

ESCOLA NORMAL SUPERIOR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS NA
AMAZÔNIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA

JOSÉ DE ALCÂNTARA FILHO

O ENSINO DE CIÊNCIAS E A NECESSÁRIA RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR
ENTRE FÍSICA E MATEMÁTICA

MANAUS – AMAZONAS
2008

JOSÉ DE ALCÂNTARA FILHO

O ENSINO DE CIÊNCIAS E A NECESSÁRIA RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR
ENTRE FÍSICA E MATEMÁTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, como parte do requisito para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências.

ORIENTADORA: PROF^a DR^a JOSEFINA BARRERA KALHIL

MANAUS – AMAZONAS
2008

JOSÉ DE ALCÂNTARA FILHO

O ENSINO DE CIÊNCIAS E A NECESSÁRIA RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR
ENTRE FÍSICA E MATEMÁTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas – UEA, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Aprovado em _____ de _____ de 2008

Banca examinadora

Profª Drª Josefina Barrera Kalhil
Universidade do Estado do Amazonas - UEA

Profº Dr. Yuri Expósito Nicot
Universidade do Estado do Amazonas – UEA

Profª Drª Suzana Maria Coelho
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC/RS

À minha esposa Lucyreni e aos meus filhos Marcos, Daniel e Pedro, por compreenderem minhas ausências, pela força e companheirismo constante.

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meus caminhos na busca da realização deste sonho.

À orientadora e amiga Prof^a Dr^a Josefina Barrera Kalhil, sem a qual a realização deste trabalho não teria sido possível.

Às minhas colegas da gerência de formação do magistério Selma Oliveira, Regina Célia Vieira, Rita Eutrópio Bezerra, pelos momentos de reflexões e debates que muito contribuíram para a construção desse trabalho e a todos os colegas da gerência de formação do magistério, pelo apóio e colaboração nessa jornada.

Aos professores Luiz Carlos Cerquinho de Brito e Valéria Amed da Costa, pelo auxílio teórico e epistemológico que influenciaram essa pesquisa.

Aos professores do Programa, pela dedicação, pelo profissionalismo e por nos ajudar a valorizar o degrau que ora galgamos.

Aos professores que aceitaram participar da banca examinadora, pelas valiosas contribuições.

Aos colegas de curso, pela amizade e troca de experiências.

Às escolas e as professores envolvidos na realização deste trabalho. Que contribuíram cada um a sua maneira para que ele fosse realizado.

Aos meus pais que torceram e acreditaram na ousadia desse filho metido a estudioso.

A Elis Regina, colega da gerência de formação, que formatou e melhorou a estética deste trabalho.

Enfim, agradeço a todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização deste trabalho.

“Uma fronteira não é o ponto onde algo termina; é o ponto a partir do qual algo começa a se fazer presente”.

Martin Heidegger

RESUMO

O presente trabalho teve como preocupação central a investigação das dificuldades vivenciadas pelos professores de Matemática e Física na busca de realizar um trabalho interdisciplinar nas escolas públicas de Manaus. Nessa trajetória, refletiu-se sobre o Ensino de Ciências, a integração do conhecimento, a interdisciplinaridade, a relação da Física com a Matemática, a formação de professores e a realidade do ensino dessas disciplinas na capital amazonense. Nesse contexto, além de apontar limites e fragilidades da prática docente, buscou-se possibilidades de superação, discutindo-se e identificando-se as potencialidades oriundas das interações conceituais entre as dimensões do ensino e da aprendizagem de Matemática e Física por meio de atividades integradoras. Para tanto, foi produzida uma proposta metodológica que relaciona fenômenos físicos com o objeto matemático, evidenciando conexões possíveis e sistematizando o processo integrador, objetivando a prática reflexiva e interdisciplinar na busca da superação do cenário estabelecido no ensino atual. Há um longo caminho a ser percorrido na busca de um ensino instrumentalizador e unificador, que valorize o todo e não somente as partes. Para que essa educação almejada possa ser alcançada, deve-se investir na formação continuada de professores, acreditando que a mesma seja um forte elemento de mudança conceitual, atitudinal e procedimental na prática docente.

ABSTRACT

The present work had as central concern the investigation of the difficulties lived by the teachers of Mathematics and Physics in order to reach an interdisciplinary work in the public schools of Manaus. In this path it was reflected on the teaching of Sciences, knowledge's integration, interdisciplinarity, the relationship between the Physics and Mathematics, teachers' formation and the reality of the teaching these subjects in the capital of the Amazon. on this context, besides pointing limits and fragilities of the educational practice, it was looked for the overcome of possibilities, discussing and identifying the potentialities originating from of the conceptual interactions among the dimensions of Mathematics and Physics teaching and learning through integrating activities. For so much, it was produced a methodological proposal that it relates physical phenomena with the mathematical object, evidencing the possible connections and systematizing the integrator process, aiming at the reflexive practice and interdisciplinary in the search of the superation of the established scenery in the present-day teaching. There is a long way to be traveled in the search of instrumentalizer and unifier teaching, on which values the whole and not only the parts. So that, this longed education to be reached, it should be invested by the teachers' continuous formation, believing that the same is a strong element of conceptual change, atitudinal and procedimental in educational practicing.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Quadro: características das opções epistemológicas	28
FIGURA 2. Quadro de formações: ano 2005	47
FIGURA 3. Quadro de formações: ano 2006	47
FIGURA 4. Quadro de formações: ano 2007	47
FIGURA 5. Quadro de formações: ano 2008	48
FIGURA 6. Esquema do plano inclinado	53
FIGURA 7. Esquema do plano inclinado	56
FIGURA 8. Esquema da regra do paralelogramo	56
FIGURA 9. Esquema do plano inclinado	63
FIGURA 10. Triângulo retângulo ABC	64
FIGURA 11. Triângulo retângulo ADC	64
FIGURA 12. Esquema da regra do paralelogramo	65
FIGURA 13. Triângulo obtuso	65
FIGURA 14. Esquema das escalas termométricas	68
FIGURA 15. Esquema do teorema de Tales	68
FIGURA 16. Esquema integrado: Teorema de Tales e Escalas Termométricas ..	69
FIGURA 17. Esquema de semelhança de triângulos	70
FIGURA 18. Esquema da câmara escura	70

SUMÁRIO

Dedicatória	
Agradecimentos	
Resumo	
Abstract	
Lista de figuras	
Introdução	12
Capítulo 1 – Referencial Teórico	15
1.1 – Um breve histórico do ensino de ciências	17
1.2 – O conhecimento sob a ótica integradora	21
1.3 – O ensino numa perspectivai interdisciplinar	24
1.4 – A relação integradora entre Física e Matemática	29
1.5 – A necessária formação para uma ação integradora	38
1.6 – A realidade do ensino de Física e Matemática no município de Manaus	44
Capítulo 2 – Metodologia da pesquisa.....	50
2.1 – Sujeitos da pesquisa	50
2.2 – Plano teórico metodológico da pesquisa.....	50
2.3 – Abordagem metodológica.....	52
2.4 – Observando a prática docente	53
2.5 – Entrevistando os docentes	55
2.6 – Oficinas de integração	55
Capítulo 3 – Proposta metodológica para uma relação integrada entre Física e Matemática.....	57
3.1 – Antecedentes da proposta	57
3.2 – A realidade em relação ao trabalho interdisciplinar	61
3.3 – Atividades integradas com professores de Física e Matemática.....	63
3.4 – A proposta metodológica	66
Considerações finais	71
Referências	74
Anexos	79

Anexo 1. Entrevistas

Anexo 2. Oficina integrada

Anexo 3. Manual de Integração

INTRODUÇÃO

O Ensino de Ciências na atualidade é marcado por contradições e polêmicas acerca da sua eficiência na formação de um sujeito holístico, autônomo e crítico frente ao crescente desenvolvimento científico e tecnológico. O ensino isolado de disciplinas como Matemática, Física, Química e Biologia mostra claramente a fragmentação do conhecimento e evidencia a necessidade de mudança na estrutura educacional. As preocupações são grandes, pois se continuar da forma como está, a escola perderá o status de espaço de transformação e a educação estará falhando na sua função formadora.

