhecimentos científicos, essa busca passa por entender a bases da epistemologia.

1.1 – Da epistemologia para a construção de uma pedagogia da Ciência

Durante muito tempo, a Ciência foi vista como o modelo do conhecimento verdadeiro e objetivo, e ainda hoje esta corrente, que pode ser caracterizada como positivista, prevalece no senso comum, no qual a Ciência é tida como uma descrição exata e rigorosa da realidade. Nesse sentido (ARRUDA e LABURU, 1998), caracteriza a concepção mais comum do significado de Ciência:

- 1) As leis ou teorias científicas existem na natureza e podem ser descobertas pela investigação científica, ou seja, através da observação sistemática. A partir da experimentação ou medição as leis e teorias são criadas...
- 2) A função do experimento na ciência é comprovar as hipóteses ou teorias levantadas, as quais podem então ser chamadas de leis e consideradas verdadeiras. Portanto são científicas somente as afirmações comprovadas experimentalmente (ARRUDA & LABURÚ, 1998, 54-55)

Desse ponto de vista, o conhecimento é compreendido como verdades que se encontram cobertas na natureza e, por isso, para serem reveladas ao aprendiz é preciso que este não se detenha a simples observação superficial. É preciso procurar a verdade que está

sob o véu, daí o sentido de que os cientistas descobrem as leis do universo a partir de suas práticas investigativas.

Como descrito, a prática investigativa envolve, necessariamente, a verificação de certas regularidades por meio da experimentação. Portanto, para qualquer proposição que não seja testada e devidamente comprovada experimentalmente não se pode atestá-la como verdade.

Em decorrência dessa concepção de como se dá o processo de aprendizagem, o ensino deve estar centralizado no professor, já que é este quem deve, através da atividade experimental, proporcionar aos alunos que verifiquem a verdade que está escondida por debaixo do véu da ignorância. O bom aluno deve, assim, ser dócil ao professor, seguindo-o, passivamente, os passos, anotando suas considerações, sem permitir que suas ideias, sentimentos, crenças e experiências próprias se manifestem e atrapalhem a apreensão da realidade que lhe é mostrada.

Essa visão da produção do conhecimento científico como um processo empírico-indutivista parte da ideia de que a aprendizagem se inicia pelo processo de observação. Nesse sentido, uma hipótese se torna conhecimento científico, quando, a partir de várias experiências, se observa uma relação entre fatos, que se permite induzir a teoria que generaliza os dados coletados. Desse ponto de vista, parte de situações particulares para se aprender sobre a realidade mais geral.

No entanto, para o Filósofo Karl Popper (1902-1994), a ciência é fato objetivo, pois descreve o que se passa no mundo independente do que as pessoas pensam ou querem, porém, essa objetividade nunca nos dá garantias de que as nossas observações e teorias sejam verdadeiras, isto porque uma teoria científica, baseada em casos particulares, não, necessariamente, consegue abarcar todos os aspectos da realidade geral. Portanto, Popper (2013) conclui que uma teoria pode ser considerada boa se, confirmada empiricamente, resiste à refutação. Assim, para este filósofo da ciência uma teoria científica jamais pode ser considerada verdadeira tendo em vista que pode ser refutada por uma dada experimentação futura. Por isso, a experimentação, apesar de não ser considerada o meio para a obtenção do conhecimento verdadeiro, contribui para refutar teorias que são falsas.

Por consequência, na visão de Popper, o critério de falseabilidade é importante, pois, à medida que uma teoria é refutada, ela possibilita aos cientistas novas hipóteses para a lapidação teórica.

Desse ponto de vista, as práticas de ensino são deslocadas. Não basta que a experimentação seja realizada, é preciso considerar as hipóteses que levam os alunos a dirigir sua atenção para algo específico, ou seja, que orienta sua observação. Desse ponto de vista, ouvir as ideias que os alunos trazem para a escola acerca de determinado fenômeno passa a ser importante estratégia de ensino. A experimentação serviria como procedimento para separar as ideias falsas daquelas potencialmente verdadeiras. Assim, a construção do conhecimento científico, se não é a expressão máxima da verdade, caminha sempre em direção a ela, pois mesmo que nunca tenhamos certeza de alcançá-la, pela experimentação, nos desvinculamos de qualquer ideia falsa.

Assim sendo, o professor deve preparar atividades não mais para fazer os alunos verem por sob o véu, mas para levá-los a pensarem e a explicitarem suas ideias prévias sobre o estudo em questão, além disso, a atividade experimental deve ser tal que possa falsear as ideias, apresentadas por eles, que não estiverem de acordo com as aceitas cientificamente.

Para o epistemólogo Thomas Kuhn (2013) é preciso considerar dois períodos de construção do conhecimento científico: período de Ciência Normal e período de Ciência Extraordinária.

No período de Ciência Normal, Kuhn afirma que os cientistas baseiam seu trabalho no que autor denominou de paradigmas. Os paradigmas seriam os modelos aceitos como padrões de prática científica utilizados pelos cientistas para resolverem seus problemas. O *status* de paradigma só é alcançado por trabalhos científicos mais bem sucedidos que seus competidores na tarefa de apresentar solução para uma dada questão. Portanto, para Kuhn, o paradigma assume a condição de modelo exemplar a ser seguido, já que mostrou potencial para resolver problemas e fazer previsões com sucesso.

Por consequência, no período de Ciência Normal, os cientistas trabalham sob a influência do paradigma vigente, lapidando-o, aperfeiçoando. Nesta fase os cientistas não buscam superar o paradigma. Utilizam-no para resolver problemas. Quando anomalias surgem, ou seja, situações em que o paradigma é posto em xeque, são deixadas de lado para que no futuro possam ser resolvidas.

Os períodos de Ciência Normal são interrompidos quando o paradigma entra em crise, ou seja, acumulam-se anomalias que não podem ser superadas a não ser por outro paradigma que deve surgir para substituir o antigo. É o período de Ciência Extraordinária: nele passa existir uma competição entre teorias pelo *status* de paradigma.

Do ponto de vista de Khun (2013), não há critérios lógicos para se mensurar a veracidade do novo paradigma e a falsidade do anterior, pois diferentemente do pensamento de Popper, o autor afirma que o experimento não serve para comprovar e nem para refutar a validade de uma teoria.

Assim sendo, a partir dessa interpretação, o conhecimento tomado como paradigma científico é aquele que foi capaz de convencer os membros da capacidade científica em segui-lo, utilizá-lo em seus trabalhos. Nesse caso, a atividade experimental serve como mais um elemento a partir do qual um cientista lança mão para construir e requintar seus argumentos no sentido de convencer seus pares de que tem razão.

Trazendo a perspectiva khuniana para o trabalho de sala de aula, podemos entender que o processo de ensino deve considerar dois momentos: um que se assemelha ao período de Ciência Normal, admitindo que os estudantes lancem mão de suas concepções alternativas, para buscarem resolver os problemas propostos pelo professor. Enquanto não percebem qualquer anomalia em sua teoria para prever os resultados experimentais, os estudantes tendem a se manter comprometidos com suas ideias. Portanto, o professor deve oportunizar situações de crise para o modelo explicativo do estudante, de tal forma a introduzi-lo ao período de Ciência extraordinária.

A partir dessa perspectiva, ao confrontar situações de anomalia, os estudantes tenderiam a abandonar suas concepções prévias e estariam abertos para criar novas explicações que justificassem os dados obtidos no experimento e, em condições de construir argumentos capazes de convencer seus pares que seu ponto de vista é melhor. O professor, então, deve criar e sustentar, em sala de aula, um ambiente rico em estímulos capazes de incentivar os estudantes a interagirem socialmente entre eles.

Atribui-se ao modelo epistemológico de Khun a inspiração para o modelo pedagógico de mudança conceitual que foi publicado Posner *et.al.* (1982), tornando-se referencial importante em trabalhos que duraram à década de 1990 (PEREIRA e OSTERMANN, 2011).

Em nossa opinião, o modelo de mudança conceitual foi inspirado no modelo epistemológico de Imre Lakatos.

Para Lakatos (1979), a produção do conhecimento científico se dá através do desenvolvimento de programas de pesquisa. Neles, os cientistas se baseiam em teorias, que aceitam firmemente, constituindo-se, portanto, em um “núcleo irreduzível” de seus trabalhos.

Para Lakatos, enquanto os cientistas trabalham no contexto de um Programa de Pesquisa, eles não tentam refutar as teorias que lhes servem de referencial. Ao contrário, tendem a criar “cinturões protetores” em torno delas, ou seja, teorias auxiliares que protegem o núcleo contra as possíveis anomalias, acarretando em mudanças no “cinturão protetor” para que não se altere o seu “núcleo irreduzível”.

Na visão do epistemólogo, esses Programas de Pesquisas podem ser progressivos, se, apesar das anomalias que modificam seu “cinturão protetor”, há ainda possibilidade de explicar antigos e futuros questionamentos, ou regressivos, se atingiu um limite em sua capacidade de continuar a dar frutos para a continuidade do progresso científico.

A partir desse ponto de vista a experimentação volta a ter o papel de falsear uma teoria que faz parte do “cinturão protetor”, sem, contudo, poder negar o “núcleo irreduzível”.

O modelo de Mudança Conceitual proposta por Posner et.al. (1982) evidencia que um estudante, assim como um cientista que tem teorias que formam seu núcleo duro a ser utilizado em suas pesquisas, traz para escolas uma série de ideias prévias sobre os fenômenos naturais construídos na base do senso comum.

Essas ideias prévias são resistentes a mudanças porque os alunos tendem, assim como os cientistas fazem, a criarem “cinturões protetores” em torno das ideias mais fundamentais que construíram fora do ambiente escolar.

Segundo Posner et. al. (1982), para que a mudança conceitual pudesse existir os alunos deveriam perceber que seus “Programas de Pesquisas” eram regressivos e, por isso deveria passar por um processo de insatisfação. Assim, o professor deveria organizar uma série de atividades nos quais anomalias fossem observadas.

Neste aspecto, é interessante notar que o modelo proposto por Posner e outros se aproxima da noção de desequilíbrio proposto por Piaget (Hashweh, 1986).

Por fim, após passarem pelo processo de insatisfação, os alunos deveriam ser apresentados a uma nova concepção, no caso, a aceita cientificamente.

A Mudança Conceitual só ocorreria se a nova teoria proposta pelo professor tivesse as seguintes características:

- Inteligibilidade, ou seja, compreensiva para os alunos;
- Plausibilidade, ou seja, capaz de explicar, além dos dados que eram explicados pelas ideias prévias, também as anomalias observadas; e
- Frutibilidade, ou seja, frutífera no sentido de se constituir em um Programa de Pesquisa progressivo.

Assim, podemos perceber que a partir de diferentes concepções epistemológicas podemos propor diferentes maneiras de ensinar conceitos científicos para os alunos. Nesse aspecto, há que destacar que mudanças sobre o papel da experimentação no ensino ocorrem se buscarmos inspiração em diferentes concepções epistemológicas.

Portanto, dependendo da maneira como o professor entende o significado da natureza Ciência, bem como do fazer científico, sua maneira de planejar e dirigir a atividade experimental em sala de aula será de uma dada forma.

De qualquer forma, independentemente da visão epistemológica que se alinhe, pode-se concluir que a experimentação é considerada essencial para o desenvolvimento da aprendizagem científica.

1.2 – Visões atuais sobre o papel da experimentação no ensino de Ciências

Na tentativa trilhar horizontes mais enriquecedores para o ensino de Ciências, diversos pesquisadores na área de Ensino, tais como (LIMA e TEIXEIRA, 2014; MONTEIRO, 2013; OLIVEIRA, 2010; CARVALHO E SASSERON, 2010; GASPAR, 2009; ARAÚJO e ABIB, 2003), enfatizam a importância da experimentação no ensino de Ciências, estabelecendo considerações importantes acerca da sua utilização no contexto de sala de aula.

Monteiro (2013) realça a importância do professor em tornar o aluno responsável pela própria aprendizagem, devendo, na atividade experimental, ser estimulado a se debruçar em

torno de uma questão buscando soluções. Assim sendo, aponta a necessidade de utilizar a experimentação para propiciar que os estudantes levantem e testem hipóteses, que busquem construir modelos explicativos e que desenvolvam argumentos que defendam suas ideias e interpretações.

Oliveira (2010) destaca a relevância que a atividade experimental pode ter para o aprimoramento da capacidade de observação, de registro e de organização das informações que são coletadas na tomada de dados. Isso exige dos alunos uma atenção maior, pois é necessário analisar os dados, propor hipóteses e explicações para os fenômenos, o que, por sua vez, facilita para o professor a detecção e a correção de possíveis erros conceituais apresentados pelos alunos.

Outro fator interessante, salientada por Lima e Teixeira (2014), é que o professor não deve perder a oportunidade de planejar a atividade experimental de tal forma que se facilite a criação de um ambiente favorável para se discutir e tentar compreender a natureza da ciência e o papel do cientista em uma investigação, deixando claro para o aluno que as atividades experimentais realizadas no contexto escolar possuem objetivos bem diferentes daquelas realizadas pelos centros de pesquisa, sendo assim importante que eles percebam que a construção do conhecimento científico não depende da simples observação, e que possui um caráter subjetivo do observador.

Gaspar (2009) defende que a atividade experimental em sala de aula é importante por três motivos:

- Possibilita uma melhor interpretação do conhecimento científico: o exercício prático possibilita vivências que permitem os alunos estabelecerem relações entre grandezas observadas e medidas, bem como da elaboração de significados do assunto ministrado na aula;
- Facilita a interação social: a realização de trabalhos em grupos que envolvem os estudantes na busca por soluções de problemas facilita a ocorrência da troca de ideias, estimulando a curiosidade e o compartilhamento de opiniões;
- Maior envolvimento dos alunos: é possível observar que nesse tipo de atividade a participação dos alunos quase unânime.

Em posição convergente, Oliveira (2010) só alerta para o fato de que não é qualquer atividade experimental que motiva e desperta a atenção dos alunos, comprometendo-os com o

processo de ensino e de aprendizagem, pois, depende da estratégia utilizada para conduzir a atividade em sala de aula. Assim, é fundamental que o professor esteja atento à maneira de planejar e dirigir a atividade experimental para não perder o potencial didático que ela pode oferecer.

Araújo e Abib (2003) fazem uma classificação da maneira como as atividades experimentais têm sido propostas em artigos científicos:

- **Demonstrativa:** Este tipo de atividade experimental é coordenado pelo professor que irá executar o experimento, no intuito de fornecer conceitos científicos de maneira mais perceptível, criando a possibilidade de um diálogo, resultando em conflitos cognitivos benéficos a aprendizagem.
- **Investigativa:** As atividades experimentais investigativas são estratégias que permitem que o aluno tenha uma posição mais ativa no processo de construção do conhecimento, cabendo ao professor o papel de mediador neste processo.

Neste sentido,

[...] se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele possivelmente será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discutí-las, aprendendo sobre os fenômenos químicos estudados e os conceitos que os explicam, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico. (STUDART e MARCONDES, 2008, p. 2)

- **Verificação:** É aquela atividade realizada pelo aluno que, a partir de um roteiro preparado pelo professor, segue passos com o intuito de comprovar uma lei ou teoria, das quais já se tem os resultados esperados. Apesar de não ser a estratégia mais indicada, há a justificativa de que este tipo trabalho experimental pode proporcionar ao aluno o desenvolvimento da capacidade de ler e seguir passos de um manual, interpretar parâmetros que determinam os fenômenos físicos criando a relação com os conceitos científicos, além de tornar o ensino mais realista, possibilitando ainda desenvolver a capacidade de efetuar generalizações.

Em seguida apresentamos a tabela elaborada por Oliveira (2010) que resume as formas de abordagem da atividade experimental em sala de aula.

Tabela 1 – Tipos de abordagem de atividades experimentais

	DEMONSTRAÇÃO	VERIFICAÇÃO	INVESTIGAÇÃO
Papel do professor	Executar o experimento; fornecer as explicações para os fenômenos	Fiscalizar a atividade dos alunos; diagnosticar e corrigir os erros	Orientar as atividades; incentivar e questionar as decisões dos alunos
Papel do aluno	Observar o experimento; em alguns casos, sugerir explicações	Executar o experimento; explicar os fenômenos observados	Pesquisar, planejar e executar a atividade; discutir explicações
Roteiro de atividade experimental	Fechado, estruturados e de posse exclusiva do professor	Fechado e estruturado	Ausente ou, quando presente, aberto ou não estruturado
Posição ocupada na aula	Central, para ilustração; ou após a abordagem expositiva	Após a abordagem do conteúdo em aula expositiva	A atividade pode ser própria aula ou pode ocorrer previamente à abordagem do conteúdo
Algumas vantagens	Demandam pouco tempo; podem ser integrada à aula expositiva; úteis quando não há recursos materiais ou espaço físico suficiente para todos os alunos realizarem a prática	Os alunos tem mais facilidade na elaboração de explicações para os fenômenos; é possível verificar através das explicações dos alunos se os conceitos abordados foram bem compreendidos	Os alunos ocupam uma posição mais ativa; há espaço para criatividade e abordagem de temas socialmente relevantes; o “erro” é mais aceito e contribui para o aprendizado
Algumas desvantagens	A simples observação do experimento pode ser um fator de desmotivação; é mais difícil para manter a atenção dos alunos; não há garantias que todos estarão envolvidos	Pouca contribuição do ponto de vista da aprendizagem de conceitos; o fato dos resultados serem relativamente previsíveis não estimula a curiosidade dos alunos	Requer maior tempo para sua realização. Exige um pouco de experiência dos alunos na práticas de atividades experimentais

De forma geral é possível concluir que são várias as demandas sobre o ensino de Ciências, em termos de desenvolver no estudante diferentes habilidades e competências e que a atividade experimental pode se constituir em grande aliado do professor nessa tarefa. Mas, para isso, é necessário que a escola tenha as condições mínimas de infraestrutura para a realização desse tipo de atividade e que o professor esteja devidamente preparado para planejar e dirigir estratégias experimentais em sala de aula.

1.3 – Dificuldades para a utilização da prática experimental no ensino de Ciências

Além das várias pesquisas que destacam a importância da experimentação para o ensino de Ciências, há aquelas que apontam diferentes dificuldades enfrentadas pelo professor para programá-las em sala de aula. Monteiro *et al* (2013) chamam a atenção para algumas dessas dificuldades: a falta de laboratório ou de equipamentos necessários para a montagem dos experimentos, falta de um funcionário que realize a montagem e a desmontagem do aparato experimental e que realize as manutenções e substituições de peças ou produtos, e o despreparo docente, tanto técnico quanto metodologicamente para planejar e dirigir esse tipo de atividade.

Para termos noção da falta da infraestrutura escolar, para a realização de experimentos, apresentamos os dados do Censo Escolar de 2014 do Ministério da Educação (BRASIL, 2014). Nele é possível perceber parte da realidade que acontece nas escolas; em um total de 188.673 instituições de ensino, dentre Públicas e Particulares, da Educação Básica, apenas 11% possuem Laboratório de Ciências. Considerando somente a escola pública esse número fica ainda mais alarmante, em torno de 8%.

Ao considerar as escolas estaduais, temos que apenas 30% delas possuem laboratório de Ciências, 81% apresentam um laboratório de Informática e temos que 88% das escolas estaduais brasileiras possuem Internet.

Observando as escolas Estaduais do Estado de São Paulo, temos que o percentual é bem próximo a realidade do Brasil, na qual 28% delas possuem laboratório de ciências, 88% laboratório de informática. Um dado muito interessante em relação às escolas estaduais do Estado de São Paulo é que a Internet é muito mais comum do que as Bibliotecas, como podemos ver na tabela abaixo:

Tabela 2- Infraestrutura das escolas estaduais.

Infraestrutura	Brasil	São Paulo	Guaratinguetá
Laboratório de Ciências	30%	28%	29%
Laboratório de Informática	81%	88%	94%
Biblioteca	60%	8%	12%
Internet	88%	90%	94%
Banda Larga	74%	78%	82%

Escolas pesquisadas	30.758	5666	17
----------------------------	--------	------	----

Fonte: dados retirados de (CENSO ESCOLAR,2014).

Na cidade de Guaratinguetá, município onde a pesquisa está sendo realizada, há um total de 17 escolas estaduais, das quais apenas 29% possuem laboratório de ciências, porém o aspecto que nos chama a atenção é que, por outro lado, temos em 94% delas laboratórios de informática com disponibilização do acesso à Internet.

Para tentar minimizar a falta de laboratórios e, ao mesmo tempo, aproveitar a infraestrutura de computadores e de Internet disponível nas escolas, este trabalho busca estudar a questão da utilização do conceito de laboratórios controlados remotamente.

Segundo Cardoso e Takahashi (2011) e Monteiro *et al* (2013), os experimentos remotos têm sido atualmente propostos em cursos engenharia elétrica como meio para intensificar o caráter experimental e investigativo na formação dos profissionais.

A seguir, no próximo capítulo, abordaremos, de forma mais detalhada, em que consistem os laboratórios controlados remotamente, suas vantagens e possibilidades de aplicação no contexto da Educação Básica.

CAPÍTULO 2 – LABORATÓRIOS CONTROLADOS REMOTAMENTE

Nas últimas décadas o extraordinário avanço das tecnologias de informação e comunicação (TIC) possibilitou uma revolução na maneira como as pessoas se comunicam e obtém informação. Essa realidade tem exigido que os cidadãos sejam formados com as habilidades necessárias para interagirem com essas tecnologias que a cada dia estão mais comuns em seus cotidianos.

As crianças, mesmo antes de chegarem à escola, tem contato com os computadores e acessam sem dificuldade a internet. Isso tem possibilitado a existência de uma geração de adolescentes cujo desenvolvimento cognitivo está sendo mediado pelas novas tecnologias.

Nessa direção, Crary (2001) chama a atenção para o fato de como essas tecnologias alteram a forma como os indivíduos da nova geração percebem suas experiências subjetivas.

Pierre Lévy (1993) defendia a ideia de que as TIC(s) poderiam contribuir para criação de uma maior sociabilização entre as pessoas e da construção de uma “inteligência coletiva” se contribuíssem para uma comunicação cada vez mais ampla através do computador de forma multilateral e democrática. Talvez Lévy acreditasse que a interação homem-tecnologia poderia gerar uma evolução na maneira de pensar a partir da combinação das formas como homens e máquinas resolvem problemas.

De qualquer modo, não há como negar o fato de que as tecnologias, sejam elas quais forem, interferem em nossa maneira de pensar e aprender. Norman (1993) exemplifica esse fato lembrando como o papel, o lápis e a calculadora tem impacto na cognição humana. Somando-se a tudo isso tudo o que sabemos sobre as teorias de Piaget e de Vigotski, podemos afirmar que a cognição é um processo altamente influenciado por mecanismos individuais, sociais, culturais e por dispositivos tecnológicos. Portanto, o uso do computador e da internet, tendo em vista as múltiplas tarefas que disponibilizam, bem como a ampliação das redes de contato social que facultam, trazem impactos significativos para a maneira pela qual o indivíduo apreende a realidade.

Diante dessa constatação, não há como a escola não considerar o uso das TIC(s) no processo de ensino e de aprendizagem. No caso do Ensino de Ciências, além de recursos, e as

animações de fenômenos, existem os chamados laboratórios controlados remotamente e os laboratórios virtuais.

O laboratório virtual segundo Sim (2016) é relativamente recente, seu surgimento data do início da década de 90. Segundo a autora, esse tipo de laboratório se estabelece a partir da criação de um software, ou seja, um programa de computador com o intuito de simular instrumentos e experiências. Sendo assim, possuem a vantagem de não precisar de um espaço físico para realizar as experiências, além de poder ser acessado pelo computador a qualquer hora do dia. Um exemplo desses laboratórios são as simulações *PhET*, programadas em *Java*, *Flash* ou *HTML5*, que oferece experimentos de Matemática e Ciências que podem ser realizadas pela interação direta na internet ou a partir do *download* no computador.

A construção de um experimento virtual, produzido com a qualidade necessária para que atinja seus objetivos mínimos, envolve grande investimento de tempo e de dinheiro, no entanto, depois de concluída, poderá ser copiada e distribuída a um custo muito mais baixo. (BOHNE; FALTIN e WAGNER, 2002).

Os laboratórios virtuais têm por objetivo simular fenômenos naturais a partir do uso de modelos matemáticos. Assim, alunos e professores podem simular práticas experimentais em sala de aula, sem a necessidade de aparatos experimentais. Além disso, apresenta uma interface gráfica que possibilita a apresentação de recursos que ilustram aspectos próprios do modelo científico, propiciando uma maior compreensão dos estudantes. Assim, por exemplo, num experimento virtual sobre o fenômeno de eletrização, não só é possível observar a relação de causa e efeito, como também representações dos átomos perdendo ou ganhando elétrons (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003).

Apesar dessas vantagens, os laboratórios virtuais caracterizam-se por apresentarem uma condição idealizada da realidade, fato que limita a ação do aluno que não pode ir além do que o software foi programado para executar, como destaca Lopes (2007) não há sequer possibilidade de a experiência falhar devido a uma escolha equivocada do aluno, pois o software executa sempre a mesma simulação.

Portanto, para discussões que se estabeleçam em torno dos limites de validade de uma teoria, envolvendo a análise das condições de contorno respeitadas pelo aparato experimental não tem como ser bem explorado a partir dos laboratórios virtuais.

Neste sentido, o uso de experimentos remotos tem sido indicado atualmente, como um recurso que pode contribuir com escolas que não dispõem de infraestrutura ideal para a realização de atividades experimentais, além de oferecer algumas vantagens interessantes para o ensino de Ciências (CARDOSO E TAKAHASSHI, 2011; MONTEIRO *et al* , 2013). Sendo assim os autores afirmam que o laboratório remoto, “é um laboratório real, com a possibilidade de ser acessado de qualquer local por meio de um computador conectado à Internet” (CARDOSO E TAKAHASHI, 2011, p. 186).

Segundo Aktan (1996) a primeira experiência utilizando a experimentação remota com fins educacionais, foi desenvolvida pela *Oregon State University* em 1995. De lá para cá, outras iniciativas foram desenvolvidas, mas a grande maioria ainda está voltada para o ensino superior de engenharia elétrica.

De forma geral, um laboratório remoto oferece o acesso a equipamentos, bancadas e experimentos de laboratório real por meio de um computador conectado à internet, neste sentido o aluno estará trabalhando com um experimento real, possibilitando ao usuário obter qualquer resultado, diferentemente dos experimentos disponibilizados nos laboratórios virtuais. Portanto, as escolas que não possuem laboratório, poderão utilizar o laboratório remoto, que assume as mesmas características do laboratório tradicional.

Alguns autores destacam algumas vantagens do experimento remoto (ELAWADY E TOLBA, 2009; CARDOSO E TAKAHASHI, 2011 ; LOPES, 2007 ; SILVA,2006; MONTEIRO *et al.* 2013)

- Maior utilização dos equipamentos do laboratório. Ao estarem disponíveis os equipamentos 24 horas por dia, 365 dias ao ano seu rendimento é maior.
- Organização de laboratórios. Não é necessário manter abertos os laboratório a todas as horas, basta com que estejam operacionais.
- Organização do trabalho dos alunos. Com os laboratórios remotos os alunos e professores podem organizar melhor seu tempo, de maneira similar aos horários de aulas.
- Abertura a sociedade. Os laboratórios remotos podem ser colocados a disposição da sociedade.
- Inserção dos usuários em um contexto real.

- Permite ao estudante interagir com o experimento real, sem qualquer risco de danificar o experimento ou o alunos sair ferido ao manuseá-lo.

Segundo Aktan, (1996) um laboratório remoto adequado é aquele que possa permitir que os alunos executem exatamente as mesmas ações como se estivesse em um laboratório presencial.

Neste sentido Monteiro, *et al.* (2013) oferece um modelo de conectividade entre usuários e experimentos por meio do uso da placa arduino.

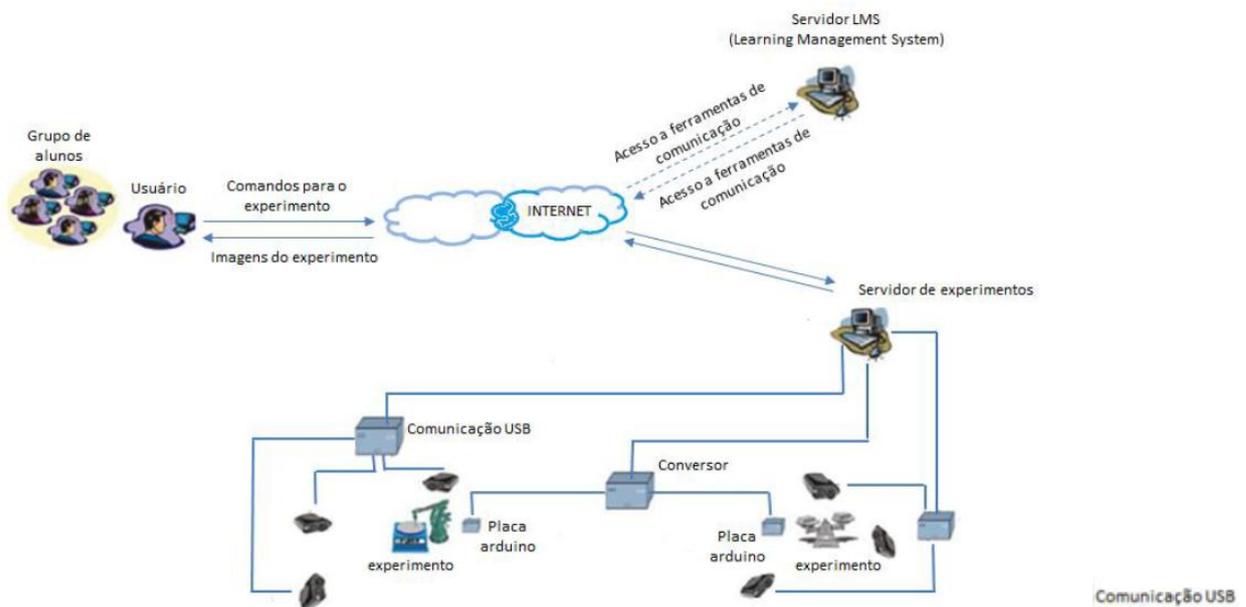


Figura 1 - Modelo de laboratório remoto proposto por Monteiro *et al.* (2013)

Nesse modelo o usuário para utilizar o laboratório remoto terá que, por meio de um computador conectado a internet, acessar o servidor de experimentos para escolher qual dos experimentos quer realizar. Feita a opção poderá acessar o painel de controle do experimento para configurá-lo de acordo com seus objetivos.

O modelo proposto por Monteiro (*opus cit*), destaca a existência de um LMS (*Learning Management System*), ou seja, um Sistema de Gerenciamento de Aprendizagem, que tem por objetivo dar suporte aos usuários, disponibilizando recursos diversos como salas de bate-papo, para a discussão dos dados obtidos no experimento, textos de apoio, vídeo-aulas, software para construção de gráficos, problemas propostos, problemas resolvidos, entre outros.

No entanto alguns autores como (MARTINS, 2013; LOPES, 2007; ELAWADY E TOLBA; 2009) também destacam algumas desvantagens do laboratório remoto, dentre elas temos:

- A impossibilidade dos alunos fazerem a mesma experiência ao mesmo tempo.
- Não existe uma troca de experiências com outros alunos, ou de docentes para alunos.
- A falta de um docente para acompanhar a atividade para o auxílio do aluno ao realizar o experimento.
- Não é todo experimento que pode ser controlado remotamente, pois existem experimentos que exigem a troca de materiais para a reutilização, como por exemplo, experimentos de química.

No trabalho de Sim (2016) a autora apresenta uma tabela que resume as características dos laboratórios tradicionais, virtuais e controlados remotamente.

Tabela 3 – Características dos diversos tipos de laboratório

Parâmetro	Lab Tradicional	Lab Remoto	Lab Virtual
Custo	Alto	Alto	Baixo
Equipamentos e instalações	Necessidade de equipamentos e espaço físico	Necessidade de equipamentos e pequena demanda de espaço físico	Não demanda equipamentos e espaço físico
Habilidades manuais	Melhor uso	Próximo ao laboratório real	Totalmente virtual
Realidade e controle real	Muito alto	Razoavelmente alto, dependendo da interface audiovisual	Baixa para 2D e realística para 3D
Acessibilidade	Limitada	Quase ilimitada	Ilimitada
Supervisão do instrutor	Necessidade da presença física do instrutor durante sessões	Por meio de comunicação síncrona ou assíncrona	Por meio de comunicação síncrona ou assíncrona
Apoio e trabalho em equipe	Apoio de assistente de laboratório e membros da equipe	Independente	Independente
Benefícios educacionais	Experiências reais e habilidades práticas	Interação com equipamento real via internet	Boa exposição à aprendizagem conceitual

Segurança	Equipamentos	Não requer procedimentos de segurança	Não requer procedimentos de segurança
Manutenção	Equipamentos	Equipamentos e atualização de softwares	Atualização de Softwares

Fonte: SIM (2016)

Algumas dessas desvantagens podem ser contornadas, por exemplo, a falta de um docente para acompanhar e auxiliar na atividade e a inexistência de interação entre os alunos e deles com o professor, poderão ser superadas se, a ferramenta LMS, disponibilizar salas de bate-papo ou acesso às redes sociais. Nesse caso, alunos podem debater, enquanto o professor ou um monitor age como moderador das discussões.

Um outro aspecto importante acerca do LMS dos laboratórios remotos é a maneira com que facilita a possibilidade de abordagens interdisciplinares. Isso porque, nessa ferramenta de apoio à aprendizagem, o professor pode lançar mão dos recursos oferecidos pelos hipertextos.

Do ponto de vista etimológico, Santos, *et.al* (2010) explica que o termo hipertexto é originário de seu radical grego *hiper* ($\nu\pi\epsilon\rho$) que quer dizer “além”, assim hipertexto significa, literalmente, para além do texto.

Segundo Barreto Lé (2010), hipertexto refere-se à maneira como um texto pode ser disposto para que se possa permitir a realização de uma leitura não linear no ambiente da informática. Dessa forma, por meio de um hipertexto é possível compartimentar um texto longo em trechos menores, disponibilizando *links*, onde cada tópico de interesse do leitor pode se desdobrar a outros trechos menores do texto original.

Podemos considerar que a partir de uma plataforma no qual se pode acessar um experimento remoto é possível disponibilizar um hipertexto que facilite leituras transversais de um mesmo tema sobre vários olhares disciplinares. Isso poderia facilitar ao professor envolver os alunos em discussões no qual o diálogo entre diferentes disciplinas poderia enriquecê-las.

Como bem destaca Thiesen (2008), a interdisciplinaridade permite a observação da realidade não apenas pela única perspectiva de uma disciplina, ao contrário, possibilita que se possa estabelecer relações entre diferentes pontos de vista disciplinares, não limitando a apreensão do todo.

Porém, sobre a interdisciplinaridade é preciso considerar sua natureza polissêmica, já que não há uma visão única a seu respeito. Segundo Fazenda (1999, p. 66) “a indefinição sobre a interdisciplinaridade origina-se ainda pelos equívocos sobre o conceito de disciplina”.