Particularmente, o ensino de Matemática e Física nas escolas ainda têm um longo caminho a percorrer na transformação dos modelos disciplinares vigentes, em geral, pautados pela transmissão e recepção irrefletida de conhecimentos. Essa superação pressupõe a mudança na formação inicial e investimento na formação continuada dos professores, pois só há mudança na ação docente quando suas concepções são transformadas, ou seja, a principal mudança deve ocorrer na mente dos educadores.

Para a retomada da motivação dos alunos em aprender essas disciplinas, faz-se necessário interligar os saberes e valorizar o envolvimento discente na aprendizagem, por meio do estímulo e do desafio contínuo à sua criatividade. Para tanto, é preciso uma reorganização da estrutura escolar no que diz respeito ao espaço físico, planejamento e interação docente. Nessa reestruturação, a formação continuada apresenta-se como carro chefe, pois o processo formativo leva os docentes ao questionamento de seu papel na educação e nas demandas da prática.

Esse trabalho tem como pressuposto a necessidade urgente de uma prática interdisciplinar que integre diferentes áreas do conhecimento, em particular Matemática e Física. Reflete sobre a instrumentalização discente, bem como, a importância da participação do mesmo na construção e compreensão desses conhecimentos. Destaca, ainda, a importância do conhecimento matemático para a ação pedagógica dos professores de Física, evidenciando os fenômenos físicos como elementos importantes nas aplicações da Matemática. O interesse é proporcionar um novo olhar para a prática pedagógica dessas áreas marcadas pelo isolamento e pela infinidade de fórmulas, definições e memorizações que caracterizam a aridez dessas disciplinas. Sendo assim, serão delineadas fragilidades

e possibilidades de superação dessa questão, encarando esta problemática como pertinente não só às condições metodológicas como às concepções pedagógicas assumidas no processo de ensino e de aprendizagem dessas ciências.

A pesquisa desenvolveu-se com a perspectiva de discutir a questão do conhecimento, particularmente no tocante à integração dos conceitos de Física e Matemática. Não se buscou um único conceito que pudesse ser relacionado, mas todos que puderam ser mapeados nos referenciais e na prática docente. A partir de conceitos inerentes a fenômenos físicos, buscou-se resignificar o fazer pedagógico com um produto que tenha um alcance teórico e metodológico, possibilitando uma nova abordagem na ação pedagógica.

Nesse sentido, a proposta foi pautada, inicialmente, pela busca de um referencial teórico, a fim de localizar pesquisas envolvendo o ensino de ciências e as implicações integradoras, interdisciplinares e formadoras, em particular de Física e Matemática. As propostas que mais contribuíram com os anseios deste trabalho foram observadas nos trabalhos de Capra (2004, 2005 e 2007), Delizoicov. et al (2002), Fazenda (1993,1998), Campos (2000), Henning (1998), Lopes (2004), Lück (1994), Morin (2001, 2002), Nardi (2005), Oliveira (2004), Pietrocola (2005) e Ribeiro (2007).

As considerações apresentadas nesse trabalho foram fundamentadas por esse mapeamento e pelos dados coletados durante o trabalho de campo desenvolvido com os professores no ambiente escolar. Essa intervenção formativa e didática foi conduzida a partir das observações, entrevistas e oficinas no transcurso da pesquisa, sendo que tais informações serviram de suporte para responder as questões levantadas no início desta pesquisa. O objetivo principal foi investigar e identificar potencialidades de integração dos conceitos matemáticos com os fenômenos físicos para uma reestruturação conceitual e metodológica da ação docente.

A pesquisa surgiu de questionamentos e reflexões desenvolvidas tanto em práticas educativas de Matemática e Física no ensino fundamental e médio, na rede pública de Manaus como pela experiência no processo de formação continuada de professores. Em decorrência da experiência docente, foi possível constatar alguns problemas decorrentes da fragmentação no ensino de ambas as disciplinas. Programas pautados por conteúdos tratados numa rígida sucessão linear e em compartimentos estanques, instituindo como objetivo principal a precisão do cálculo

e a crença na repetição como meio eficaz de construção do conhecimento, não oferecendo espaço para a construção e integração dos conceitos estudados. Essa organização educacional dos conteúdos que vem sendo mantida tradicionalmente no ensino de Matemática e Física é um dos obstáculos que impedem aos professores mudar sua prática pedagógica numa direção em que se privilegie o trabalho interdisciplinar.

Todavia, o fracasso escolar observado no ensino de Matemática e Física não têm sua origem centrada apenas nos entraves causados pela organização linear dos conteúdos, mas também na maneira de trabalhá-los. Ou seja, está fortemente vinculado aos procedimentos didáticos, seja em nível intra ou interdisciplinar. O que se percebe é um ensino que utiliza conteúdos isolados das diversas áreas do conhecimento, sem maiores relações e conexões de saberes, priorizando estritamente uma ação pedagógica descontextualizada e meramente quantitativa.

Atualmente, os fenômenos físicos e os conceitos matemáticos são abordados sem contextualização e sem relação com as outras áreas do conhecimento. Vale ressaltar que a prática docente atual é resultado de uma formação inicial deficitária e da falta de formação continuada. A forma como se compreende o ensino atualmente é resultado das formações presenciadas; a relação entre as diversas áreas do conhecimento, em particular Física e Matemática, é uma realidade compreendida e buscada nessa pesquisa, convergindo para a elaboração de um produto que possa colaborar com a formação dos professores de Física e Matemática, objetivando a melhoria do ensino e aprendizagem dos conceitos tanto de uma como da outra ciência.

O foco central desse trabalho é o processo de ensino e aprendizagem, particularmente no tocante à integração dos conceitos físicos e matemáticos. Não se buscou um único conceito que pudesse ser relacionado, mas todos que puderam ser mapeados nos referenciais e na prática docente. A partir das conexões possíveis, buscou-se resignificar a ação docente com um produto de alcance teórico, metodológico e interdisciplinar, possibilitando uma nova abordagem na prática educativa dos professores de Matemática e Física das escolas públicas de Manaus.

Para a efetivação e validação científica da proposta foram planejadas várias ações menores tais como: buscar referenciais pertinentes à temática abordada; verificar a importância do conhecimento matemático na compreensão dos conceitos de Física; identificar aspectos relevantes e entraves existentes na relação dos

conceitos matemáticos e físicos; analisar na prática pedagógica dos professores como se dá a relação da Matemática com a Física; buscar nos livros didáticos as conexões ocultas entre as disciplinas focalizadas neste trabalho; aplicar em forma de oficina de formação nas escolas do ensino médio a proposta metodológica desejada e depois de analisados todos os dados da pesquisa, será efetivada a produção do manual integrador.

O objeto de estudo é o processo de formação continuada e conseqüentemente o ensino e aprendizagem de Matemática e Física no Amazonas. A problemática proposta será delimitada focalizando uma questão essencial:

Que trabalho interdisciplinar pode ser feito na formação continuada de professores de ciências para a superação da fragmentação derivada da formação inicial, de modo que o conhecimento matemático influencie na compreensão dos conceitos de Física e vice-versa?

Em meio ao fracasso no ensino de Matemática e Física, pretende-se elaborar um produto que possa ser usado em formações de professores destas duas disciplinas, evidenciando as conexões extrínsecas e intrínsecas entre essas duas áreas do conhecimento; objetivando um trabalho integrado como uma alternativa para a prática interdisciplinar. A intenção é elucidar pontos que favoreçam o ensino de ciências em particular o ensino de Física e Matemática, buscando a melhoria da prática dos professores, visualizando ações e mudanças de posturas dos educadores.

O que vem em nossa mente quando se pensa no ensino de Física e Matemática? A resposta é simples: tradicionalismo, aula expositiva, professores despreparados, traumas, ou seja, fracasso. Partindo do pressuposto de que o processo de ensino e aprendizagem dessas disciplinas tem ficado abaixo da expectativa e que professores destas disciplinas em geral não realizam as conexões possíveis, algumas questões serão levantadas: qual a percepção dos professores sobre as conexões possíveis entre essas disciplinas? O planejamento escolar tem favorecido a integração docente, visando à prática interdisciplinar? Qual o conhecimento e envolvimento dos docentes em projetos interdisciplinares? Os professores dessas disciplinas trabalham as relações existentes entre ambas? Como? Há alguma relação entre formação continuada e prática interdisciplinar? Os livros didáticos de Física e Matemática fazem as conexões desejadas? Como tem sido a formação continuada dos docentes destas disciplinas em nosso Estado?

Partindo desses questionamentos, será elaborado um material didático que contribua com a prática integradora dos professores de Física e Matemática do ensino médio, buscando a relação interdisciplinar entre essas disciplinas, possibilitando uma melhor instrumentalização dos docentes diante da realidade Amazônica. A hipótese que se utiliza é:

A elaboração de um material metodológico orientado para realizar um trabalho interdisciplinar entre a Física e a Matemática, poderá contribuir em parte para superar as insuficiências que se apresentam com a formação continuada dos professores, contribuindo para o melhoramento dos processos de ensino e aprendizagem destas ciências.

O primeiro capítulo foi dividido em seis partes na primeira foi enfatizado o ensino de ciências destacando-se a sua evolução histórica, fragmentação e presença na academia, além de sua relação com o contexto histórico mundial e influência no ensino brasileiro. Na segunda parte destacou-se a integração do conhecimento, evidenciado pela história de homens que não se prendiam a especificidades e que na atualidade estão tentando integrar o que a ciência separou. No terceiro momento abordou-se a interdisciplinaridade, onde foram mostrados os limites, possibilidades e ganhos na efetivação desta proposta. O quarto subtema focalizou a relação entre Física e Matemática no contexto científico e escolar, sempre objetivando mostrar a relevância de tal integração. Na quinta parte refletiu-se sobre a formação de professores para uma atitude integradora e interdisciplinar e na sexta parte a realidade do ensino de Matemática e Física em Manaus foi enfatizada.

No segundo capítulo a metodologia da pesquisa foi detalhada, foram explicitados os sujeitos da pesquisa, plano teórico metodológico e o tipo da pesquisa; além do detalhamento dos passos da investigação no ambiente escolar. No terceiro capítulo buscou-se alternativas para o trabalho integrado entre Física e Matemática, destacando-se os fatos que antecederam a elaboração da proposta metodológica, a realidade escolar em relação ao trabalho interdisciplinar e formativo, além dos resultados das oficinas de formação com os docentes participantes da pesquisa. Finalizou-se com o detalhamento das atividades integradoras presentes no manual proposto e com as considerações finais sobre o trabalho realizado.

CAPÍTULO 1: REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 UM BREVE HISTÓRICO DO ENSINO DE CIÊNCIAS

A organização disciplinar segundo Morin (2002) teve início no século XIX, principalmente com a formação das universidades modernas e, depois, desenvolveu-se no século XX, com o progresso da pesquisa científica. “Isto significa que as disciplinas têm uma história: nascimento, institucionalização, evolução, decadência” (p.37). Na perspectiva de Morin, a Universidade soube responder ao desafio do desenvolvimento das ciências, operando uma grande mutação no século XIX, tornando-se laica, instituindo sua liberdade interior frente à religião e ao poder, abrindo-se à grande problematização oriunda do Renascimento, questionando o mundo, a natureza, a vida, e o homem. O grande problema das universidades segundo Morin (idem), não foi a introdução das ciências modernas nos departamentos, mas a coexistência desarticulada das culturas, humanidades e prática científica. O desenvolvimento disciplinar das ciências na perspectiva de Morin (2001) traz a vantagem da divisão do trabalho, isto é, a contribuição das partes especializadas para a coerência de um todo organizado e também a desvantagem da superespecialização que significa o enclausuramento e a fragmentação do saber. O especialista na perspectiva de Alves (2004) é aquele que conhece muito de uma pequena parcela do todo. Nessa linha desenvolveram-se as disciplinas, que são uma forma de categorizar e organizar o conhecimento científico.

A inserção do ensino de ciências na escola segundo Nardi (2005), deu-se no início do século XIX, quando o ensino ainda estava influenciado pelo estudo das línguas clássicas e, até certo ponto, pela Matemática, ainda à semelhança dos métodos da Idade Média. Durante a evolução histórica o seu ensino foi instituído e transformado. Segundo o mesmo autor, através da Contra-reforma a ciência foi instituída como disciplina; na Revolução Industrial, ela se tornou objeto de profissionalização e com a Segunda Guerra Mundial, ela foi socializada entre as nações. A partir de então, a ciência passou a ser vista como uma mola propulsora para o desenvolvimento dos países.

Outro argumento a favor do ensino de ciências seria o desenvolvimento da capacidade de raciocinar sobre o mundo natural induzindo à compreensão e à transformação do planeta uma vez que seu “ensino capacitava as pessoas de uma

metodologia de acesso à verdade através da observação, experimentação e raciocínio, com utilidade para a vida cotidiana” (CANAVARRO apud NARDI, 2005, p. 91).

Após a Segunda Guerra Mundial, entre 1950 e 1960, ocorreu um movimento liderado por Estados Unidos e Inglaterra que tinha como objetivo reformar o ensino de ciências, pois havia uma preocupação com o desenvolvimento científico da União Soviética. Os projetos educacionais colocaram as disciplinas científicas num quadro lógico e estruturado, visando levar os estudantes a pensar e agir como cientistas numa visão positivista da ciência. Os reflexos da política mundial e do movimento de inovação na educação científica citados anteriormente acabaram chegando oficialmente ao Brasil.

[...] a forte influência que idéias, teorias, experiências, métodos e estudos então correntes na Europa e Estados Unidos exerceram sobre as concepções educacionais vigentes no Brasil [...] Surgem assim, no final da década de 1960, os primeiros projetos brasileiros de ensino desenvolvidos na Universidade, por grupos de pesquisadores que passaram a estudar a educação em Ciência [...] (NARDI, 2005, p. 92,93).

O ensino de Ciências nas últimas décadas tem exigido de professores e escolas uma preparação mais sólida no que se refere ao cumprimento de sua função social. Diante de tal panorama, há um clamor, por parte de diversos segmentos da sociedade, para que a instituição escolar atue de forma mais eficiente, objetivando acompanhar os desafios do mundo contemporâneo. A cada período surge uma nova tendência visando melhorar o processo de ensino aprendizagem. A cada nova teoria, sempre aparecem críticos e adeptos e é nessa busca constante de alternativas para a melhoria da prática docente que lentamente o ensino evolui. Delizoicov et al (2002) destacam que o professor de ciência deve incorporar em sua prática uma ação que se contraponha à prática da ciência morta, caracterizando assim, um processo de produção de conhecimento que constitua uma atividade humana que incorpore um universo de representações sociais e culturais. Ele traz uma reflexão sobre o compromisso mútuo na forma de conduzir um conhecimento sistematizado que busque superar a visão reducionista, bem como analisar o processo de ensino e aprendizagem como um processo desafiador e prazeroso, tanto para o aluno, como para o professor.

Henning (1998) ressalta que o Ensino de Ciências aparentemente apresenta aspectos positivos, mas a situação real é bem diferente. Para ele, deve-se promover um ensino adequado e uma aprendizagem realmente produtiva e significativa para que os alunos sejam introduzidos nos três níveis de ação científica: iniciação científica, compreensão da ciência e educação científica, objetivo final do Ensino de Ciências. Na perspectiva de Marques (2002), a educação formal em ensino de ciências deve proporcionar aos alunos a iniciação científica, para que possam ser formados cidadãos críticos, conscientes dos problemas da atualidade e, assim, prepará-los para enfrentar as adversidades sociais. Diante do real significado da ciência, aprender a ser cientista é diferente de aprender ciência, uma vez que aprender ciência é mergulhar na cultura com suas múltiplas diversidades.

Refletindo a educação científica Henning (1998) concluiu que a única forma de alterar a atual situação educacional é a formação docente que passa pelos aspectos programáticos, operacionais e da prática educativa. Cachapuz et al (2005) dizem que modificar a forma como os professores vêem e ensinam ciências é condição necessária para otimizar a educação científica, numa proposta que integre os aspectos conceituais, procedimentais e morais. Afirmam que a ciência é ensinada, basicamente, transmitindo-se os conhecimentos científicos já elaborados, sem permitir aos estudantes a aproximação com a forma como esses conhecimentos são construídos, levando os alunos a visões distorcidas da ciência, criando desinteresse e constituindo-se em obstáculos para o aprendizado dos estudantes.