Coimbra (2000), buscando o significado de disciplina recorre à etimologia da palavra:

O substantivo *disciplina* procede do conceito latino de aprender. Este é o significado do verbo *díscere*, cujo particípio presente em uma das formas declinadas é *discente*, o que aprende. Da mesma raiz aparecem as palavras *discípulo* (o seguidor que aprende com quem ensina – o docente), e *disciplina*, objeto do conhecimento assimilado, aquilo que se aprende e passa a fazer parte da vida. Disciplina, por conseguinte, não é o mero conhecimento ou informação recebida; é o conhecimento assimilado que informa a vida do discípulo. (COIMBRA, 2000, pag 54)

Portanto, em relação ao conceito de disciplina é possível concluir que se refere à organização e delimitação de conhecimentos, organizados a partir de procedimentos didático-pedagógicos com vistas ao seu ensino (FORTES, 2009).

Assim, é possível definir, de forma geral, a interdisciplinaridade como sendo uma interligação entre diferentes disciplinas (PATARO e BOVO, 2012).

Mas o que pode ser entendido por essa interligação? Partindo da definição de disciplina baseada no processo de delimitação do conhecimento como um todo, há que se considerar a interdisciplinaridade como um recorte mais amplo do conhecimento como um todo.

Para Fiedler-Ferrara e Mattos (2004) pode-se considerar o conhecimento com um todo e nesse caso pode-se denomina-lo de pandisciplinaridade, onde o prefixo *pan* significa totalidade. Dessa forma os autores explicam que as disciplinas se constituem em subconjuntos da pandisciplinaridade recortados a partir de um determinado ponto de vista. Isso nos permite, então, definir os termos disciplinaridade, multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade e interdisciplinaridade como sendo recortes epistemológicos de diferentes espessuras na pandisciplinaridade.

Os autores ainda destacam que tais recortes epistemológicos são definidos por intencionalidade, estabelecida em função da noção de valor que se atribui ao subconjunto do conhecimento escolhido em detrimento daquele que foi deixado de lado.

Dessa forma, o conceito de interdisciplinaridade visto a partir da definição de recortes epistemológicos pressupõe uma ampliação dos limites estabelecidos em cada disciplina,

transcendendo os contornos de noção de valores, objetivos e interesses, tornando o saber mais rico, complexo e menos pulverizado (MONTEIRO, 2006).

Neste sentido Morin (2000) defende que a interdisciplinaridade possui um papel importante para o processo de ensino e aprendizagem que as disciplinas não conseguem oferecer, pois parcelam e, conseqüentemente, simplificam os saberes, impedindo que o aluno perceba a realidade e sua complexidade (MORIN, 2000).

Vale, portanto, destacar, que a interdisciplinaridade não visa acabar com as disciplinas, mas sim reconhecer nelas as contribuições que favoreçam o entendimento da realidade complexa como um todo, na qual conhecimentos disciplinares isolados não são capazes de responder.

Além desse fator, temos também o aspecto, do aluno reconhecer o papel dos conhecimentos disciplinares para se chegar ao seu real objetivo, pois, percebemos nos discursos de alguns alunos, questões referentes a esses conhecimentos, principalmente na disciplinas de Matemática e Física, tais como: Para que esse conhecimento me serve? Onde esse conhecimento se aplica na realidade? O que esse conhecimento pode me ajudar? Ou seja, existe uma distância entre o que o aluno aprende na escola, com o que de fato percebe na realidade.

Sendo assim, para Paulo Freire (1987), a interdisciplinaridade é o processo metodológico de construção do conhecimento pelo sujeito com base em sua relação com o contexto, com a realidade, com sua cultura, e, portanto, um ensino com bases em práticas interdisciplinares, terá maior possibilidade de estruturar a formação integral do aluno, na perspectiva que eles serão capazes de “articular, religar, contextualizar, situar-se num contexto e, se possível, globalizar, reunir os conhecimentos adquiridos” (MORIN, 2002B, p.29).

Nesta perspectiva, Luck(2010) oferece reflexões sobre o entendimento da realização de um trabalho interdisciplinar, na qual:

É o processo que envolve a integração e o engajamento de educadores, num trabalho conjunto, de interação das disciplinas do currículo escolar entre si e com a realidade, de modo a superar a fragmentação do ensino, objetivando a formação integral dos alunos, a fim de que possam exercer criticamente a cidadania, mediante uma visão global de mundo, e serem capazes de enfrentar os problemas complexos, amplos e globais da realidade atual (pag, 47).

Ainda de acordo com a autora, a opção de uma abordagem interdisciplinar, implica romper hábitos e acomodações, ou seja, é preciso procurar compreender no problema os conceitos necessários existentes em outras disciplinas. Portanto para Pátaro e Bovo (2012) trabalhar em uma perspectiva interdisciplinar exige um movimento de diálogo entre os saberes, na qual não pode ser visto mais de maneira fragmentada, e sim de maneira a colaborar mutuamente para o enfrentamento dos problemas complexos como a realidade.

Neste trabalho propomos a abordagem interdisciplinar entre física e matemática a partir de um experimento controlado remotamente.

A princípio pode parecer sem sentido propor uma prática interdisciplinar entre Física e Matemática, pois essas duas disciplinas parecem estar naturalmente interconectadas. Porém, partindo da definição de interdisciplinaridade que se baseia na noção de ampliação de limites epistemológicos e da noção de valores, é preciso considerar que a Matemática não pode ser vista apenas como mera ferramenta utilizada na Física para resolver problemas quantitativos.

A Matemática, assim como a Física, não pode ser vista com um conjunto de regras, princípios e Leis, prontas e definitivas. Ambas as Ciências produzem conhecimentos que foram historicamente construídos e que ainda continuam em permanente evolução.

A seguir, descreveremos os passos seguidos, bem como aqueles que ainda pretendemos seguir, para o desenvolvimento e avaliação de um experimento remoto que possibilite um ensino interdisciplinar de Física e Matemática.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho de pesquisa tem por objetivo principal desenvolver e avaliar um experimento controlado remotamente que permita a abordagem interdisciplinar de Física e Matemática.

Para o desenvolvimento do experimento controlado remotamente recorreremos ao estudo de episódios da História da Matemática, bem como da Física, para identificar, no desenvolvimento dessas Ciências, barreiras epistemológicas que foram superadas por físicos e matemáticos, que alteraram as formas de se pensar, oferecendo oportunidades para a construção de novos conhecimentos.

Diferentes trabalhos de pesquisa (PENA & FILHO, 2008; TEIXEIRA et al., 2009; TEIXEIRA et al., 2012 CARVALHO & VANNUCCHI, 1996; ROSA & MARTINS, 2007; SORPRESO & ALMEIDA, 2010; DUARTE, 2004) sugerem que a História da Ciência e da Matemática podem inspirar positivamente atividades a serem desenvolvidas em sala de aula, isso porque permite a identificação de obstáculos epistemológicos referentes à aprendizagem.

A intenção não foi desenvolver atividades para promover processos de mudança conceitual que já sabemos ser um método superado. Nosso intuito foi permitir um estudo contextualizado a partir do qual se possa apresentar aos estudantes situações em que não somente serviram para desafiar matemáticos e físicos em busca de soluções, mas também, oferecer exemplos dos procedimentos por eles adotados: as escolhas realizadas, os pontos de vistas estabelecidos em comum, as hipóteses feitas, testes realizados, explicações e argumentos construídos, etc.

O ensino de conceitos de Astronomia é previsto, no currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2012a), para ser abordado no segundo semestre do Ensino Médio na disciplina de Física. No primeiro semestre é previsto o estudo dos movimentos: suas causas e descrição. Com relação ao ensino de Matemática, o currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2012b) propõe, para o primeiro ano do Ensino Médio, a abordagem dos números e suas relações e geometria e suas relações.

Assim sendo, procurando atender as expectativas curriculares das disciplinas de Física e Matemática e, ao mesmo tempo, considerando que os estudos voltados à Astronomia proporcionaram evoluções em diferentes áreas do conhecimento, voltamos nossas atenções à

História da Astronomia, afim de identificar aspectos próprios dessa Ciência que pudessem contribuir com a construção de uma proposta interdisciplinar entre Física e Matemática.

Identificamos a experiência realizada pelo grego Eratóstenes, funcionário da biblioteca de Alexandria, que, há mais de 2000 anos, mediu, com razoável precisão, o raio do planeta Terra. Para tanto, ele se valeu de conceitos de Trigonometria e de Astronomia, bem como da experimentação.

Inspirados em Eratóstenes, propusemos o desenvolvimento de um aparelho que permitisse a realização de medidas indiretas.

3.1 – Desenvolvimento do experimento controlado remotamente

O aparelho consiste de uma plataforma metálica que dá suporte para dois transferidores, sobre os quais, em seu marco zero, são instalados dois *laser points* que estão acoplados em servo-motores. Sendo assim, ambos os *laser points* podem girar livremente sobre os transferidores.

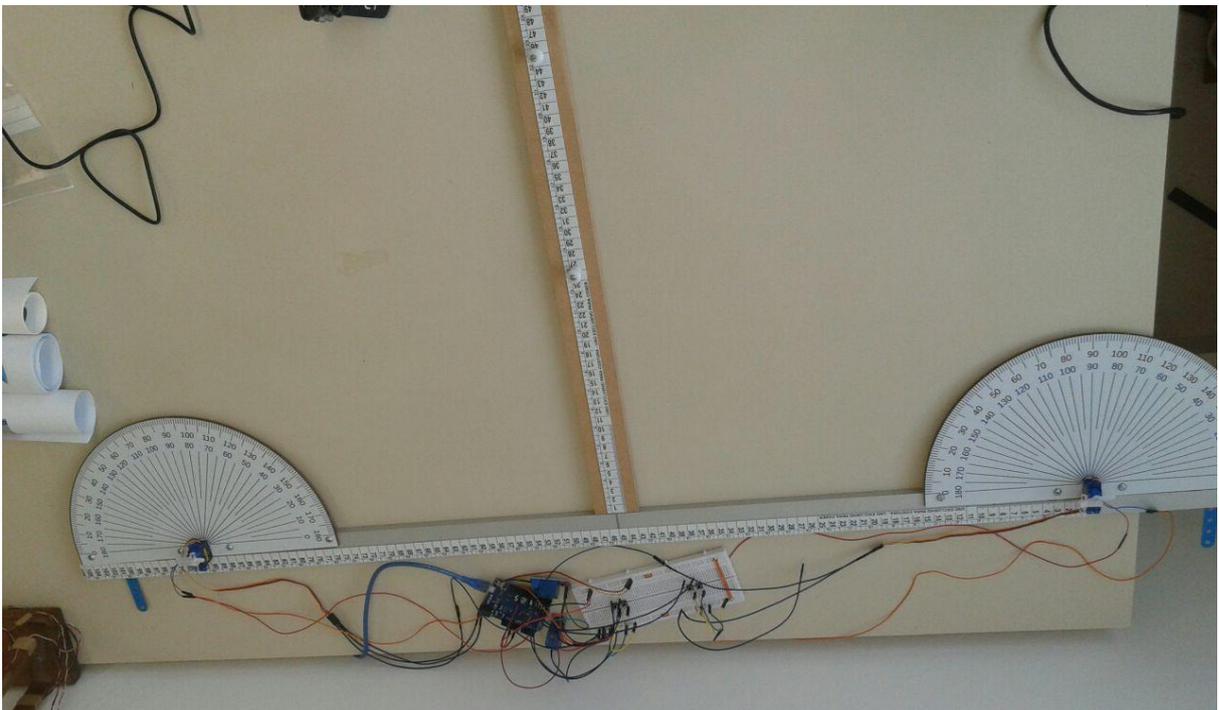


Figura 2 – Experimento remoto desenvolvido

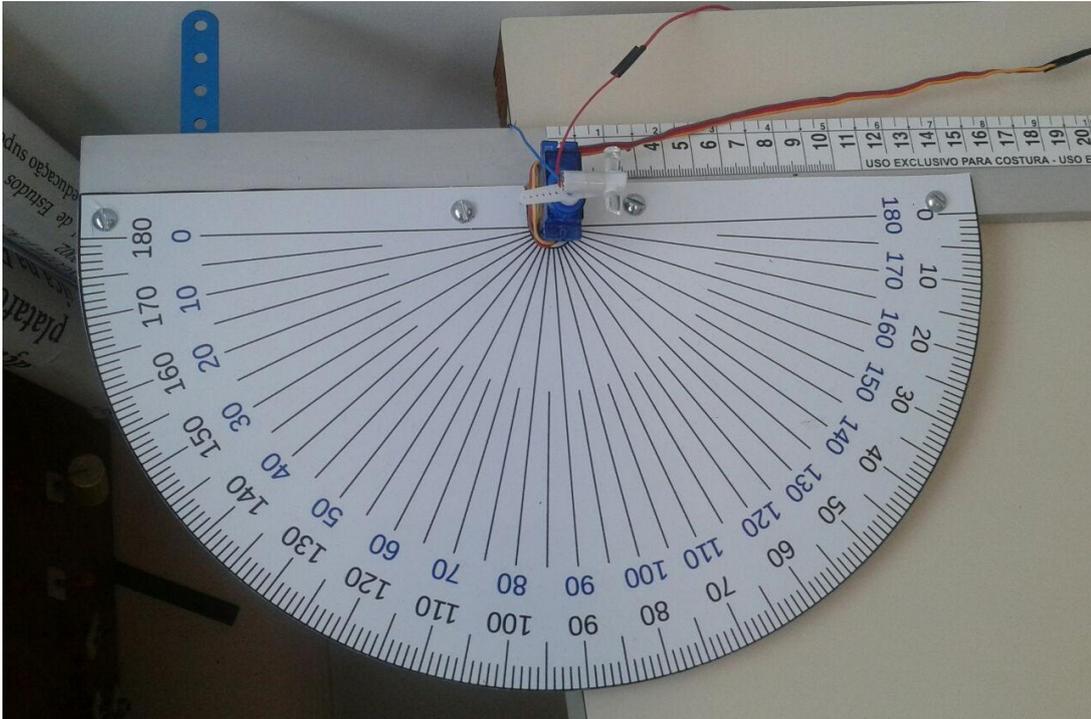


Figura 4 – Transferidor com o Laser Point

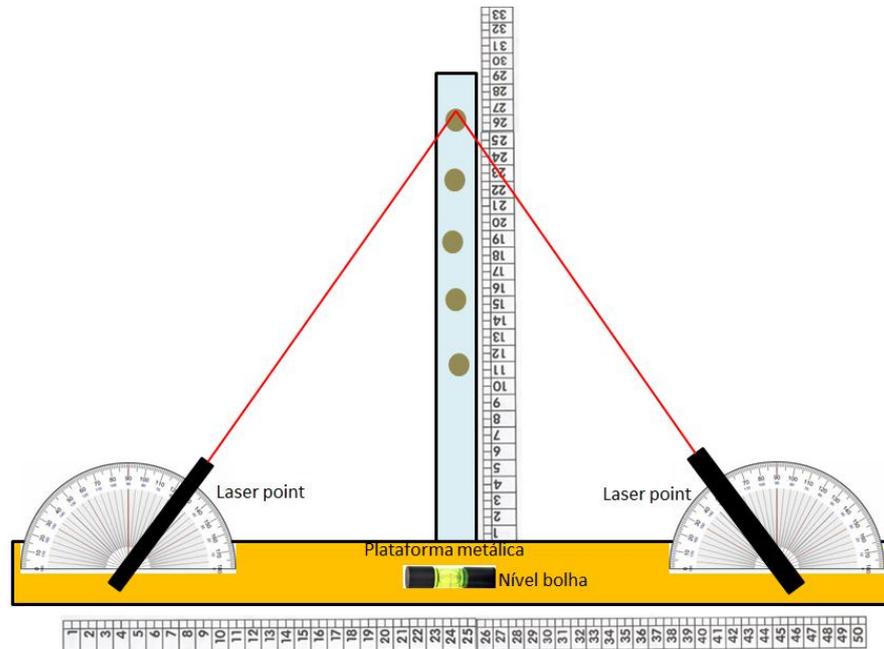


Figura 4 – Esquema do experimento remoto desenvolvido

Cada um dos servo-motores, bem como os *laser points*, é ligado a um circuito comandados por uma placa arduino.

A placa arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica, de baixo custo, criada para possibilitar o desenvolvimento de sistemas de controle. Dessa forma, por meio de um circuito eletrônico simples e de programação computacional, foi possível fazer com que a placa arduino, ao receber um comando de um usuário logado no experimento, acender e apagar os *laser points*, bem como girá-los, sob qualquer ângulo, em torno do marco zero do transferidor.