A educação científica, segundo Cachapuz et al (2005) converteu-se, na visão de especialistas, numa exigência essencial para o desenvolvimento das pessoas e dos povos. Para eles, a alfabetização científica não é o mesmo que formar cientistas especialistas nas diversas áreas do conhecimento, mas uma educação geral onde os sujeitos possam perceber e compreender a ciência nos diversos contextos. O Ensino de Ciências hoje deve refletir sobre a interligação dos saberes nas suas múltiplas formas. Não basta conhecer somente as partes, é necessário perceber o todo. Essa visão global deve ser uma das finalidades da educação do futuro. Nesse contexto, o ensino precisa proporcionar uma ampliação das relações disciplinares, unindo o que a Ciência separou. Educar para a compreensão do todo implica em conhecer as partes, suas interações e suas particularidades. Como compreender os conceitos da Física moderna se não há compreensão da Química, da Biologia e sem

o suporte da Matemática? Morin (2002) destaca que o ensino tem como meta principal religar os saberes que até o presente momento estão separados e para que tal mudança ocorra, faz-se necessária uma revisão do ensino, implicando na reforma do pensamento que para ele “Trata-se de um trabalho que deve ser empreendido pelo universo docente, o que comporta evidentemente a formação de formadores e a auto-educação dos educadores” (p. 35).

Um dos maiores obstáculos a ser vencido pela escola atual é alfabetizar cientificamente e propiciar a permanência do aluno no ambiente escolar. Cachapuz et al (2005) destacam que pesquisas mostram um fraco desempenho, repulsa e falta de interesse pelas matérias científicas. Lamentavelmente, a organização da escola pública em geral caminha de forma lenta e descompassada e os debates em torno dessa realidade expressam claramente a necessidade de se investir na formação continuada da equipe escolar, mais especificamente dos professores.

Outra faceta observada no Ensino de Ciências é a falta de uma reflexão crítica sobre os conceitos e conteúdos estudados. Quando se estuda a Energia, por exemplo, não basta saber o conceito e os tipos, mas também qual a sua importância e influência na vida das pessoas. Deve-se acabar com a passividade dos alunos e transformá-los em sujeitos e não em objetos do processo, pois o que se espera da escola é a instrumentalização dos estudantes e a preparação para a vida nos seus mais diversos contextos. É necessário potencializar e articular o Ensino de Ciências com o conhecimento lógico-matemático e principalmente favorecer as conexões científicas para diminuir a fragmentação disciplinar, pois na atualidade fica cada vez mais evidente que o conhecimento é interligado.

A Matemática está presente em todos os campos da ciência e sem uma boa compreensão dos seus conceitos, a interpretação científica e o Ensino de Ciências ficam prejudicados. Os avanços no Ensino de Ciências serão limitados enquanto a educação científica for deixada nas mãos de docentes e formadores de professores sem interesse na educação geral e que desvalorizam a reflexão epistemológica.

1.2.0 CONHECIMENTO SOB A ÓTICA INTEGRADORA

Quando se reflete sobre a evolução do homem, há certos fatos que são inegáveis. Um deles é que não existia a fragmentação do conhecimento tal qual ocorre hoje. Logo, os primitivos conviviam e utilizavam, de forma integrada, as mais variadas formas de conhecimentos. O estágio atual em que a ciência chegou é fruto do trabalho intelectual de várias culturas e do entrelaçamento de várias teorias ao longo dos séculos. Nesse contexto, segundo D' Ambrósio (1996), o homem desde os tempos mais remotos, ocupou todo o planeta, dominou o fogo e a linguagem e em todo esse período vem acumulando diferentes conhecimentos no mais diversos campos do saber.

Alguns acontecimentos como a descoberta do fogo, da escrita e dos números serviram de ponto de partida para integração humana e de alavanca para a evolução científica. Ifrah (1998) destaca que assim como a escrita, os números modernos estão entre os mais poderosos instrumentos intelectuais de que o homem dispõe. Essa descoberta possibilitou a integração das diversas áreas do conhecimento, cálculos difíceis durante séculos tornaram-se possíveis, possibilitando o desenvolvimento das ciências e das sociedades como um todo. No processo evolutivo, surge a figura do homem integrador, observador e criador, pois não havia referência anterior das especialidades. Para Aragão (2006) a eficiência das criações antigas era impensável sem a integração entre os princípios básicos da física, das leis da natureza e do rigor matemático.

A Matemática seja como linguagem ou ciência complementar, sempre esteve presente na evolução científica. Capra (2004) ressalta que Galileu Galilei (1564 - 1642) foi um dos primeiros a realizar experimentos utilizando a linguagem matemática para formular as leis da natureza. Segundo Machado (1994), Leibniz (1646 - 1716) ao refletir sobre um sistema geral que fundamentasse o raciocínio em todas as ciências, chamou esse sistema de *Mathesis Universalis* e Descartes (1596 - 1650) chamou de *Matemática Universal* a ciência geral que contém os primeiros rudimentos da razão humana e alarga sua ação até fazer brotar verdades de qualquer assunto. A cada momento, a capacidade de observação, ação, criação e recriação do homem faz-se importante para a ciência, mas não se pode esquecer que cada contribuição para o conhecimento científico é apenas uma linha desse interminável tecido que é o conhecimento.

A realidade atual mostra as várias faces de um mundo globalizado e interligado ao mesmo tempo homogêneo e heterogêneo, num processo de coletividade e individualização, que modifica sentidos e significados de sujeitos e grupos, criando uma diversidade cultural, múltiplas relações e diferentes tipos de sujeitos. Para Libâneo (2005), a integralidade do ser humano leva-nos a uma visão unitária, não fragmentada do ser humano, em oposição a um sujeito dividido, fragmentado, especializado, produzido pela sociedade moderna. Cada vez mais, há a necessidade da compreensão dos fenômenos. Dewey apud Machado destaca que:

Compreender é apreender a significação [...]. Apreender a significação de uma coisa, de um acontecimento ou situação é ver a coisa em suas relações com outras coisas [...]. Contrariamente, aquilo a que chamamos coisa bruta, a coisa sem sentido para nós, é algo cujas relações não foram apreendidas (2002, p. 34).

Segundo Lopes (2004), a formação do sujeito é um processo de integração que engloba aspectos físicos, sociais e intelectuais e que dependendo da reunião progressiva dessas peças surgirá um sujeito prudente e equilibrado. Quando levados em consideração esses aspectos, certamente, se estará colaborando para a constituição de um sujeito crítico, construtivo, preparado para estabelecer conexões e identificar semelhanças e diferenças. A integração disciplinar é verificada nos mais diversos contextos e nas mais diversas áreas, Capra (2004) destaca que na Biologia e na Química, usa-se o termo sistema ou pensamento sistêmico como uma forma de compreensão de um fenômeno dentro de um contexto maior interligado, buscando estabelecer a natureza dessas relações.

Na educação não pode ser diferente, uma vez que oportunizar um conhecimento de forma integrada deve fazer parte da ação pedagógica de todo educador. Libâneo (2005) situa o ensino integrador dentro das chamadas correntes holísticas, vertentes teóricas que têm como denominador comum uma visão totalizante da realidade, isto é, a realidade como uma totalidade de integração entre o todo e as partes. Brasil (1999) destaca a importância, na comunidade escolar, de projetos pedagógicos que possibilitem a articulação intra e interdisciplinar, como forma de superação das deficiências, carências e equívocos no ensino de disciplinas como: Matemática, Física, Química e Biologia.

Ainda com o intuito de mostrar a importância do conhecimento integrado no mundo atual, Brasil (1999) destaca que o desconhecimento dos riscos causados pelo uso inadequado dos produtos químicos pode estar causando de forma culposa alterações na atmosfera, hidrosfera, biosfera etc., da mesma forma o uso criterioso dos conhecimentos químicos contribui para a qualidade do ar que se respira e da água que se bebe. A educação científica contribui para uma visão integrada da Química, Física e Biologia, sempre com o suporte da Matemática, mostrando a relevância das interações entre esses saberes.

Há na Matemática uma variedade muito grande de conceitos que podem auxiliar a integração desta ciência com as demais áreas do conhecimento. Um bom exemplo desses conceitos é o de função que é aplicado de diversas formas, nas diversas áreas do conhecimento e por ser ensinado de forma isolada, perde-se uma grande variedade de conexões que esse tema proporciona. Para Brasil (2004), a Matemática, no ensino médio, vai além do seu caráter instrumental, posicionando-se como uma ciência investigativa, com linguagem própria e com papel integrador importante junto às demais ciências da natureza. E sobre o ensino do conceito de função destaca:

[...] quanto à organização dos temas estruturadores: o tema “Funções Elementares” deveria ser considerado como “estruturador”, pois o conceito de função é um dos temas centrais e unificadores da Matemática, que permite a análise de vários fenômenos naturais com diferentes comportamentos, isto através de particularidades como proporcionalidade, crescimento geométrico, decaimento, periodicidade (p. 143).

Segundo Klein (1998), a integração era vista como uma maneira de evitar a fragmentação que acompanha a divisão por disciplinas. Ainda segundo o mesmo autor, citando Ciccorico, a integração é uma experiência organizadora e cognitiva que acontece na mente daquele que aprende. Para os que minimizam a importância da visão integradora no ensino, Klein (idem, p.120) destaca que “a prova de fogo da instrução interdisciplinar é a integração”. Nessa perspectiva, quando um professor de Matemática utiliza fenômenos físicos para fundamentar um conceito matemático e um professor de Física usa, de forma clara, os conhecimentos da Matemática para explicar fenômenos da Física, eles estão sendo agentes de integração entre essas áreas do conhecimento, e, portanto, interdisciplinar. Não se está afirmando que o exemplo dado define com clareza o que é interdisciplinaridade, mas vale ressaltar

que tal atitude é necessária e fomentadora da prática interdisciplinar. Enquanto não se adota uma ação interdisciplinar no meio escolar, espera-se que ela ganhe espaço através da integração.

1.3O ENSINO NUMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR

Depois de três décadas do surgimento da interdisciplinaridade no Brasil, (FAZENDA, 1993), percebe-se que poucos professores compreendem e conseqüentemente aplicam em suas práticas escolares essa tendência que veio para se contrapor à visão fragmentada do conhecimento. Essa afirmação é confirmada por Severino (1998) em seu artigo sobre conhecimento pedagógico e interdisciplinaridade quando o mesmo afirma que ao se analisar a prática educativa no contexto histórico, seja analisando as experiências empíricas, seja através das pesquisas científicas, um dos aspectos que mais chama a atenção são as diversas formas de fragmentação. Para Machado (2002) dois fatores influenciaram as discussões sobre interdisciplinaridade no contexto escolar: a crescente fragmentação do conhecimento e a não explicação dos fenômenos por de uma única disciplina.

Segundo Fazenda (1993), uma das pioneiras da interdisciplinaridade no Brasil, o seu interesse pelo tema surgiu a partir das inquietações quando a mesma coordenava cursos de especialização em São Paulo. Segundo ela, o seu primeiro parceiro e incentivador na investigação do tema foi Angel Diego Márquez. Depois que seu companheiro de estudo foi embora do Brasil, Ivani continuou sua jornada com parceiros da Argentina e Panamá (FAZENDA, idem). Além desses teóricos, outros dois nomes merecem destaque na reflexão da pesquisadora sobre interdisciplinaridade, são eles: Hilton Japiassú e Georges Gusdorf. A relação com o segundo teórico foi tão marcante que proporcionou uma parceria duradoura. Em uma carta destinada à referida autora Gusdorf faz um comentário sobre interdisciplinaridade:

O que se designa por interdisciplinaridade é uma atitude epistemológica que ultrapassa os hábitos intelectuais estabelecidos ou mesmo os programas de ensino. Nossos contemporâneos estão sendo formados sob um regime de especialização, cada um em seu pequeno esconderijo, abrigado das interferências dos vizinhos, na segurança e no conforto das mesmas questões estéreis. Cada um por si e deus por todos (...). A idéia de

interdisciplinaridade é uma ameaça à autonomia dos especialistas, vítimas de uma restrição de seu campo mental. Eles não ousam suscitar questões estranhas à sua tecnologia particular, e não lhes é agradável que outros interfiram em sua área de pesquisa. A interdisciplinaridade implica verdadeira conversão da inteligência (...) (FAZENDA, 1993, p. 24).

Segundo Klein (1998), a palavra Interdisciplinar surgiu no século XX, mas a origem do conceito de interdisciplinaridade é muito mais antiga. Para ele as idéias fundamentais de ciência unificada, síntese e integração do conhecimento foram desenvolvidas no Ocidente pelos filósofos antigos e a origem moderna da educação interdisciplinar está relacionada com os conceitos de currículos integrados; abordagem holística, integralidade do conhecimento; modelos de estudos unificados, temas combinados, aprendizado comum, estudos correlatos e currículo comum. No Brasil a interdisciplinaridade passou por alguns estágios no processo de desenvolvimento epistemológico. Fazenda apud Lenoir (1998) ressalta que a evolução desta tendência passou por três momentos: nos anos 70 passou por um momento de definição, marcado pela discussão dos conceitos e da terminologia e pela procura de explicações filosóficas; na década de 80 foram tempos de contradições, marcados pelo desenvolvimento metodológico e pela busca de uma orientação sociológica e nos anos 90 surge um movimento na direção de um projeto antropológico na educação e na teorização.

Um fato que dificulta a compreensão da interdisciplinaridade é a não adoção de um conceito único por parte dos teóricos. Fazenda (1993) após ter dialogado com os mais diversos especialistas concluiu que cada enfoque depende da linha teórica assumida por quem pretende defini-la; ela também diz que “interdisciplinaridade não se ensina, nem se aprende: vive-se, exerce-se” (p.109). Esse pensamento deixa claro o porquê da não efetivação dessa tendência no ambiente escolar, pois os professores são formados para fazer aquilo que lhes é definido, para fazer aquilo que vivenciaram na academia, distante, portanto, da criatividade, iniciativa e abertura que o pensamento interdisciplinar demanda.

Mesmo sem um conceito unificado, a interdisciplinaridade pode ser compreendida por suas características que são destacadas pelos mais diversos teóricos. Libâneo (2005) a vê numa perspectiva epistemológica como uma integração entre os saberes contra a fragmentação disciplinar e numa ótica instrumental, como a busca de um saber útil, aplicado, para enfrentamento de

problemas e dilemas concretos. Na ótica de Ferreira (1991) essa tendência pode ser compreendida como sendo um ato de troca, de reciprocidade entre as áreas do conhecimento e também é uma atitude, isto é, uma externalização de uma visão holística de mundo. Para Lück (2001) o objetivo dessa tendência é superar a visão restrita de mundo e a compreensão da complexidade da realidade. Uma importante conclusão que Fazenda (1993) chegou foi que interdisciplinaridade é princípio de unificação e não unidade acabada. As orientações curriculares para o ensino médio destacam a interdisciplinaridade como mediadora do diálogo entre as diferentes disciplinas, sendo, portanto, “o princípio da máxima exploração das potencialidades de cada ciência, da compreensão e exploração de seus limites, mas, acima de tudo, é o princípio da diversidade e da criatividade” (BRASIL, 2004, p. 199). Entende-se que a interdisciplinaridade é uma forma de reflexão e ação que supera a fragmentação vigente entendendo que o conhecimento é fruto da interação entre as diversas áreas do saber e das diversas teorias científicas. Para um melhor esclarecimento das idéias acerca do tema em questão, Assumpção (1991) explica etimologicamente o significado do termo interdisciplinaridade:

[...] se compõe de um prefixo – inter – e de um sufixo – dade – que, ao se justaporem ao substantivo – disciplina – nos levam à seguinte possibilidade interpretativa, onde: inter, prefixo latino, que significa posição ou ação intermediária, reciprocidade, interação (como “interação”, temos aquele fazer que se dá a partir de duas ou mais coisas ou pessoas – mostra-se, pois, na relação sujeito-objeto). Por sua vez, dade (idade) sufixo latino, guarda a propriedade de substantivar alguns adjetivos, atribuindo-lhes o sentido de ação ou resultado de ação, qualidade, estado ou, ainda, modo de ser. Já a palavra disciplina, núcleo do termo, significa a epistemé, podendo também ser caracterizado como ordem que convém ao funcionamento duma organização ou ainda um regime de ordem imposta ou livremente consentida. [...]. A interdisciplinaridade nomeia um encontro que pode ocorrer entre seres – inter – num certo fazer – dade – a partir da direcionalidade da consciência, pretendendo compreender o objeto, com ele relacionar-se, comunicar-se (p. 24).