Um esquema do circuito eletrônico montado no *protoboard* é apresentado a seguir:

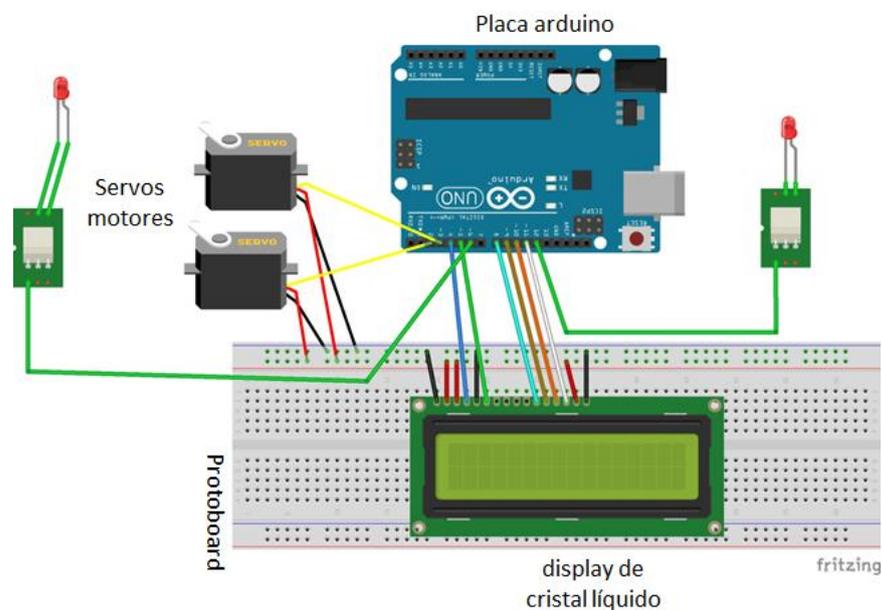


Figura 5 – Esquema do circuito eletrônico montado para a automatização do experimento remoto idealizado

Uma parte da programação realizada para comandar o arduino é apresentada a seguir:

```

1  #include <Servo.h>
2
3  #define SERVO 6 // Porta Digital 6 PWM
4
5  Servo s; // Variável Servo
6  int pos; // Posição Servo
7
8  void setup ()
9  {
10     s.attach(SERVO);
11     Serial.begin(9600);
12     s.write(0); // Inicia motor posição zero
13 }
14
15 void loop()
16 {
17     for(pos = 0; pos < 90; pos++)
18     {
19         s.write(pos);
20         delay(15);
21     }
22     delay(1000);
23     for(pos = 90; pos >= 0; pos--)
24     {
25         s.write(pos);
26         delay(15);
27     }
28 }

```

Figura 6 – Linha de programação

Os raios de luz emitidos pelos *laser points* são refratados por um diopetro cilíndrico, possibilitando sua visualização, desde sua emissão até atingir uma das esferas dispostas sobre outra haste metálica conectada perpendicularmente à haste principal.

Ao mirar os *laser points* sobre uma das esferas os traçados dos raios de luz vão formar um triângulo com vértices na esfera e em cada um dos *laser points*.

Por meio de uma escala, que permite medir a distância entre os *laser points*, uma das bases do triângulo formado pelos traçados de luz, e a medida dos ângulos realizada por meio da leitura do ângulo no transferidor, é possível determinar a distância do equipamento até a esfera mirada pelo usuário, por meio de diferentes conceitos matemáticos: semelhança de triângulos, relações trigonométricas, razão e proporção e distância entre dois pontos.

O experimento ainda disponibiliza uma escala na haste vertical, onde estão colocadas as esferas. Assim é possível fazer a medida direta da distância que o usuário deve medir pelo método indireto. Portanto, cálculos envolvendo Algarismos Significativos, determinação de incertezas, bem como de erros percentuais, poderão ser efetuados.

3.2 - Metodologia de coleta de dados

A coleta de dados de nossa pesquisa foi programada para se estabelecer em dois momentos. O primeiro refere-se ao teste do equipamento experimental desenvolvido, como o intuito de verificar se, de fato, ele permite realizar, de forma precisa, medidas indiretas de distância, bem como se tem valor pedagógico no processo de ensino e de aprendizagem em sala de aula.

O segundo momento visa ouvir a opinião de professores que atuam no ensino de Física e de Matemática em escolas públicas da cidade de Guaratinguetá, interior de São Paulo. Pretendemos realizar essa coleta de dados no início do mês de outubro deste ano.

O primeiro momento de coleta de dados já foi realizado: o experimento foi avaliado por vinte e dois alunos dos cursos de Licenciatura em Física e em Matemática da UNESP/Guaratinguetá na disciplina de Didática. Os quatorze alunos do curso de licenciatura em Matemática e os oito alunos de licenciatura em Física, avaliaram não apenas a precisão do instrumento, mas também responderam a um questionário que os interrogou sobre suas expectativas em relação às contribuições que o recurso poderia trazer para eles quando na condição de professores.

Após responderem o questionário, foram selecionados dez alunos ao acaso para participarem de uma entrevista onde os alunos eram convidados a comentar as perguntas do questionário. Um relator foi eleito com o intuito de anotar os comentários feitos pelos licenciandos.

3.2.1 – Utilização do experimento remoto pelos licenciandos

Para a utilização do experimento remoto, os vinte e dois licenciandos em Física e Matemática foram divididos em cinco grupos: três sendo compostos por quatro alunos e dois sendo compostos por cinco alunos.

Orientamos os alunos a mirar os lasers point em qualquer uma das esferas dispostas, obtendo a seguinte configuração:

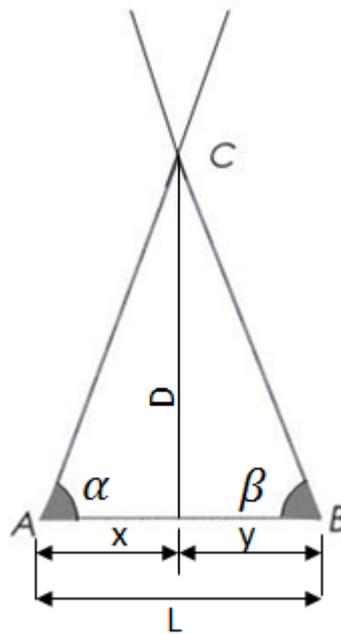


Figura 7 – Esquema do experimento criado pelos licenciandos

Os alunos, então, foram convidados a resolver o seguinte problema: “ Qual é o valor de D?” Ou seja, “ Qual a distância da esfera até o instrumento de medida?”

Motivados à resolver esse problema os alunos dos cursos de Licenciatura em Física e Matemática interagiram entre si e com o equipamento experimental.

E após encontrarem a distância D para as diferentes esferas disponíveis no experimento, calcularam o erro percentual entre o valor calculado e o valor obtido por meio da medida direta.

Em função dos resultados obtidos e da vivência que tiveram com o experimento desenvolvido os licenciandos opinaram sobre o recurso desenvolvido, respondendo ao questionário de vinte pergunta.

3.2.2 – Critérios para a elaboração do questionário

O questionário aplicado aos alunos foi construído a partir de critérios elaborados por Salvi *et al* (2010) que, por sua vez baseiou-se no modelo de avaliação de treinamento de Kirkpatrick (1994), que fixa atenção no grau de satisfação e no valor percebido pelos

estudantes quanto à experiência de aprendizagem que tiveram ao interagirem com um dado recurso educacional disponibilizado pela internet.

Esse grau baseia-se em três níveis hierárquicos:

- Primeiro nível - Reação: refere-se ao grau de impressão que os profissionais em formação tiveram do recurso. Ou seja, busca-se compreender como o recurso motivou, despertou o interesse do profissional em aprender os conteúdos e desenvolver as habilidades e competências para utilizá-lo.
- Segundo nível – Aprendizado: diz respeito à aprendizagem que os profissionais acreditam que pode ser construída com o recurso.
- Terceiro nível – Aplicação: por esse critério busca-se mensurar a impressão que os profissionais têm sobre as condições de aplicação do recurso em seu cotidiano de trabalho.

Assim, para especificar o grau de reação dos futuros professores de Física em relação ao recurso desenvolvido, nos fundamentadas no modelo ARCS proposto por Keller (2009); com relação à aplicação nas condições de trabalho nos baseamos na modelo de avaliação de experiência de uso do usuário (User eXperience – UX) propostas por (POELS; KORT; IJSSELSTEIJN, 2007; JENNETT, 2008; FU; SU YU, 2009; GÁMEZ, 2009) e, em relação ao aprendizado, nos orientamos em verbos da taxionomia de Bloom (BLOOM, et.al. 1956).

No modelo ARCS, proposto por Keller (2009), parte-se do pressuposto que a motivação para aprender é um elemento fundamental para todo processo educacional e que, para ser estabelecida, é preciso que o estudante, ao interagir com o recurso, tenha a expectativa de sucesso e atribua valor para os resultados obtidos nessa interação. Por isso, algumas categorias podem ser estabelecidas: Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação.

- Atenção: entendida como uma resposta cognitiva dada pelos estudantes aos estímulos instrucionais utilizados no processo de ensino e de aprendizagem. Portanto, é fundamental que o recurso apresente o mérito de estimular os alunos não só no início, mas durante todo o processo que envolve sua utilização.

- Relevância: é considerada um valor atribuído pelo aluno a partir do qual ele reconhece a importância da atividade educacional para a sua aprendizagem.
- Confiança: compreendida como um sentimento desenvolvido pelo aluno, durante o desenvolvimento da atividade de ensino, a partir do qual ele se sente capaz de superar os desafios que lhe são feitos. Nesse sentido, é importante avaliar se o recurso educacional motivou os alunos se sentirem em condições de vencer os obstáculos por ele propostos.
- Satisfação: interpretada como sendo os sentimentos positivos de realização e recompensa percebidos pelos alunos durante a execução das atividades que lhes são propostas. Portanto, o recurso deverá ser fonte de satisfação, ou seja, gerador de sentimentos de realização e recompensa para os alunos.

Com relação às contribuições do modelo de avaliação de experiência de uso do usuário (User eXperience – UX), as categorias se fundamentam na ideia ou percepção que um determinado usuário formula ou sente após utilizar um determinado produto. Dessa forma, o UX leva em conta os pensamentos, os sentimentos e as sensações desencadeadas pela interação usuário-produto, bem como as expectativas que tem ou se tinha com relação à sua utilização.

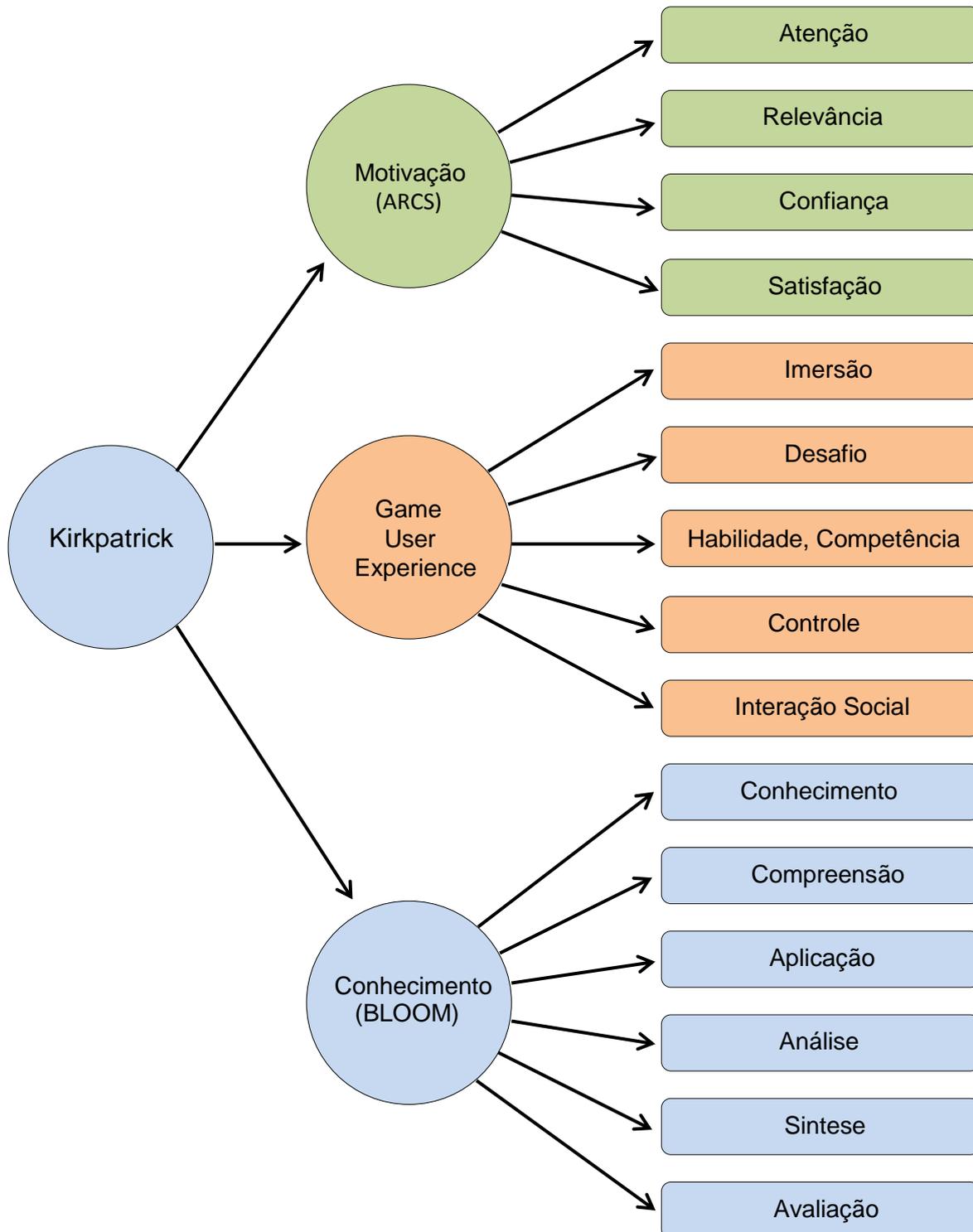
Assim, influenciados pelas categorias propostas por (POELS; KORT; IJSSELSTEIJN, 2007; JENNETT, 2008; FU; SU YU, 2009; GÁMEZ, 2009), selecionamos aquelas que se repetem e se mostraram mais adequadas para o recurso que desenvolvemos:

- Imersão: refere-se ao nível de envolvimento que o aluno tem com o recurso, de forma a desviar o foco do mundo real para o contexto que o recurso cria.
- Interação Social: diz respeito ao estabelecimento de relações socioculturais entre os alunos que o recurso pode promover. Nesse contexto, há o desencadeamento de oportunidades de compartilhamento de ideias, de cooperação e de estabelecimentos de desafios.
- Desafio: é preciso avaliar se o recurso apresenta desafios, problemas ou tarefas proporcionais a capacidade dos alunos em superá-los.
- Competência: diz respeito a como o usuário se sente, em termos de competência para utilizar o recurso.

Com relação à aprendizagem recorreremos à taxionomia de Bloom. Como destacam Ferraz & Belhot (2010), em 1948, a Associação Norte Americana de Psicologia (American Psychological Association), com o intuito de definir objetivos precisos para a o desenvolvimento de instrumentos de avaliação e de estratégias para facilitar a aprendizagem estabeleceu um grupo para de pesquisa para criar uma taxionomia dos objetivos dos processos educacionais. Coube a Bloom et al. (1956) esse trabalho. Esse grupo de pesquisadores decidiu propor uma taxionomia baseada em domínios específicos do desenvolvimento cognitivo, afetivo e psicomotor. À cognição, entendida como processos relacionados ao aprender, ou seja, que envolve a construção de novos conhecimentos, o desenvolvimento de habilidades intelectuais, eles estabeleceram seis categorias de objetivos hierarquizados do mais simples ao mais complexo: Conhecimento; Compreensão; Aplicação; Análise; Síntese; e Avaliação.

- **Conhecimento:** está relacionado com a capacidade de lembrar informações e conteúdos previamente abordados como fatos, datas, palavras, teorias, métodos, classificações, critérios, procedimentos, etc. De forma geral, o objetivo desta categoria nível é identificar se o aprendiz é capaz de trazer à consciência conhecimentos e informações aprendidas.
- **Compreensão:** está relacionada com a capacidade de entender informações ou fatos, de dar significados aos conteúdos que lhe são informados, utilizando-os em contextos diferentes.
- **Aplicação:** está relacionado com a capacidade ou habilidade do aprendiz em utilizar, em diferentes situações, informações ou conhecimentos em situações concretas. Nesse sentido, o aprendiz deverá ter condições de aplicar regras, métodos, modelos, conceitos, princípios, leis e teoria.
- **Análise:** está relacionado com a capacidade de subdividir um conteúdo em partes menores inter-relacionando-as visando compreender o todo. Portanto, exige mais do que uma compreensão de conteúdos em si, mas também toda a estrutura do objeto de estudo.
- **Síntese:** está relacionado com a capacidade de combinar partes não organizadas para formar um novo todo.
- **Avaliação:** está relacionado com a capacidade de julgar o valor do conhecimento para um propósito específico.

Em resumo, o referencial utilizado para definir os critérios para a formulação do questionário de avaliação do recurso é apresentado na figura a seguir:



Fonte: adaptado de Salvi *et.al* (2010)

Figura 8 – Esquema com referências e categorias utilizadas para a montagem do questionário

Assim sendo, o questionário ficou assim elaborado:

I – MOTIVAÇÃO

Atenção

1 – Creio que o recurso prenderá a atenção do aluno, impedindo-o de desviar o foco da atividade proposta.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

2 - Tem algo no recurso que pode desmotivar o aluno e leva-lo a perder o foco

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

Relevância

3 – Acredito que os alunos darão grande importância a essa atividade.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

4 – Acho que os alunos vão desejar sempre utilizar esse tipo de recurso em sala de aula.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

5 – Acho que os alunos vão achar o conteúdo do recurso interessante.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

Confiança

6 – Acho que para alunos do ensino médio as tarefas exigidas estão acima das suas capacidades

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

Satisfação

7 – Creio que os alunos ficarão satisfeitos com o uso do recurso

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

II- EXPERIÊNCIAS DO USUÁRIO

Imersão

8 – Creio que durante a realização da atividade os alunos nem perceberão o tempo passar.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

9 – Creio que o recurso prenderá a atenção dos alunos a ponto de eles não se distraírem com outras coisas que não sejam o trabalho proposto.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

Desafio

10 – O recurso apresenta desafios que podem levar o aluno a sentir ansioso.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

11 – Diante dos desafios propostos pelo recurso acho que os alunos se sentirão frustrados.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

12 – Diante dos desafios propostos pelos recursos os estou certo de que alunos se sentirão entediados tamanha a facilidade que terão.