Na busca de um efetivo trabalho interdisciplinar no ambiente escolar os professores devem estar preparados para superar estágios limitados de conhecimento em relação ao significado e abrangência do tema em questão, neste caso, podem surgir dúvidas e ações inseguras muitas vezes distantes do foco principal, pois a comunicação docente é construída por meio de encontros e desencontros, erros e acertos, hesitações e dificuldades, avanços e recuos, etc. (LÜCK, 2001).

Ainda segundo Lück (2001), a idéia de superação da fragmentação do ensino não é nova, a concepção de currículo proposta no final do século passado, já indicava uma preocupação com a compartimentalização do conhecimento e procurava oferecer o instrumental conceitual necessário ao estabelecimento da unidade do ensino. A Lei 5692/71, que propunha a integração vertical e horizontal das disciplinas, bem como o método de projetos que foi muito popular em certa época, procurou orientar e superar esse entrave no ensino. Há uma certa urgência por mudança na prática escolar e a interdisciplinaridade segundo Machado (2002) está no foco das soluções, pois ela possibilita conhecer o significado dos conceitos e potencializa as suas múltiplas interações com as demais formas de conhecimento.

A interdisciplinaridade complementa a integração, interação, conexão, etc. em relação aos elementos do conhecimento. O que caracteriza uma prática interdisciplinar são o sentido e o sentimento que ela carrega. Não há interdisciplinaridade se não há intenção consciente, clara e objetiva por parte daqueles que a praticam (FERREIRA, 1991). É difícil, segundo Pena (1991), pensar em interdisciplinaridade, quando se é formado durante anos para uma ação reduzida, fragmentada e compartimentalizada, produto da escola tecnicista, portanto, é necessário deixar preconceitos, questionar os valores e transcender à busca do ser maior que está dentro de cada um; é sentir-se livre para poder falar e, principalmente, ouvir o outro. É assim que se concebe o educador interdisciplinar. Para Fazenda (1993), a parceria é premissa maior do educador interdisciplinar, pois o docente que pretende desenvolver tal atitude não é solitário, é sempre parceiro de teóricos, de pares e de alunos.

Em suas pesquisas, Fazenda (1993) encontrou certos obstáculos que em sua concepção dificultam o trabalho interdisciplinar. Eles são de natureza: epistemológica, institucionais, psicossociológicas, culturais, metodológicas, materiais e formativas. Entre todos esses fatores, o que é objeto de nossa investigação é o que está relacionado com a formação dos professores, em particular a continuada, que, se bem executada, pode favorecer a superação de grande parte dos entraves observados pela referida pesquisadora.

Quando se fala em interdisciplinaridade vale ressaltar que, dependendo do enfoque epistemológico, ela pode ter significados diferentes, como mostra Lenoir (1998, p. 51).

Opções epistemológicas	Características
Abordagem relacional	Estabelecer ligações (complementaridade, convergências, interconexões etc.) e “passarelas” (bridge-building)
Abordagem ampliativa	Preencher o vazio observado entre duas ciências existentes (emergência de novas disciplinas científicas) (no man’s land)
Abordagem radical	Substituir uma outra estruturação que a estruturação disciplinar (cf. a crítica desconstrucionista) (tábula rasa)

Fig. 1

Pelo que se observa, a abordagem que coaduna com que se pretende nesse trabalho é a relacional, pois não se entende interdisciplinaridade como um processo de construção de uma nova disciplina a partir da interação de outras duas e muito menos pretende-se acabar com a estrutura disciplinar, pois segundo Lenoir (idem) “a perspectiva interdisciplinar não é, portanto, contrária à configuração disciplinar; ao contrário, não pode existir sem ela e, mais ainda, alimenta-se dela” (p. 46). Lück (2001) declara que o pensamento interdisciplinar corresponde a uma nova consciência da realidade, a um novo modo de pensar, que resulta num ato de troca, de reciprocidade e integração entre áreas diferentes de conhecimento, visando tanto à produção de novos conhecimentos, como a resolução de problemas de modo global e abrangente. Fazenda (1993) ressalta que uma atitude interdisciplinar não está na junção de conteúdos, métodos ou disciplinas, mas nos sujeitos que pensam o processo educativo.

Há aqueles que na busca de uma prática interdisciplinar acabam enveredando por outros caminhos que Fazenda (1993) chama de pluri ou multidisciplinares. Para ela, os dois exemplos são marcados por uma justaposição de conteúdos de disciplinas heterogêneas ou a integração de conteúdos numa mesma disciplina. Já no caso da interdisciplinaridade, ela ressalta que sua inserção depende de uma mudança epistemológica em relação ao conhecimento, da mudança de uma concepção fragmentária por uma totalizante. A mudança de atitude na ação docente não acontece por acaso, há de se ter uma intervenção dos governos. Cada vez mais se faz necessária a implantação de políticas que viabilizem a efetivação da formação continuada dos professores, principalmente da rede

pública de nosso estado. Não apenas formação por formação, mas um trabalho formativo que possibilite a integração, conexão e interdisciplinaridade em relação ao conhecimento. Sozinho, o professor dificilmente mudará de atitude frente aos desafios da modernidade e pouco fará para redirecionar a educação atual.

Fazenda (1993) ressalta que, em relação ao conhecimento científico, há uma motivação dos discentes em compreender os fenômenos, os seres vivos e o próprio corpo e que esse interesse entra em choque com a limitação da grade curricular; portanto, defende a interdisciplinaridade como meio de transformação do ensino de ciências, levando professores e alunos a uma postura investigativa de quem mesmo não tendo todas as respostas prontas se mostrem disponíveis para buscar as soluções nas diversas áreas do conhecimento.

A escola, como espaço de transformação, está mergulhada numa diversidade de problemas de ordem educativa, técnica e política, com poucas possibilidades de mudança, fazendo com que na prática a interdisciplinaridade seja apenas “uma utopia”, sonhada por muitos, procurada por alguns” (FAZENDA, 1993, p. 49). A interdisciplinaridade para se constituir em um movimento ativamente presente no ambiente escolar deve partir de iniciativa dos educadores, não podendo ser imposta, pois o que é imposto produz resistência, uma vez que geralmente deixa de levar em consideração a cultura dos grupos onde é implantada de cima para baixo; quase sempre, como consequência de tal imposição, a concepção vira um modismo, quando se torna verbalmente repetida, sem que, no entanto, faça parte da prática dos professores, ficando no plano do discurso (LÜCK, 2001). Conforme Fazenda (1993), que falar em interdisciplinaridade sem uma reflexão mais profunda da realidade escolar não levará às mudanças desejadas.

1.4 A RELAÇÃO INTEGRADORA ENTRE FÍSICA E MATEMÁTICA

A integração entre as áreas do conhecimento é fundamental para uma compreensão do todo. O isolamento das disciplinas em gavetas faz com que os alunos conheçam as partes e não o todo. Quando essa concepção de ciência for superada por outra que viabilize as conexões e o entrelaçamento das ciências, haverá espaço para a integração, interdisciplinaridade e quem sabe, a transdisciplinaridade. Física e Matemática caminharam juntas ao longo dos tempos e ainda hoje são fundamentais para o desenvolvimento e progresso da ciência. Para

Machado (1994), as descobertas e as construções matemáticas de Descartes (1596 - 1650), Leibniz (1646 - 1716), Newton (1642 - 1727) originaram a astronomia e a Física moderna.

Para evidenciar a relação entre essas duas áreas do conhecimento, basta analisar a história da ciência e verificar como os cientistas trabalhavam com as mais diversas formas de conhecimentos. Arquimedes de Siracusa (287 – 212 a.C.), é conhecido na história pelos seus feitos tanto no campo matemático, como no campo da Física. Segundo Chassot (2004), o mesmo era matemático, engenheiro, físico e considerado o maior geômetra da Antigüidade. Foi aluno de Euclides que naquele tempo já fazia pesquisas sobre “astronomia matemática, teoria matemática e da música e ótica” (p.59). Ainda sobre Arquimedes o referido historiador declara:

Ao regressar a sua pátria dedicou-se aos estudos científicos, realizando inúmeras descobertas: calculou a relação entre um círculo e seu diâmetro – (π) – com uma precisão sem precedentes [...]. Atribui-se a ele a invenção do parafuso sem fim, do parafuso oco, das roldanas [...], da roda dentada, da esfera móvel, e o estabelecimento do princípio da alavanca [...] e das leis da hidrostática [...] (p. 59).

Outro nome da história da ciência que não ficou subordinado ao saber específico e merece destaque por sua visão holística em relação ao conhecimento é Leonardo Da Vinci (1452 – 1519). Suas habilidades para as artes, assim como, seu interesse pelos fenômenos naturais e investigação científica o tornaram um homem de saber enciclopédico, ou seja, conhecedor de diversas áreas como anatomia, geologia, botânica, hidráulica, ótica, matemática, arquitetura, engenharia, fortificações militares, filosofia, etc. (CHASSOT, idem). Além dos nomes citados, há vários outros que marcaram seus nomes na história da ciência e que trilharam tanto o caminho da Matemática como o da Física.

Aragão (2006) ressalta que o matemático e físico italiano Galileu Galilei (1564 - 1642) usou a matemática para deduzir a lei do isocronismo do pêndulo; o matemático e físico francês Pierre Simon Laplace (1749 - 1827) mediu a velocidade de propagação das ondas sonoras, dando ao resultado concordância com as experiências de Greenwich; o matemático e físico francês Barão Fourier (1768 - 1830), enquanto estudava problemas de condução do calor, deu o primeiro passo para a formulação do teorema que tem o seu nome e foi um dos primeiros a aplicar a análise matemática à Física. Existem muitos outros cientistas que fizeram de suas

vidas e obras um ponto de intersecção das ciências, evidenciando a interligação dos saberes.

Certamente naquela época não havia a fragmentação que existe hoje e os homens não tinham a preocupação se estavam estudando esta ou aquela disciplina. Da mesma forma, alguns séculos depois, Isaac Newton (1642 – 1727), físico e matemático, estudou tanto o cálculo como as leis da Física, pois sabia que sem uma não poderia compreender plenamente a outra. Chassot (idem) ressalta que ainda hoje as descobertas de Newton representam sucesso exemplar devido ao grande número de leis que têm o seu nome e aplicações nos mais diversos campos de conhecimento; destacando-se entre eles a Física, a Matemática e a Química. Considerado um gênio da ciência, por seus trabalhos, Newton tinha consciência de que suas pesquisas faziam parte de um tecido composto por diversas teorias e que muitas delas lhe auxiliaram em suas descobertas, chegando a declarar: “Se vi mais longe do que os outros homens, foi porque me coloquei sobre os ombros de gigantes” (CHASSOT, 2004, p. 116).

Outro pesquisador que vem buscando interligar os saberes e que atribui grande importância à Matemática no desenvolvimento científico é o físico Fritjof Capra. Em sua perspectiva, o conhecimento físico estruturado necessita passar por etapas: na primeira, as evidências empíricas são observadas acerca do fenômeno que se quer explicar; no momento seguinte, busca-se um esquema matemático ou modelo matemático consistente, sendo este fundamental para a ciência (CAPRA, 2007).

Segundo Capra (idem), por quase três séculos, o espaço tridimensional da geometria euclidiana foi o palco onde se desdobraram todos os fenômenos físicos. Os conceitos da mecânica newtoniana eram reduzidos a pontos materiais no espaço. Em um determinado período surgiram alguns problemas que levaram Newton a “inventar conceitos e técnicas matemáticas inteiramente novas, ou seja, aqueles do cálculo diferencial” (p. 49). Ainda segundo Capra (2004) o surgimento dessa nova forma de calcular surgiu das necessidades de resolver problemas de difícil solução como encontrar uma equação que descrevesse o movimento de um corpo animado de velocidade variável, acelerando e desacelerando. Ele destaca que o problema não resolvido por Galileu e Descartes foi resolvido posteriormente de forma quase simultânea por Isaac Newton e pelo filósofo e matemático alemão Gottfried Wilhelm Leibniz. Para solucionar o problema que tinha atormentado

matemáticos e filósofos naturais durante séculos, Newton e Leibniz, independentemente, inventaram um novo ramo da Matemática conhecido atualmente como cálculo diferencial.

Pode-se perceber que a relação entre Matemática e Física é antiga e duradoura e que negligenciar tal fato é desconsiderar a própria história da ciência. A invenção do cálculo diferencial possibilitou um cálculo matemático preciso, abrindo novas possibilidades para o estudo dos fenômenos naturais (CAPRA, 2004). Sempre que necessário a Matemática tem evoluído para acompanhar a evolução científica, e, sem o auxílio desta ciência, o desenvolvimento das demais áreas do conhecimento ficaria prejudicado. Um exemplo disso ocorreu com a segunda lei da termodinâmica que, segundo Capra (Idem), nos anos 40 não foi possível de ser complementada por falta de técnicas matemáticas adequadas e Ilya Prigogine somente na década de 70, usando uma Matemática adequada conseguiu resolver o antigo entrave. Área como a cibernética foi desenvolvida por meio de uma fascinante “interação entre biologia, matemática e engenharia” (p. 66). Na década de 80, o estudioso declara que surgiu:

[...] um novo conjunto de conceitos e de técnicas para se lidar com essa enorme complexidade que está começando a formar um arcabouço matemático coerente. Ainda não há um nome definitivo para essa nova matemática. Ela é popularmente conhecida como “a nova matemática da complexidade”, e tecnicamente como “teoria dos sistemas dinâmicos”, “dinâmica dos sistemas”, “dinâmica complexa” ou “dinâmica não-linear”. O termo “teoria dos sistemas dinâmicos” é talvez o mais amplamente utilizado. [...]. Para evitar confusões, é útil ter sempre em mente o fato de que a teoria dos sistemas dinâmicos não é uma teoria dos fenômenos físicos, mas sim, uma teoria matemática cujos conceitos e técnicas são aplicados a uma ampla faixa de fenômenos. O mesmo é verdadeiro para a teoria do caos e para a teoria dos fractais, importantes ramos da teoria dos sistemas dinâmicos (2004, p. 99).

Os conjuntos numéricos, na perspectiva de Abreu Junior (1996), aproximaram a Matemática da Física no que diz respeito aos sistemas dinâmicos, os sistemas dissipativos, a teoria da Relatividade Geral e a Física Quântica. Ele ressalta que através da Matemática do caos podem-se provar manifestações de naturezas diversas tais como: inversões do campo magnético da terra, oscilações de circuitos eletrônicos, o curso de uma reação química, o crescimento de uma população de insetos, etc.

Seguindo o processo evolutivo da Matemática, no início dos anos 60, segundo Capra (2004), Benoît Mandelbrot apresenta uma nova geometria, denominada geometria fractal. Essa geometria iria fornecer uma convincente linguagem matemática para descrever uma ampla variedade de fenômenos naturais irregulares. Todas essas descobertas proporcionaram aos cientistas a resolução de novos problemas e também evidenciaram que no decorrer da história da ciência, a Matemática nunca esteve separada das outras áreas do conhecimento. No entanto, no século XX, o reducionismo, a fragmentação e a especialização crescentes levaram a Matemática a um extremo isolamento da comunidade científica (CAPRA, idem).

A Matemática é uma das áreas do conhecimento de grande valor na prática social. Aritmética, Geometria e Álgebra estão presentes nos mais diversos contextos e explicam as mais diversas demandas que se apresentam nos vários campos do conhecimento. Segundo Brasil (1999), não existe nenhuma atividade da vida contemporânea, da música à informática, do comércio à meteorologia, da medicina à cartografia, das engenharias às comunicações, em que essa ciência não compareça de maneira relevante e explicativa, mostrando que seu ensino, se bem articulado, pode promover uma aprendizagem significativa e instrumentalizadora aos alunos.