() discordo fortemente () discordo () concordo () concordo fortemente

Habilidade / Competência

13 - Acredito que o recurso não oferece dificuldade de acesso e de manipulação para qualquer dos alunos.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

14 - Acho que não vou ter problemas para utilizar essa atividade em sala de aula com os alunos..

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

Interação Social

15 – Tenho certeza que o recurso favorecerá a colaboração entre os alunos e deles comigo.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

16 – Acredito que essa colaboração que o recurso proporciona ajudaria a ensinar os alunos.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

III – CONHECIMENTO,

17 – Estou certo de que depois do recurso o aluno será capaz de se lembrar do problema proposto e de como fizeram para resolvê-lo.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

18 - Depois da utilização do recurso acredito que os alunos saberão resolver problemas semelhantes ao proposto na atividade.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

19 – Creio que os alunos, após o uso do recurso, serão capazes de aplicar o que aprenderam em outras situações-problema.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

20 – Acredito que, após a utilização do recurso os alunos serão capazes de avaliar o que foi feito nessa atividade e propor aperfeiçoamentos.

discordo fortemente discordo concordo concordo fortemente

3.3 - Metodologia de análise de dados

Bardin (*opus cit.*) propõe a Análise de Conteúdo (A.C.) como um método concreto e operacional de investigação para estudar, cada vez mais amplo, campo das comunicações em geral: lexicometria, enunciação linguística, documentação, base de dados, etc.

Assim, a A.C., caracteriza-se pela aplicação de técnicas de comunicação com vistas a descrever e compreender o conteúdo de mensagens, a partir do processo de associação de palavras (estereótipos).

Portanto, ao se utilizar essa metodologia deve-se ter especial atenção à maneira como determinado grupo social atribui e/ou compartilha, espontaneamente, os mesmos pressupostos sobre pessoas, coisas, situações, condições, acontecimentos, etc.

Dessa forma pela A.C. é possível categorizar aspectos da comunicação a partir da maneira como determinado grupo realiza associações de palavras em nível de estereótipos que seus membros criam e/ou compartilham: ao ouvirem uma palavra, membros de um

determinado grupo são estimulados a associarem outras, que surgem naturalmente como que induzidas, próprias de um condicionamento social.

Para Bardin (2009) a técnica de A.C. é simples, porém, criteriosa e detalhista e envolve, necessariamente, três fases:

- a) A pré-Análise: é a etapa inicial da A.C. em que o pesquisador realiza uma leitura flutuante dos dados disponíveis e formula suas hipóteses de compreensão. Nessa fase o pesquisador deve ter contato direto e intenso com o material a ser analisado. Oliveira (2008) explica que para escolher as categorias a partir das quais o material será analisado, é necessário considerar alguns critérios: a exaustividade (a exploração do texto em sua totalidade até o seu esgotamento), a homogeneidade (clara identificação de temas que separem o texto em partes a serem trabalhadas), exclusividade (a constatação da existência de um único elemento para cada categoria criada), objetividade (independentemente do analista dos dados, deve-se checar se é capaz de chegar às mesmas categorias) e adequação (as categorias devem atender aos objetivos do estudo).
- b) A exploração do material: após a formulação das categorias realizada na primeira etapa, a segunda fase, de exploração do material, constitui-se da cuidadosa aferição do *corpus* para que se possa encontrar os elementos que se identificam com as categorias *a priori* determinadas. Dessa forma, reduz-se o texto lido a palavras, termos, expressões cujos significados são comuns e caracterizam determinada categoria.
- c) O tratamento dos resultados: na última fase, o pesquisador deve, em função da categorização, realizar inferências para interpretar o significado por trás dos estereótipos estabelecidos pelo grupo estudado.

Assim, para analisar os dados coletados dos questionários buscamos identificar as principais considerações dos alunos dos cursos de Licenciatura sobre o recurso desenvolvido e, a partir delas, estabelecemos algumas categorias que fundamentaram as considerações sobre o experimento.

CAPÍTULO 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A apresentação dos dados será feita em duas etapas. A primeira em relação às condições do experimento em permitir a determinação de medida indireta de distância e a segunda em relação à opinião dos vinte e dois alunos dos cursos de Licenciatura em Física e em Matemática da UNESP de Guaratinguetá, bem como do grupo que comentou as questões dos questionários.

4.1 – As condições do experimento em permitir a determinação de medida indireta de distância

Todos os grupos resolveram da mesma maneira, a partir da seguinte relação trigonométrica:

$$tg\alpha = \frac{D}{x} \rightarrow x = \frac{D}{tg\alpha}$$

$$tg\beta = \frac{D}{y} \rightarrow y = \frac{D}{tg\beta}$$

$$x + y = \frac{D}{tg\alpha} + \frac{D}{tg\beta}$$

$$L = x + y = \frac{D}{tg\alpha} + \frac{D}{tg\beta}$$

$$L = D \left(\frac{1}{tg\alpha} + \frac{1}{tg\beta} \right)$$

$$L = D \left(\frac{tg\beta + tg\alpha}{tg\alpha tg\beta} \right)$$

$$D = L \left(\frac{tg\alpha tg\beta}{tg\beta + tg\alpha} \right)$$

Ao invés dos grupos buscarem resolver o problema cada qual à sua maneira, todos eles se juntaram para pensar uma única forma de solução.

Essa situação, analisada mais tarde, levou-nos a pensar que se cada grupo, ao seu modo, pensasse numa solução intra-grupos para, num segundo momento, inter-grupos, discutirem e compararem os diferentes modos resolução adotados, o resultado didático seria mais rico.

As medidas obtidas pelos diferentes grupos são indicadas na tabela a seguir:

Tabela 4 – Medidas obtidas pelos licenciandos na utilização do experimento remoto

Grupos	1	2	3	4	5
Comprimento (L) entre os lasers-points (cm)	92,5	92,2	92,3	92,0	92,3
Medida do ângulo α (em graus)	23°	35°	44°	62°	82°
Medida do ângulo β (em graus)	23°	20°	13°	41°	37°
Medida indireta da distância (D) de um ponto qualquer ao instrumento construído (em cm)	18,5	27,7	18,5	55,2	66,5
Medida direta da distância (D) de um ponto qualquer ao instrumento construído (em cm)	18,8	28,2	18,8	56,0	67,7
Erro percentual	1,6	1,8	1,6	1,4	1,8

Os dados evidenciam um erro médio de apenas 1,6% o que confere uma precisão para o experimento montado em torno de 98,4%. Considerando que se trata de um recurso didático, o experimento desenvolvido se mostra confiável do ponto de vista da precisão para realizar medidas indiretas.

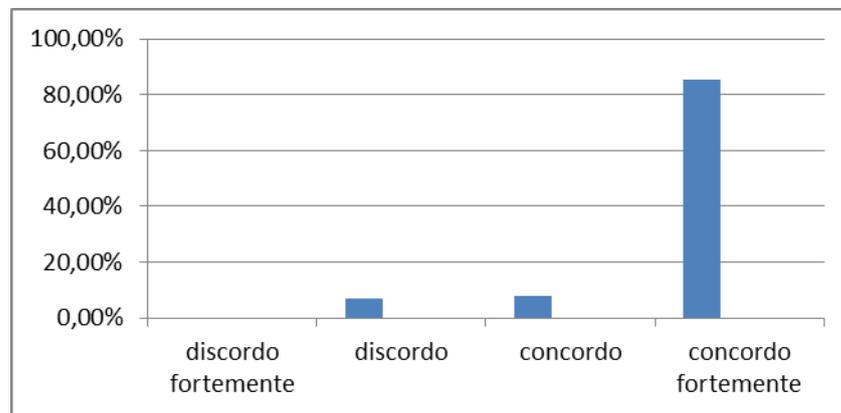
As diferenças de valores medidos diretamente e calculado indiretamente, podem permitir a discussão de importantes conceitos de Física como: incerteza de medidas, tipos de erros em medidas, Algarismos significativos, métodos que minimizam erros, medidas diretas e indiretas de grandezas.

4.2 – A opinião dos alunos dos cursos de licenciatura em Física e em Matemática

Em relação à primeira pergunta do questionário, nossa intenção era saber se os licenciados acreditavam que a atividade poderia prender a atenção dos alunos, de tal forma a envolvê-los em torno das discussões didáticas.

A grande maioria dos licenciandos afirmaram acreditar que, de fato, a atividade que desenvolvemos prenderia a atenção dos alunos do Ensino Médio.

Gráfico 1 – respostas relativas à afirmação: “Creio que o recurso prenderá a atenção do aluno, impedindo-o de desviar o foco da atividade proposta”



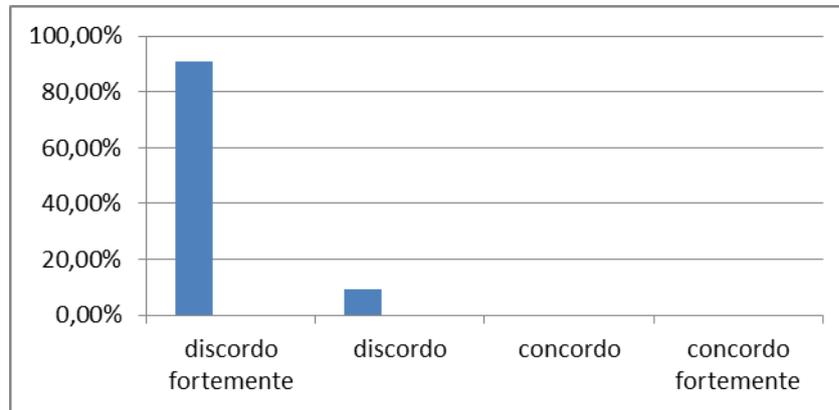
Na discussão do questionário com os licenciandos, eles enfatizaram que o experimento é interessante e motivante por ser algo inovador. Esse fato, segundo eles, gera nos alunos um sentimento de auto-valorização, auto-estima, mas também de vontade de serem bem sucedidos na atividade proposta.

Com a segunda questão queríamos saber se os licenciandos identificavam algo no experimento que pudesse ser elemento de desmotivação para aos alunos do Ensino Médio.

Mesmo que eles já tivessem afirmado que acreditavam no potencial do experimento em prender a atenção do alunos, queríamos identificar se havia algo, no ponto de vista dos licenciandos que poderia ser alterado na atividade.

As respostas evidenciam que os alunos não acreditam que o experimento possa ser desmotivador.

Gráfico 2 – respostas relativas à afirmação: “Tem algo no recurso que pode desmotivar o aluno e levá-lo a perder o foco”



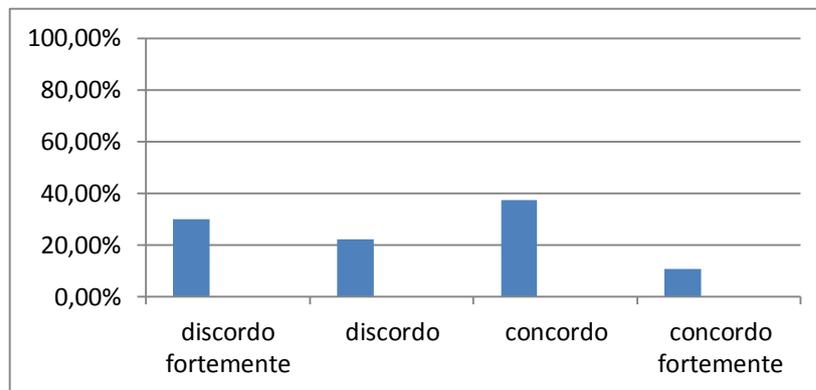
Na conversa com os licenciandos eles afirmaram que o computador é algo que exerce uma fascínio sobre os alunos, pois já está inserido no dia-a-dia deles como forma de lazer, de facilitação de suas atividades. Por isso, na opinião deles, poderem fazer uma experiência utilizando o computador é bastante motivador.

Na terceira pergunta do questionário gostaríamos de saber qual a avaliação dos licenciandos sobre o grau de importância os estudantes de Ensino Médio atribuiriam para o experimento.

O fato de se gostar de fazer uma atividade, de achá-la divertida ou interessante não, necessariamente, implicaria no fato de os alunos acreditarem que ela fosse importante para seu aprendizado. Por isso, queríamos saber qual é a visão dos futuros professores sobre essa questão.

As respostas bem equilibradas evidenciam que os licenciandos não tinham certeza do potencial do experimento em conscientizar os alunos para a importância do experimento.

Gráfico 3 – respostas relativas à afirmação: “Acredito que os alunos darão grande importância a essa atividade”



No diálogo com os licenciandos eles apresentaram diferentes pontos de vista sobre a questão.

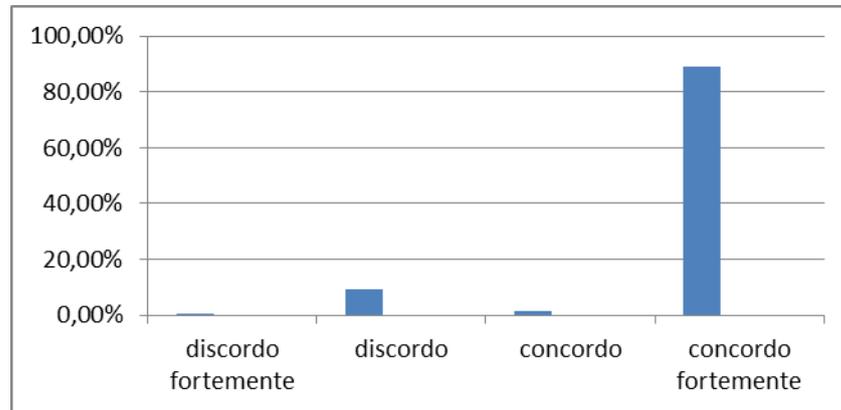
Para um licenciando, os alunos não tem essa preocupação em julgar a importância de uma atividade para a aprendizagem. E, nesse caso, não há nada no experimento que possa despertar isso nos estudantes.

Para outro licenciando, os alunos tem sim essa noção de importância de uma atividade didática para seu aprendizado e, dessa forma, o fato de se utilizar a inovação em sala de aula já seria um bom motivo para que o estudante atribuísse grande importância ao experimento realizado.

Na quarta pergunta do questionário queríamos saber a opinião dos licenciandos sobre o potencial do experimento em cativar o estudante a ponto dele desejar sempre aprender a partir dele.

A grande maioria dos licenciandos opinou positivamente, eles de fato, acreditam que a atividade vai despertar o interesse pelo estudo das disciplinas de Física e Matemática.

Gráfico 4 – respostas relativas à afirmação “Acho que os alunos vão desejar sempre utilizar esse tipo de recurso em sala de aula.”

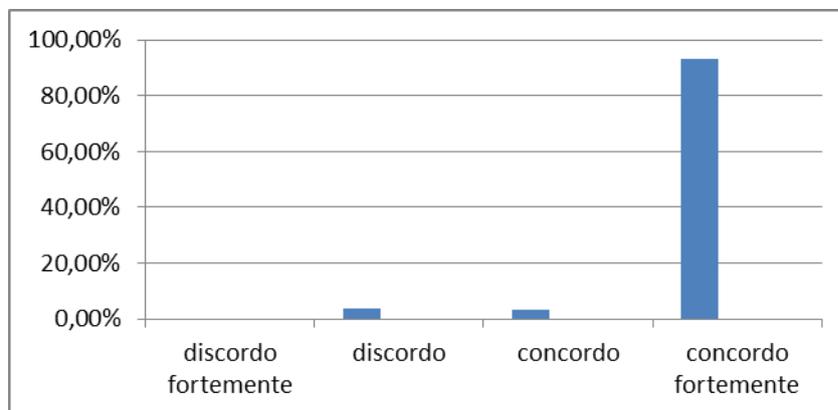


Na conversa com os licenciandos ficou claro que, para eles, o experimento pode tornar a aula mais dinâmica, envolvente para o estudante, já que inova na maneira de se apresentar um problema e na maneira de se resolvê-lo em sala de aula, superando o tradicional modelo das aulas expositivas.

Sobre o conteúdo abordado no experimento, utilizamos a quinta questão do questionário para saber se os licenciandos acreditavam que, do jeito que a atividade apresentase, torna-o mais interessante para os estudantes.

As respostas dadas pelos licenciandos é bastante positiva a esse respeito

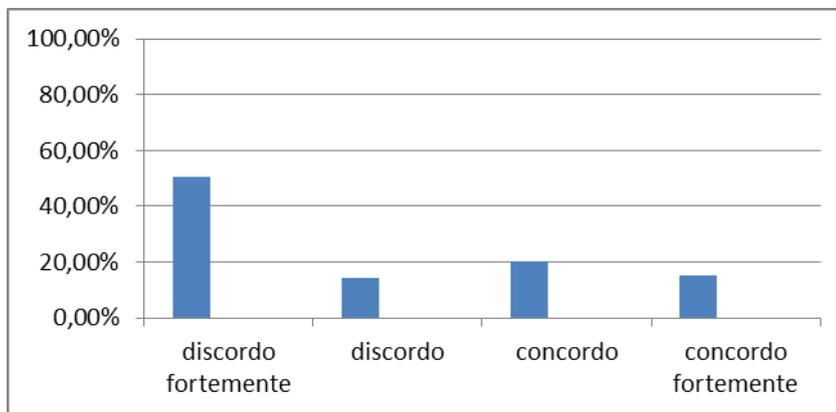
Gráfico 5 – respostas relativas à afirmação : “Acho que os alunos vão achar o conteúdo do recurso interessante”.



Na conversa alguns licenciando apontavam para o fato de que a atividade era aplicada a uma situação real, contextualizada e, por isso tornaria a abordagem dos conteúdos mais atrativas.

Com relação ao fato de saber se o grau de dificuldade do problema proposto era ou não adequado à capacidade dos alunos, a pergunta número seis, dividiu os licenciandos novamente.

Gráfico 6 – respostas relativas à afirmação: “Acho que para alunos do ensino médio as tarefas exigidas estão acima das suas capacidades”



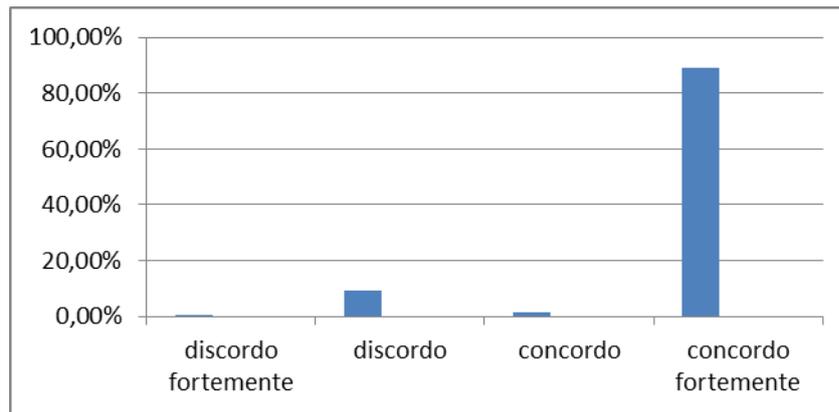
A maioria entende que o desafio proposto é proporcional à capacidade de um aluno do Ensino Médio em resolvê-lo. Contudo, essa maioria não foi absoluta.

Na análise da questão proposta os licenciandos chamaram a atenção para o fato de os alunos do Ensino Médio chegarem a esse nível de ensino com deficiências conceituais muito grande em matemática, principalmente em relação à geometria e à trigonometria. Por isso, todos foram unânimes em afirmar que dependeria da maneira como o professor auxiliaria os estudantes em sala de aula.

Na questão sete do questionário proposto, nossa intenção era a saber se os licenciandos acreditavam que os estudantes se sentiriam satisfeitos com suas performances ao realizarem a atividade.

As respostas obtidas foram positivas.

Gráfico 7 – respostas relativas à afirmação: “Creio que os alunos ficarão satisfeitos com o uso do recurso”.



Na conversa com os licenciandos notamos que a pergunta não foi bem formulada, pois eles a entenderam do ponto de vista da satisfação com relação ao experimento e não em relação ao seu desempenho ao realizá-lo.

O mesmo aconteceu com as questões oito e nove. A intenção do pesquisador era saber sobre o grau de imersão do estudante em relação ao seu comprometimento ante ao desafio proposto, porém, o que foi entendido pelos licenciandos se relacionava ainda sobre se o experimento seria interessante ou não pelo aluno.

Gráfico 8 – respostas relativas à afirmação: “Creio que durante a realização da atividade os alunos nem perceberão o tempo passar”.

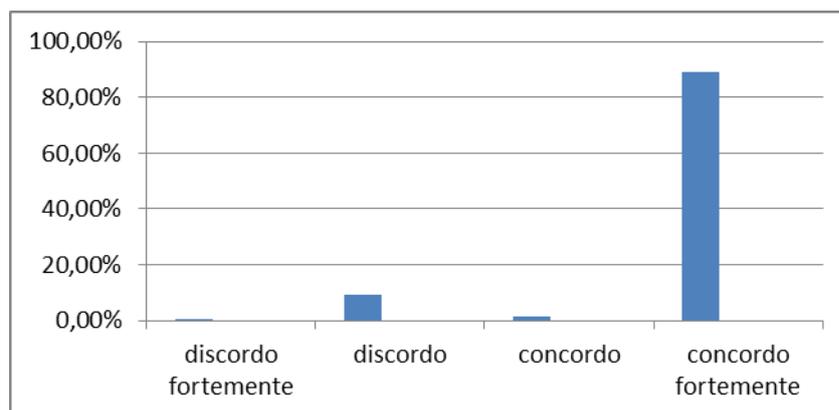
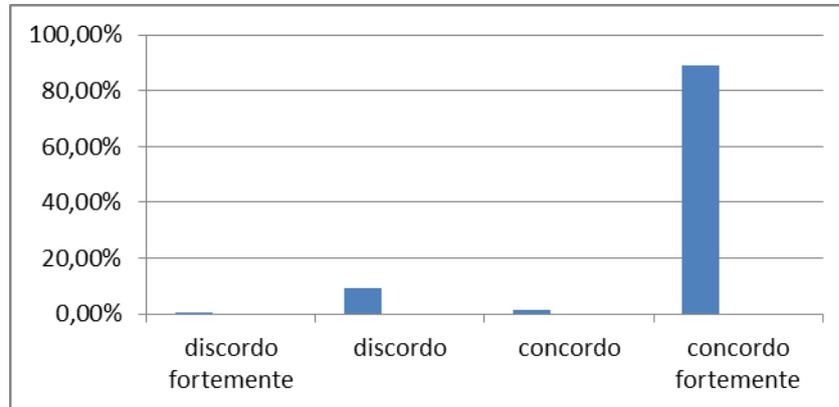


Gráfico 9 – respostas relativas à afirmação: “Creio que o recurso prenderá a atenção dos alunos a ponto de eles não se distraírem com outras coisas que não sejam o trabalho proposto”



Nas questões dez, onze e doze, a intenção era saber a opinião dos licenciandos sobre a impressão de desafio que o recurso ainda continuaria promovendo nos alunos do Ensino Médio. Ou seja, para além da primeira impressão, se depois de estarem imersos no contexto da atividade, os estudantes ainda se sentiam motivados no trabalho em sala de aula.

Gráfico 10 – respostas relativas à afirmação: “O recurso apresenta desafios que podem levar o aluno a sentir-se ansioso”.

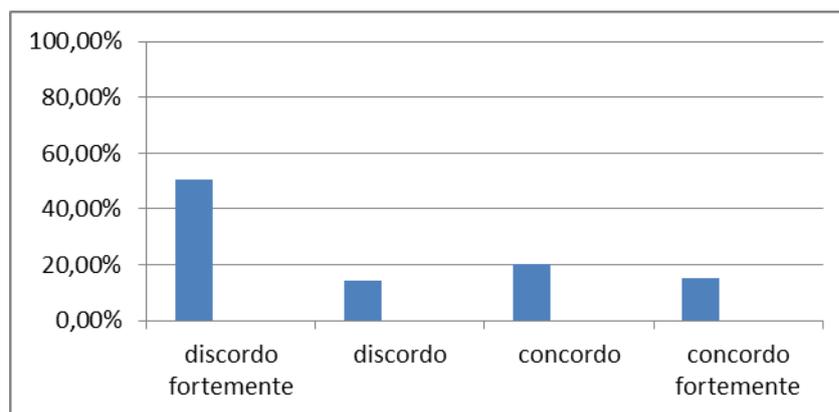


Gráfico 11 – respostas relativas à afirmação: “Diante dos desafios propostos pelo recurso acho que os alunos se sentirão frustrados”.

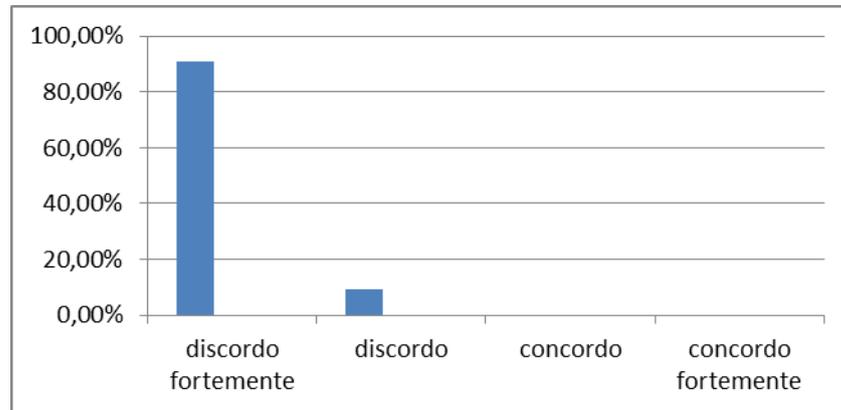
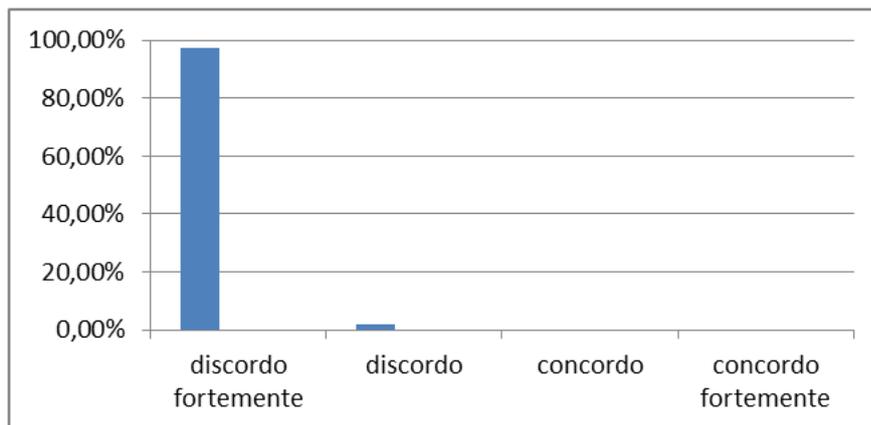


Gráfico 12 – respostas relativas à afirmação: “Diante dos desafios propostos pelos recursos os estou certo de que alunos se sentirão entediados, tamanha a facilidade que terão”.



As respostas apresentadas demonstram que os licenciados acreditam que a atividade, mesmo após a primeira impressão continua gerando desafio aos estudantes.

Com relação à experiência vivida pelo usuário, as questões treze e quatorze, dizem respeito à navegação do recurso.

Os licenciandos nas respostas ao questionaram demonstraram que não tiveram quaisquer dificuldades de acesso e/ou navegação pelo recurso.

Gráfico 13 – respostas relativas à afirmação: “Acredito que o recurso não oferece dificuldade de acesso e de manipulação para qualquer dos alunos”.

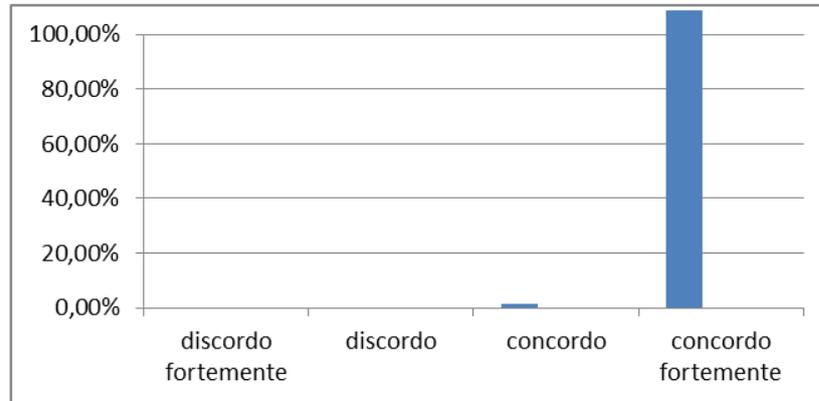
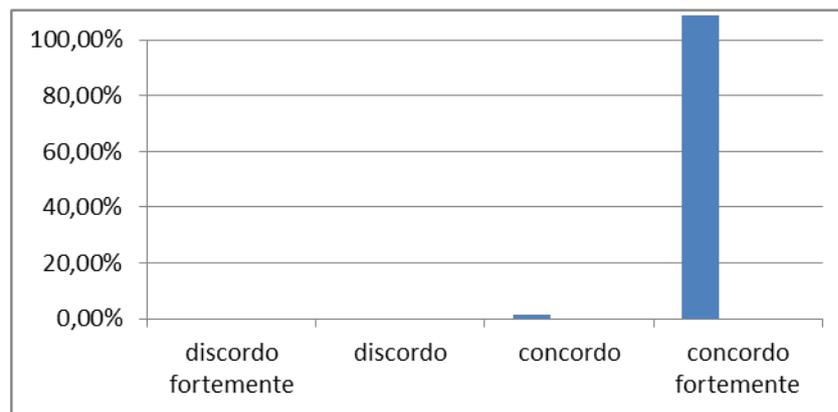


Gráfico 14 – respostas relativas à afirmação: “Acho que não vou ter problemas para utilizar essa atividade em sala de aula com os alunos”.



Sobre a navegabilidade do recurso os licenciandos afirmaram que a manipulação é simples e intuitiva, por isso, não acreditavam que nem estudantes e nem professores teriam qualquer dificuldade de realizar o experimento.

Uma outra preocupação que tivemos era com relação a interação social. Como o experimento é acessado pelo computador, será que ele não inibiria, naturalmente, o processo de interação social em sala de aula?

Por isso, nossa intenção com as questões quinze e dezesseis focaram a questão da opinião dos estudantes em relação ao processo de colaboração entre os alunos.

Na opinião dos licenciandos o processo de interação social ocorreria muito facilmente. Todos, sem exceção concordaram em dizer que acreditavam na ativa colaboração entre os

estudantes e destes para com professor, bem como na contribuição dessa colaboração mútua para o processo de aprendizagem.

Gráfico 15 – respostas relativas à afirmação: “Tenho certeza que o recurso favorecerá a colaboração entre os alunos e deles comigo”.

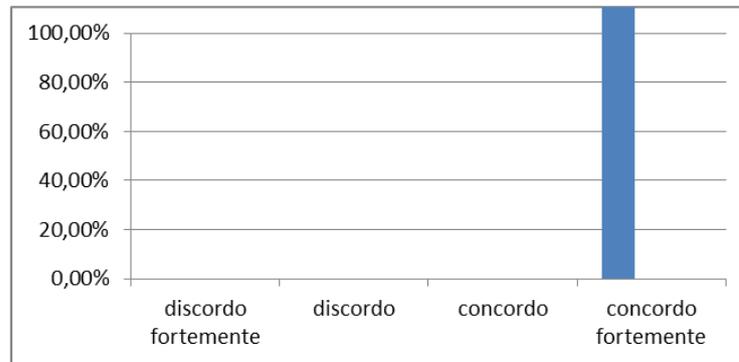
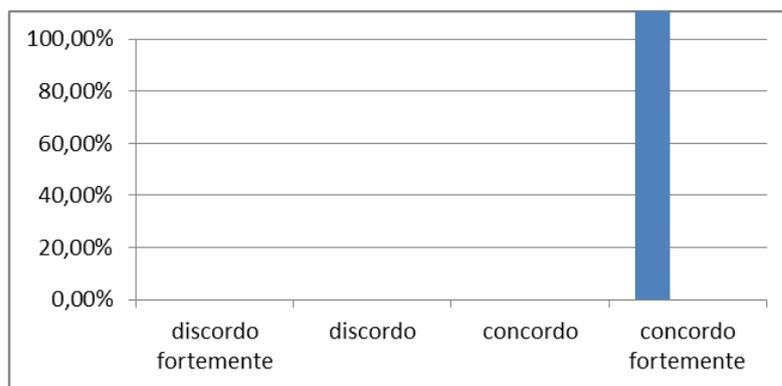


Gráfico 16 – respostas relativas à afirmação: “Acredito que essa colaboração que o recurso proporciona ajudaria a ensinar os alunos”



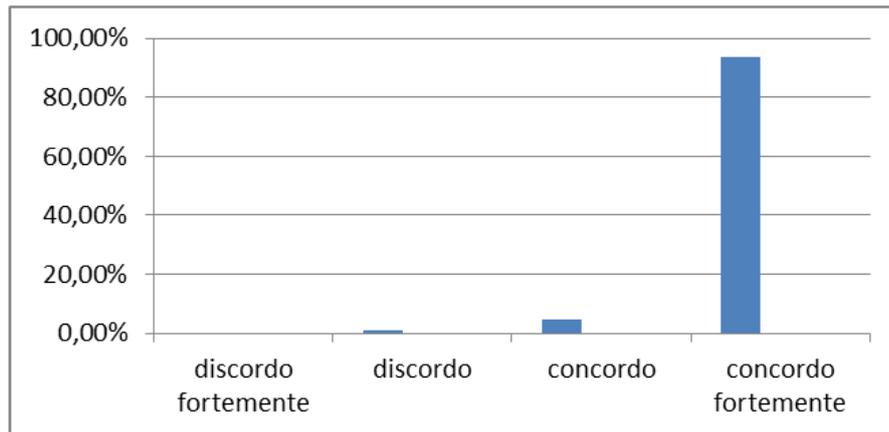
Os licenciandos ponderaram que a atividade, por ser desafiante, levaria os alunos a terem ideias diferentes, provocando discordância de pontos de vista. Assim sendo, eles acreditam que a própria insegurança gerado pela falta de consenso intra-grupos levaria os estudantes a buscar a opinião de inter-grupos e, também, com o professor.

Segundo eles, mesmo sendo alunos do curso superior e, portanto, sendo mais autônomos eles resolveram promover uma interação inter-grupos.

Por fim, do ponto de vista da aprendizagem, a impressão dos licenciandos também foi muito positiva. De forma geral, eles acreditam que o experimento contribua eficazmente para a compreensão dos alunos.

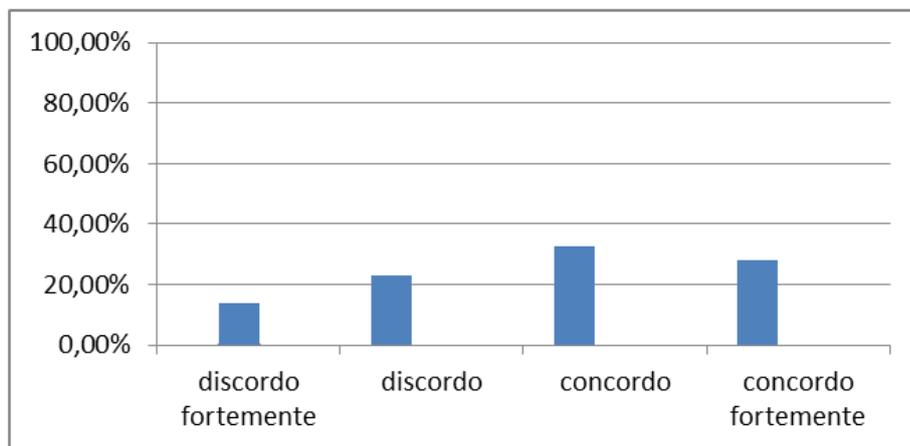
Em relação ao conhecer, nível mais básico de cognição proposto por Bloom et.al. (1956), a maioria dos licenciandos se posicionou que somente a realização da atividade contribuiria para o estudante atingir.

Gráfico 17 – respostas relativas à afirmação: “Estou certo de que depois do recurso o aluno será capaz de se lembrar do problema proposto e de como fizeram para resolvê-lo”.



Com relação, ao segundo nível do processo cognitivo, à compreensão, os licenciandos já acreditam que o experimento deveria vir acompanhado de mais exercícios para que a utilização do método fosse mais assimilado.

Gráfico 18 – respostas relativas à afirmação: “Depois da utilização do recurso acredito que os alunos saberão resolver problemas semelhantes ao proposto na atividade”.



Em relação aos níveis mais altos de cognição: aplicação, análise, síntese e avaliação, os licenciandos julgaram que o experimento sozinho não era suficiente para possibilitar aos estudantes.

Gráfico 19 – respostas relativas à afirmação: “Creio que os alunos, após o uso do recurso, serão capazes de aplicar o que aprenderam em outras situações-problema”.

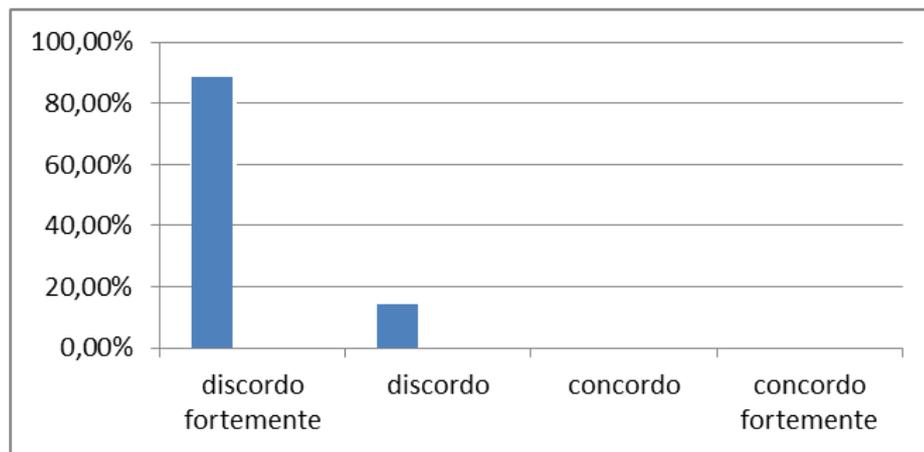
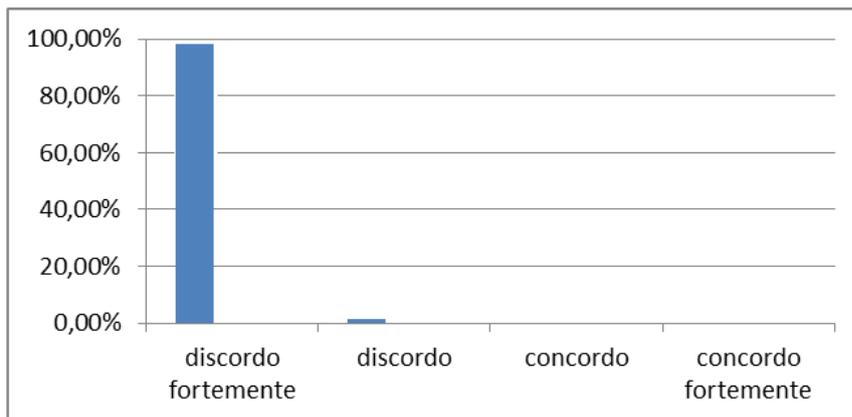


Gráfico 20 – respostas relativas à afirmação: “Acredito que, após a utilização do recurso os alunos serão capazes de avaliar o que foi feito nessa atividade e propor aperfeiçoamentos”.



4.3 – A perspectiva dos professores quanto à proposta experimental.

A segunda etapa da coleta de dados, foi obtida perante a criação de um grupo focal com a participação sete professores, sendo eles formado por quatro professores de Matemática e três de Física, com o objetivo de levantar as percepções dos professores que atuam no ensino médio nas disciplinas de Física e de Matemática das escolas públicas da cidade de Guaratinguetá, que fica localizado no interior de São Paulo, quanto a proposta experimental idealizada.

Esse grupo de professores foi determinado segundo o interesse manifestado por eles em participar dessa pesquisa. Foi encaminhado um convite aos professores de Física e Matemática da região para conhecer a ferramenta desenvolvida, mas em função das datas de calendários disponíveis, se manifestaram favoravelmente em participar apenas sete docentes.

Para a análise de dados, foi utilizado o software Iramuteq, que é um software gratuito e com fonte aberta, desenvolvido por Pierre Ratinaud (Lahlou, 2012; Ratinaud & Marchand, 2012), que oferece análises estatísticas de *corpus* textuais e sobre tabelas e palavras.

Como enfatizam Camargo e Justo (2013), é crescente o número de trabalhos de pesquisa na área de Ciências Humanas e Sociais que tem utilizado softwares específicos para análise de dados textuais, pois possibilitam o estabelecimento de relações entre as palavras mais destacadas nos textos estudados com variáveis categoriais que podem ser estabelecidas a partir da compreensão que se tem sobre os significados atribuídos pelos produtores dos textos.

Para Nascimento e Menandro (2006), o procedimento de análise de dados indicados pela Análise de Conteúdos proposta por Bardin também pode ser realizada mediante o processo de fragmentação de textos com vistas à identificação de regularidades.

Portanto, a utilização de um software de análise textual facilita a identificação de temas presentes num conjunto de textos, tendo em vista o fato de ponderar a frequência com que determinados temas, na forma de palavras, surgem no conjunto de textos. Essa facilitação permite se fazer a Análise de Conteúdo por meio da comparação entre os elementos do *corpus* (palavras ou sentenças), gerando a constituição de agrupamentos de elementos de significados mais próximos e possibilitando a formação de categorias mais gerais de conteúdo.

Para Nascimento e Menandro (*opus cit*) um procedimento válido para realizar uma Análise de Conteúdo por meio de uma análise lexical pode ser descrito da seguinte forma:

- 1- Primeira leitura do *corpus* e anotação de impressões gerais sobre possíveis elementos recorrentes nas informações coletadas;
- 2- Segunda leitura. Pré-categorização. Contagem parcial dos elementos identificados na primeira leitura, visando confirmação ou não de categorias gerais e identificação de possíveis novas categorias;
- 3- Terceira leitura. Construção de grades de categorias contendo tema geral, palavras e frases relacionadas a esse tema;
- 4- Agrupamento de elementos (palavras ou frases) da categoria geral em subcategorias;
- 5- Contagem da frequência final dos elementos nas subcategorias e nas categorias gerais.

Seguindo esses passos esperamos realizar a Análise de Conteúdo da entrevista dos professores.

4.3.1 – Perfil dos Professores

4.3.1.1 – Formação acadêmica dos professores participantes do Grupo Focal.

Tabela 5 – Formação acadêmica dos professores participantes do Grupo Focal

Professor	Formação	Tempo de Magistério
Professor 1	Licenciatura Plena em Matemática	7 Anos
Professor 2	Graduação em Engenharia Mecânica e Licenciatura Plena em Física	3 anos
Professor 3	Licenciatura Plena em Matemática e Mestrando em Ensino de Ciências	10 anos
Professor 4	Licenciatura Plena em Física	24 anos
Professor 5	Licenciatura Plena em Matemática	9 anos
Professor 6	Licenciatura Plena em Matemática	23 anos
Professor 7	Licenciatura Plena em Física e Mestrado em Física	12 anos

O tempo de Magistério do grupo de professores da coleta de dados é bem diversificada, com tempo do magistério mínima do professor 2 de 3 anos e máxima do professor 4 de 24 anos, neste sentido temos uma variação de 21 anos, porém uma média de 13 anos.

Com relação a formação dos professores entrevistados todos possuem titulação em Licenciatura em Física ou em Matemática, sendo que dois possuem pós-graduação em nível de mestrado

4.3.1.2 – Laboratório de Ciências e Informática nas Escolas dos Professores participantes do Grupo Focal.

Tabela 6 – Existência de Laboratório de Ciências e informática nas escolas do professores participantes.

Professor	Possui Laboratório de Ciências	Possui Laboratório de Informática
Professor 1	Não	Sim
Professor 2	Sim	Sim
Professor 3	Não	Sim
Professor 4	Não	Sim
Professor 5	Não	Sim
Professor 6	Não	Sim
Professor 7	Não	Sim

É notório a falta de laboratório de Ciências nas escolas da maioria dos professores participantes da pesquisa, como já foi visto, esta é a realidade de grande parte das escolas brasileiras, segundo os dados do Censo Escolar de 2014 do Ministério da Educação (BRASIL, 2014). Porém em relação ao laboratório de informática, em todas as escolas em que estes professores trabalham, existe um laboratório de informática disponível, como também é de se esperar pelos dados que o Censo Escolar.

4.4 – Análise da opinião dos professores quanto a proposta experimental:

Os dois primeiros passos propostos são facilmente realizados pelo Iramuteq. Basta que digitemos o texto no bloco de notas e solicitemos a análise lexical do texto para que as palavras mais frequentes nos textos sejam listadas.

Em nosso caso, as entrevistas com os professores destacaram as seguintes palavras mais frequentes:

Tabela 7 – Frequência das palavras citadas no grupo focal

PALAVRA	FREQUENCIA	PALAVRA	FREQUENCIA	PALAVRA	FREQUENCIA
Exercício	3	Trigonometria	11	Depois	9
Procurar	5	Corpo	3	Dever	3
Lá	9	Medida	5	Físico	3
Nunca	6	Vez	3	Propor	10
Sentido	3	Aula	8	Semelhança	5
Bem	4	Querer	4	Antes	4
Lugar	3	Entender	3	Bacana	3
Sala	5	Thiago	5	Aprender	5
Professor	18	Escola	5	Ciência	4
Certo	4	Bom	8	Demonstração	3
História	5	Claro	3	Matéria	7
Manipular	3	Obrigar	3	Mostrar	6
Pensar	6	Começar	3	Legal	6
Estar	12	Perceber	4	Muito	15
Já	9	Além	3	Maneira	11
Olhar	4	Só	8	Matemática	12
Acreditar	3	Perder	5	Usar	5
Proposta	9	Estudar	5	Também	8
Achar	12	Área	3	Algo	3
Trabalhar	11	Colocar	5	Erro	6
Vídeo	6	Sim	7	Introduzir	3
como	28	Não	31	Discutir	6
Aqui	3	Discussão	3	Agora	5
Falar	5	Turma	3	Tema	3
Utilizar	5	Experimento	29	Aluno	17
Interessante	7	Laboratório	5	Atividade	24
Difícil	4	Mais	14	Listar	3
Triângulo	6	Gente	5	Nada	3

Essas palavras, apesar de frequentes, separadas do contexto não ajudam muito a estabelecer qualquer variável categorial. Contudo, o software Iramuteq oferece a possibilidade de separar as palavras por classes, agrupando as palavras que aparecem relacionadas nos textos analisados.

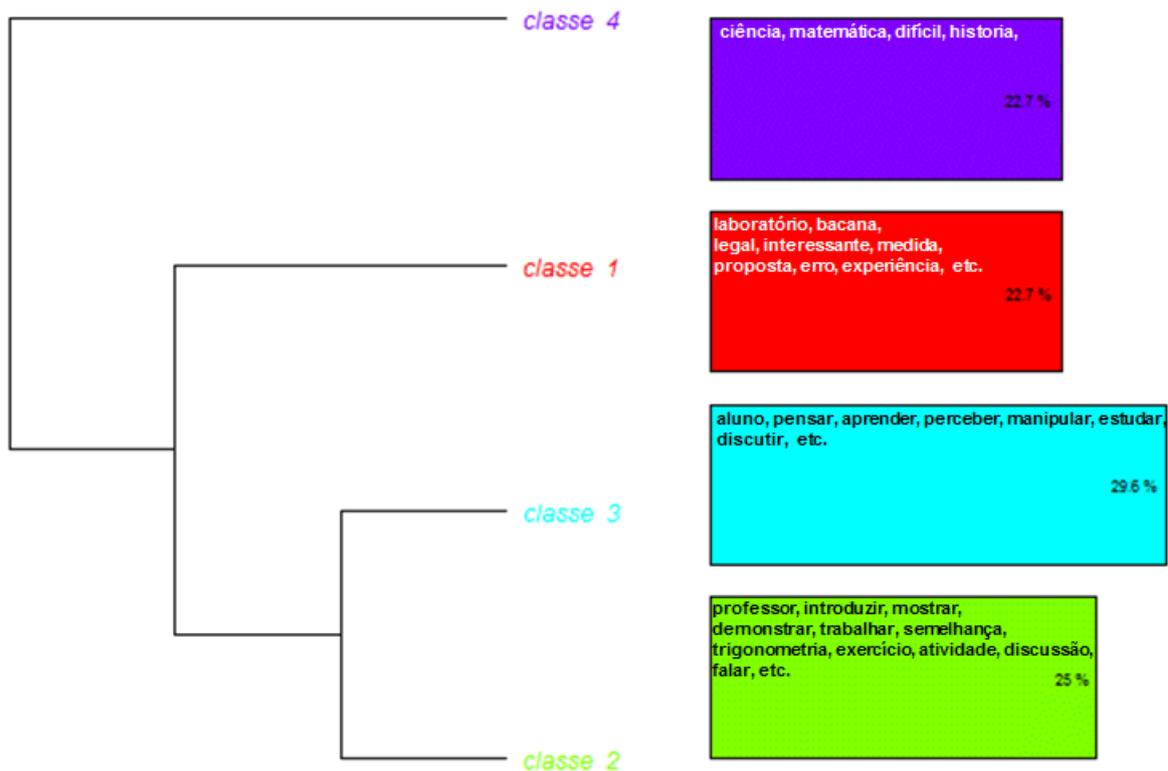


Figura 9 – Classes de palavras geradas pelo Iramuteq

A partir dessas quatro classes de palavras associadas identificamos quatro categorias de análise:

- A experiência proposta;
- O papel do professor;
- O papel do aluno;
- A Ciência e a Matemática.

Com relação à experiência proposta, os professores afirmam que se constitui em uma atividade interessante para os alunos realizarem. Enfatizam também o fato de o recurso não se limitar apenas ao experimento em si, mas de possuir vídeos, textos, historia, enfim, oferecer um apoio ao professor em seu fazer pedagógico.

Professor 1: Meu Deus que loucura ! Nunca vi isso antes. Você consegue controlar o experimento que está em outro lugar pelo computador. Isso parece coisa de outro mundo, nunca tinha visto isso antes. Olha , muito legal, bacana mesmo.

Professor 3: Pois é, você vê o objeto na sua frente e você poder manipular ele, é uma coisa, é normal, agora você vê o objeto que está em outro lugar e você consegue manipular, é outra coisa, é impressionante para a gente professor, imagina para o aluno. Nossa, mas isso deve ser divulgado, pois é muito interessante, você realiza um experimento, faz uma atividade com os alunos sem precisar ter um laboratório na escola.

Professor 7: (...) geralmente, nós da área da Física, Química, trabalhamos mais com experimentos realmente, mas só o experimento em sí, só o material, e essa sua proposta não, traz além do experimento e um suporte para o professor. Assim fica muito mais fácil do professor preparar a sua aula, além da liberdade de como trabalhar. Pois pelo que vi no site, não tem ordem certa, você pode começar pela história, para introduzir, ou pode ir para os vídeos, sei lá, mas o importante é que as informações já estão no site, dando um suporte para o professor. (...)Eu usaria essa proposta do seu trabalho, achei fascinante.

A utilização das palavras bacana, interessante, fascinante e legal, indica que os professores acreditam que o experimento pode motivar os estudantes para a aprendizagem em Matemática, Física, Ciências.

Enfatizam, também, que a atividade é rica, pois oportuniza aos alunos oportunidades para que realizem experiências, façam medidas e avaliem os erros das medidas.

Ainda com relação ao experimento desenvolvido um professor destaca a dificuldade de se encontrar material didático multimídia adequado para se trabalhar em sala de aula.

Professor 2: ... o site dá um corpo para o experimento, pois a gente perde um tempo tremendo tendo que procurar algo diferente, eu procuro as vezes vídeo no *youtube*, para passar para os alunos, mas perco um tempo procurando. Agora este já tem o experimento mais esse corpo para auxiliar, fica bacana.

Sobre o papel do professor, os docentes destacam a importância de se aproveitar o recurso para mostrar, demonstrar conceitos aos alunos. Além disso, referem-se à oportunidade de envolver os alunos em discussões, levantamento e testes de hipóteses, raciocinando e buscando soluções para o problema proposto.

Entre eles há uma defesa da atividade como um recurso para o trabalho em casa, como um exercício fora do horário da aula. Outros já entendem que a atividade deve ser realizada no contexto de sala de aula, facultando ao professor os meios de se introduzir, de forma contextualizada, a apresentação de conceitos aos alunos.

Professor 6: ... acho que passaria esta atividade mais como uma revisão, e não como uma introdução para a matéria. Tipo uma lista de exercícios usando este experimento. Algo do tipo.

Professor 1: ... achei muito bem montado, estruturado. Gostei dos vídeos, mostrando a matemática no dia a dia, do esquema que você fez com um texto curto e logo um vídeo sobre a história da matemática, deu mais corpo para a atividade. Agora em relação à aplicação, eu já discordo totalmente do “Professor 6”. Pois o interessante da atividade é colocar eles para pensarem, procurar a solução, raciocinarem, e isso que o “Professor 5” falou é legal, estudar os erros com o aluno, voltando para a história da Matemática, mas enfim, eu acredito que para introduzir a matéria eu iria como você fez, ir na história da Matemática, passaria esses vídeos, iria propor a atividade junto com a matéria.

Professor 6: Sim, tudo bem, mas penso que a atividade antes de passar a matéria ou junto, iria perder muito tempo até eles conseguirem obter uma resposta, ou aprender, entendeu? Por isso a atividade depois pode ser legal. Certo?

Professor 7: É estava pensando aqui, mas concordo com o “Professor 1” a atividade experimental sendo colocada depois me parece perder o sentido, pois vai virar um lista de exercício como outra qualquer, entendeu? Vai ser uma lista diferenciada, mas continua sendo uma atividade comum.

Com relação ao papel do aluno, os professores entrevistados chamam a atenção para a importância dos alunos não assumirem uma postura passiva ante o processo de ensino e de aprendizagem. Destacam a importância dos alunos manusearem o experimento, realizarem medidas, discutirem soluções para o problema proposto. Portanto, além de motivados pela própria natureza da atividade, que controla remotamente um experimento, os estudantes devem se envolver num processo de interação que envolve a relação com o objeto do conhecimento, bem como com seus pares e também com o professor.

As falas de uma forma geral ressaltam que, na realização da atividade os alunos deverão ser envolvidos de forma ativa com o trabalho, não apenas para aprenderem conceitos, mas também e principalmente, a desenvolverem habilidades e competências investigativas, pensando, raciocinando e não decorando soluções prontas.

Professor 1: ... essa atividade é muito interessante, os alunos conseguem manipular o experimento e propor hipóteses para achar a altura, como você deu exemplo, e é isso que deixa a atividade interessante, a possibilidade de você discutir com os alunos e dessa maneira eles conseguem aprender melhor, pois não estarão decorando nada, o aprendizado vai acontecer na hora que eles forem propondo maneiras de solucionar os problemas.

Professor 1: ... a atividade de demonstração, lógico que é interessante e muito boa, mas as atividades de investigação, acredito eu, ser a melhor opção para essa proposta que o Thiago nos mostrou, de novo né, junto com o site, que dá um amparo legal.

Professor 4: Outra coisa interessante, que queria falar é que esta atividade cai bem para estudar os erros encontrados pelos cientistas. Quando que um erro é relevante, e pode não ser considerado como erro?! Como nós vimos o erro desse matemático, que é insignificante perante o tamanho da Terra, não é?

Finalmente, em relação à Matemática, a Física, e a Ciência de forma geral, os professores acreditam que se constituem em desafio aos alunos, pois não se constitui tarefa fácil a aprendizagem científica, neste sentido como a experiência faz parte da natureza da ciência, seu aprendizado deve envolver a experimentação, a investigação.

Destacam ainda a importância do uso da história da ciência como um importante recurso para a aprendizagem dos alunos.

Professor 4: Eu procuro levar experimentos nas aulas, pois a física sem experimento não existe. Outra coisa interessante, que queria falar é que essa atividade cai bem para estudar os erros encontrados pelos cientistas... como vimos na história da matemática, como o erro desse matemático...

Professor 2: ... Gosto da parte da história da Matemática para introduzir e já levaria o problema também para gerar polêmica ... penso que ganhamos em qualidade nisso.

De forma geral, tanto os alunos dos cursos de licenciatura quanto os professores já formados atribuem importância à experimentação. A divergência está, algumas vezes, na maneira como a experimentação será utilizada em sala de aula e na falta de recursos nas escolas. Portanto, ao nosso ver, o recurso que desenvolvemos pode contribuir de maneira significativa para que as atividades experimentais possam, de fato, ocorrer em sala de aula.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como nosso trabalho está sendo desenvolvido no contexto de um mestrado profissional, tínhamos, desde o início de sua execução, a preocupação com o produto que iríamos gerar.

A questão experimental se mostrou importante não apenas do ponto de vista epistemológico, como também do ponto de vista didático-pedagógico. Ou seja, a experimentação não tem apenas importância para o processo da construção de conhecimentos científicos, como também desempenha papel fundamental no processo de aprendizado desses conhecimentos.

Entretanto, aprendi com a pesquisa que não é a atividade experimental em si que importa, mas a maneira de utilizá-la em sala de aula, pois é o professor que vai dar significado a ela perante seus alunos. Portanto é preciso que o docente esteja aparelhado física e pedagogicamente para se utilizar da experimentação.

As leituras dos artigos sobre o uso da experimentação em sala de aula apontam que, apesar de importante, a maioria das escolas não conseguem desenvolver esse tipo de atividade com seus alunos, por isso entendi que meu trabalho poderia se inserir nessa lacuna. Assim sendo, me dediquei a procurar indicações de como meu trabalho poderia contribuir para superar essa dificuldade.

Os laboratórios remotos me pareceram uma ótima maneira de contribuir com as escolas e os professores no intuito de superar esse obstáculo para a aprendizagem de conceitos matemáticos e físicos. Não só por serem práticos, ágeis, disponíveis, mas também por seu potencial em fascinar a mente curiosa do estudante que está do outro lado da tela sabendo que não interage mais com o virtual, mas com o real, localizados a quilômetros de distância.

Ao nosso ver, esse aspecto lúdico da Ciência que ao longo dos tempos vem despertando o interesse da humanidade, tornando o aparente impossível em possível, é resgatado pelo laboratório remoto, cativando o estudante a aprender.

Aprendi que a palavra saber tem a mesma raiz etimológica da palavra sabor e creio que isso não seja por acaso, pois o saber é, de fato, saboroso, dessa forma cremos que a experimentação remota, além das vantagens técnicas que oferecem, tem o potencial de resgatar o sabor para o aprendizado científico.

Além disso, é preciso destacar a importância que se tem hoje do ensino se comprometer com a dimensão da formação humana, para além daquela que sua especialidade está voltada. Portanto, antes de ensinar Matemática, Física é preciso tornar o indivíduo capaz de viver numa sociedade mediada pelos recursos das novas tecnologias de informação e comunicação.

Assim sendo, não podemos subutilizar o computador e a internet em nossas escolas, principalmente quando este, segundo dados oficiais do Censo escolar, são os recursos mais disponíveis ao aluno e ao professor.

Dessa forma, o recurso que desenvolvemos é um experimento remoto que pode ser acessado por qualquer dispositivo com conexão à internet e que permite a realização de atividades que contextualiza conceitos matemáticos e físicos.

Numa primeira avaliação pudemos identificar, pela opinião de futuros professores de Física e Matemática, diferentes aspectos com relação à sua aplicação em sala de aula, uns positivos e outros negativos.

Os positivos dizem respeito ao potencial que dispõe de promover a interação social, de motivar os estudantes para o aprendizado, para comprometer o estudante com a busca por soluções ao problema proposto.

Com relação aos aspectos negativos, percebemos que é importante completar o recurso desenvolvido com a criação de uma estrutura de apoio à aprendizagem dos estudantes e atuação do professor.

Nesse sentido, geramos um LMS, ou seja, um sistema de gerenciamento de aprendizagem, disponibilizando para alunos e professores: diferentes textos de história da Ciência e da Matemática que possam inspirar a busca por novas formas de resolução do problema proposto; diferentes situações-problemas, baseada na problematização experimental, com vistas ao desenvolvimento de capacidades cognitivas de níveis mais superiores; e a disponibilização de animações e simulações computacionais que permitam exercícios de generalização do que foi aprendido na situação experimental.

Por fim, percebemos que a proposta experimental idealizada, além de ser viável a sua utilização em sala de aula, tanto na perspectiva dos licenciandos quanto na dos professores, se mostrou com grande potencial a oferecer ao Ensino de Ciências.

REFERÊNCIAS

- AKTAN, Burcin et al. Distance learning applied to control engineering laboratories. **IEEE Transactions on education**, v. 39, n. 3, p. 320-326, 1996.
- ARISTÓTELES. Metafísica. Livro A, cap. I. (Coleção Os Pensadores). São Paulo: Editora Abril, 1984. p.329.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70 Ltda, 2009.
- BARRETO LÉ, J. Hipertexto e fluxo informacional: considerações sobre o dado e o novo na web. In: RIBEIRO, A. E.; VILLELA, A. M. N.; SOBRINHO, J. C.; SILVA, R. B. (Orgs.). Linguagem, tecnologia e educação. Minas Gerais: Peirópolis, 2010, p. 64-76.
- BATISTA, Michel Corci., FUSINATO, Polônia Altoé., BLINI, Ricardo Brugnole. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física. *Acta Scientiarum Human and Social Sciences*, p.43 – 49, Janeiro , 2009.
- BEVILACQUA, Gabriela Dias; COUTINHO-SILVA. O ensino de Ciências na 5ª série através da experimentação. *Ciências e Cognição*, vol. 10, p. 84-92, março, 2007.
- BLOOM, B.S. **Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain.** New York; Toronto: Longmans, Green. 1956. 207 p.
- BÖHNE, Andreas; FALTIN, Nils; WAGNER, Bernardo. Self-directed learning and tutorial assistance in a remote laboratory. In: **Interactive computer aided learning conference.** 2002. p. 1-13.
- C. FIOLHAIS; J. TRINDADE. **Física no Computador: O Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas.** *Rev. Bras. Ens. Fís.*, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.
- CARDOSO, Dayane Carvalho; TAKAHASHI, Eduardo Kojy .Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 3, p.185-208 outubro, 2011.
- CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. O currículo de Física: Inovações e tendências nos anos noventa. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 3-19, 1996.

CARVALHO, Anna MP de; SASSERON, Lúcia Helena. Abordagens histórico-filosóficas em sala de aula: questões e propostas. Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, p. 107-139, 2010.

COIMBRA, José de Ávila Aguiar. Considerações sobre a interdisciplinaridade. Interdisciplinaridade em ciências ambientais, v. 1, p. 52-70, 2000.

CRARY, Jonathan. Suspensions of perception: attention, spectacle, and modern culture. MIT Press, 2001.

DA SILVA THIESEN, Juarez. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. Revista Brasileira de Educação, v. 13, n. 39, p. 545-598, maio, 2008.

DE ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira; DOS SANTOS ABIB, Maria Lúcia Vital. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003.

DE CARVALHO, Anna Maria Pessoa. **Ensino de Ciências-unindo a pesquisa e a prática**. Cengage Learning Editores, 2004.

DUARTE, M. C. A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA PRÁTICA DE PROFESSORES PORTUGUESES: IMPLICAÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 317-331, 2004.

ELAWADY, Yasser, and A. S. TOLBA. "Educational objectives of different laboratory types: A comparative study." *arXiv preprint arXiv:0912.0932*(2009).

FAGUNDES, S. M. K. Experimentação nas Aulas de Ciências: Um Meio para a Formação da Autonomia? In: GALIAZZI, M. C. et al. Construção Curricular em Rede na Educação em Ciências: Uma Aposta de Pesquisa na Sala de Aula. Ijuí: Unijui, p.317-336, 2007.

FAZENDA, I. C. A. O que é interdisciplinaridade? São Paulo: Cortez, 2008.

FAZENDA, Ivani. Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa. 4 ed. Campinas: Papirus, 1999.

FERRAZ, A.P. C. M.; BELHOT, R.V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FORTES, Clarissa Corrêa. "Interdisciplinaridade: origem, conceito e valor." *Revista acadêmica Senac on-line. 6a ed. setembro-novembro* (2009).

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 22ªed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GASPAR, A. *Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental*. São Paulo: Ática, 2009.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: uma análise segundo o referencia da teoria de Vigotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.10, n.2, p. 227-254, Outubro, 2005 .

GASPAR, Alberto. *Experiências de Ciências: para o ensino Fundamental*. 1ª Edição. São Paulo. Ática, 2005. 328p.

GIORDAN, Marcelo. "O papel da experimentação no ensino de ciências." *Química nova na escola*, nº 10, p.43-49 ,Novembro,1999.

GOURLART, Iris Barbosa. *Piaget: experiências básicas para utilização pelo professor*. 21. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 198-202, Março, 2009.

KELLER, J. M. **Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach**. Springer, 2009.

KIRKPATRICK, Donald L., **Evaluating Training Programs - The Four Levels**. Berrett-Koehler Publishers, Inc. 1994.

LABURU, C. E.; ARRUDA, S. M. Um Instrumento Pedagógico para Situações de Controvérsia e Conflito Cognitivo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, 1998.

LABURÚ, Carlos Eduardo; ARRUDA, Sérgio de Mello; NARDI, Roberto. Os programas de pesquisa de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala

- de aula em situações de contradição e controvérsia. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 5, n. 2, p. 23-38, 1998.
- LEIS, Héctor Ricardo. Sobre o conceito de interdisciplinaridade. *Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas*, Florianópolis, n. 73, p. 2-23. Ago. 2005.
- LÉVY, Pierre, *As Tecnologias da Inteligência*. Rio de Janeiro: 34 Letras, 1993.
- LIMA, K. C. ; Teixeira, F . A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DAS CIÊNCIAS PARA A APROPRIAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO. *Revista de Ensino de Biologia da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio)* , v. 7, p. 4516-4527, 2014.
- LOPES, Sara Patrícia de Medeiros Lacerda. **Laboratório de acesso remoto em Física**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.
- LÜCK, H. *Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teóricos metodológicos*. Rio de Janeiro: Vozes, 2010.
- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. Possibilidades e limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física. *Revista Bras. Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, Jun., 2002.
- MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga et al. Protótipo de uma atividade experimental para o estudo da cinemática realizada remotamente. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, n. 1, p. 191-208, Abril, 2013.
- MOREIRA, M. A. . *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. 1. ed. Brasília: Editora da UnB, 2006. v. 1. 185p
- MORIN, E. *Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios*. São Paulo: Cortez, 2002b, 102.
- MORIN, Edgar. *Os Sete Saberes necessários à Educação do Futuro*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2000.
- NORMAN, Donald. *Things that make us smart*. Cambridge: Perseus Books, 1993.
- OLIVEIRA, Jane Raquel Silva. "Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente/Contributions and approaches

of the experimental activities in the science teaching: Gathering elements for the educational practice." *Acta Scientiae* 12.1 (2012): 139-153.

PÁTARO, Ricardo Fernandes; BOVO, Marcos Clair. A interdisciplinaridade como possibilidade de diálogo e trabalho coletivo no campo da pesquisa e da educação. *Revista NUPEM*, v. 4, n. 6, p. 45-63, Julho 2012.

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. Relação entre a pesquisa em Ensino de Física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 3, p. 424-438, dez., 2008.

PEREIRA, A.P.; OSTERMANN, F. Mudança conceitual ou escolas concorrentes? Rumo a um modelo de “distribuição conceitual”. VIII Enpec – Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências. ABRAPEC, Universidade Estadual Campinas. Campinas, São Paulo, 2011.

POELS, K.; KORT, Y. D.; IJSSELSTEIJN, W. "It is always a lot of fun!": exploring dimensions of digital game experience using focus group methodology In: *PROCEEDINGS OF THE 2007 CONFERENCE ON FUTURE PLAY*. Toronto, Canada: ACM, 2007.p.83-89.

POPPER, K. R. *A lógica da pesquisa científica*. 2 ed. Editora Cultrix, 2013.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982

ROSA, K.; MARTINS, M. C. A INSERÇÃO DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO CURRÍCULO DELICENCIATURA EM FÍSICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA: UMAVISÃO DE PROFESSORES UNIVERSITÁRIOS. *Investigações em Ensino de Ciências – V12(3)*, pp.321-337, 2007.

SANTOS, A.R.B; CARVALHO, R.A.; GRANDO, R.K.; BUENO Jr. Hipertexto: uma ferramenta para construção da aprendizagem na educação a distância. **3º Simpósio Hipertexto e Tecnologias na Educação**. UFPE, Recife/PE. 2010.

SANTOS, Maria Fernanda dos. A experimentação na área de ciências e o processo de ensino-aprendizagem, Especialização em Ensino de Ciências. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, p. 34, Março, 2014.

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação. Currículo do Estado de São Paulo: Matemática e suas tecnologias / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Nilson José Machado. – 1. ed. atual. – São Paulo : SE, 2012B

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação. Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes. – 1. ed. atual. – São Paulo: SE, 2012A

SILVA, Juarez Bento. A utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem. Tese, 2007

SIM, Amira Amaral. Experimento de física controlado remotamente: uma avaliação sobre processo de ensino e de aprendizagem. 2016.

SORPRESO, T. P.; ALMEIDA, M. J. P. M. DISCURSOS DE LICENCIANDOS EM FÍSICA SOBREA QUESTÃO NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO: FOCO NA ABORDAGEM HISTÓRICA. *Ciência & Educação*, v. 16, n. 1, p. 37-60, 2010.

TEIXEIRA, E. S; FREIRE, O.; EL-HANI, C. N. A. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da Natureza da Ciência de estudantes de Física. *Ciência e Educação*, v. 15, n. 3, 2009.

THIESEN, Juarez da Silva. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. In: *Revista Brasileira de Educação*, Santa Catarina, v. 13, n. 39, p. 545 – 552, Set./Dez. 2008.

TULLIS, T.; ALBERT, W. *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*. Morgan Kaufmann, 2008.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.