A Matemática significativa é aquela que como ciência ajuda a explicar e legitimar seus conceitos na busca de soluções dos problemas científicos, sociais e econômicos. A teoria do caos e a geometria fractal exercem influência sobre os mais diversos especialistas. Para Capra (2004), o isolamento da Matemática está terminando, segundo ele a nova Matemática da complexidade está levando os mais diversos especialistas a entenderem que essa área do conhecimento vai além das fórmulas sem sentidos e que todos os assuntos relativos a padrões, ordens e complexidade dependem desta ciência.

Quanto mais se reflete sobre os problemas da modernidade, mais somos levados a perceber que eles não podem ser compreendidos isoladamente. “São problemas sistêmicos, o que significa que estão interligados e são interdependentes” (CAPRA, 2004, p. 23). Infelizmente essa reflexão não chegou a todos os que são responsáveis pela educação brasileira. Capra (Idem) faz uma analogia do conhecimento como uma grande teia, a teia da vida, que segundo o mesmo é uma idéia antiga utilizada pelos mais diversos pensadores para evidenciar a interligação de todos os fenômenos.

Capra (2005) ressalta que os místicos vêem a fragmentação como uma espécie de anomalia, pois o homem só se percebe como um ser formado de vários órgãos quando algo não está bem com o seu corpo. Caso contrário, ou seja, quando está com saúde, não reflete sobre suas partes; vendo-se como um organismo único. Tal pensamento poderia ser relacionado ao ensino, mostrando que a fragmentação do conhecimento escolar atual é fruto de uma enfermidade, sinalizando que algo não vai bem, a divisão do todo em pequenas partes revela uma anomalia na educação.

Não se pode ignorar a veracidade da afirmação mística e também que a Matemática é um órgão importante nesse corpo unificado. Para alguns, a Matemática é apenas uma linguagem, entende-se que esta visão é reducionista, pois não retrata a verdadeira abrangência e alcance desta ciência. O alvo dessa pesquisa é mostrar que a Matemática é uma ciência com linguagem própria que se relaciona com outras áreas do conhecimento, em particular a Física. Para isso, serão enfatizadas situações de conexões e interações desta ciência com os diversos fenômenos físicos.

Atualmente, segundo Aragão (2006), a Física busca conhecer os elementos quantificáveis dos fenômenos físicos para posteriormente estabelecer equações matemáticas que “relacionam os valores das diferentes grandezas ou variáveis envolvidas no fenômeno físico, para que a cada variação da grandeza física corresponda uma determinada variação da variável matemática” (p. 4). Para Abreu Junior (1996) essas duas disciplinas andam juntas, pois a Física exprime-se basicamente em linguagem Matemática e utiliza os conjuntos numéricos para estudar e explicar o universo. Segundo ele, um desses conjuntos é o complexo: “eles emergem na fronteira entre a Física e a Matemática, na Trigonometria e na Geometria Analítica, um universo conceitual de difícil representação” (p. 61).

Como já foi exposto, inúmeros são os físicos e matemáticos que contribuíram para a evolução científica. Na medida em que a ciência avançou, o conhecimento foi ficando cada vez mais fragmentado num processo cada vez mais acelerado. O todo foi deixado de lado e as partes foram colocadas no foco do ensino. É necessário religar os saberes e unir o que a ciência fragmentou. Arquimedes era matemático ou físico? Suas descobertas influenciaram o avanço destas duas áreas. Newton e Leibniz, de forma independente, inventaram o cálculo diferencial para solucionar problemas que atormentavam matemáticos e filósofos naturais durante séculos.

Govone & Longen (2001) declaram que, segundo a história, essa descoberta de Newton se deu devido à necessidade de dar seqüência às explicações dos fenômenos físicos. Posteriormente, surge a teoria do caos, teoria dos fractais e a teoria dos sistemas dinâmicos (CAPRA, 2004), sempre com o objetivo de matematizar os fenômenos.

O ideal seria que cada professor, tanto de Física, quanto de Matemática fizessem a conexão dos conteúdos no momento das aulas. Por exemplo, um professor de Matemática ao ensinar função para seus alunos deveria aplicá-la em atividades que envolvam outras áreas do conhecimento, nesse ponto, a Física é uma das mais aplicáveis. Concorda-se com Govone & Longen (2001) quando afirmam que “é impossível estudar Física sem os conhecimentos matemáticos” (p. 6), que se pode entender melhor a Física, utilizando os conceitos matemáticos e que uma é a base para o entendimento da outra. Tentar decorar fórmulas da Física sem o embasamento matemático necessário leva o aluno a calcular sem compreender o quê e por quê se está calculando. Pietrocola (2005) também ressalta a importância do conhecimento matemático no ensino de Física quando comenta:

Com relação à vinculação entre conhecimento físico e matemática, temos percebido que uma fonte importante de problemas de apropriação e utilização e utilização do conhecimento físico tem origem na incorporação e utilização de modelos matemáticos por parte dos alunos. Embora grande parte do instrumental matemático necessário ao aprendizado dos conteúdos de Física já esteja disponível, percebe-se a acentuada dificuldade que muitos alunos apresentam para lidar com a matemática em contextos diferentes, principalmente no primeiro ano do ensino médio (p. 34).

Em função das dificuldades enfrentadas pelos alunos, Pietrocola (2005) considera necessário o desenvolvimento de atividades iniciadoras que possibilitem aos alunos a apreensão e o domínio da matemática como estruturadora de modelos. Se o ensino de Física e Matemática ocorressem de forma integrada, onde as conexões e articulações fossem potencializadas, não seria necessária a iniciação matemática no ensino de Física como postula Pietrocola, pois ela ocorreria de forma conjunta e natural. Brasil (1999) também destaca a necessidade do conhecimento matemático nas aulas de Física, pois a mesma trabalha com grandezas e equações que podem ser representadas através de gráficos, possibilitando a compreensão e utilização da linguagem matemática em casos específicos.

A perspectiva integracionista entre Física e Matemática foi objeto da pesquisa de Campos (2000) que colocou como questões centrais as possibilidades de integração e construção dos conceitos físicos com base na análise Matemática, além do ganho pedagógico de tal trabalho. Há uma certeza em relação a essas disciplinas, é necessário encontrar formas de mostrar qual a função desempenhada pela Matemática na aprendizagem da Física para que a ciência dos números alcance proporções mais relevantes e significativas no estudo dos fenômenos físicos, não sendo, portanto, mero instrumento da Física e não se restringindo à relações meramente quantitativas onde a ênfase maior está nos algoritmos matemáticos (LOPES, 2004). O educador deve ter o cuidado para não apresentar a Matemática como pretexto, fora do contexto, onde os conteúdos não estabeleçam relações de pertinência, pois o desinteresse poderia aumentar ainda mais. Lopes (2004) comentando sobre a necessidade da aproximação entre Física e matemática declara:

Enfim, a necessidade de buscar aproximações, via conceitos, entre o ensino e a aprendizagem de Matemática e de Física está bastante clara, seja pela sua importância ou pela contribuição dessas aproximações no processo de estruturação do conhecimento, pois tais interações se constituem em elos entre conhecimentos que compartilham conceitos, guardadas as suas particularidades e significados em cada contexto (p. 89,90).

Quando se olha para os conteúdos de Física e Matemática que são estudados no Ensino Médio, percebe-se que há uma forte ligação entre eles. Para Ramalho Júnior et al (1993) a Matemática é importante para a Física, pois facilita a compreensão dos fenômenos, Campos (2000) ressalta que na sua gênese, sua estrutura, seu funcionamento, a Física é indissolúvelmente ligada à mão de obra de seu formalismo matemático. Uma equação matemática não deve ser um obstáculo a mais para o aluno, mas a partir dela, o professor deve explorar os fenômenos físicos e explicar conceitos matemáticos. Qual o significado para o aluno quando se diz que uma grandeza é diretamente proporcional à outra? As equações devem ser mais discutidas e melhor compreendidas para que as relações sejam exploradas. Quando se estuda o movimento uniforme utiliza-se o conceito de função e conteúdos como função linear, afim e constante. No estudo do movimento uniformemente variado, trabalha-se com função quadrática e assim os blocos de conteúdos matemáticos, como números e operações, grandezas e medidas, álgebra, geometria e tratamento

da informação, são, em certo grau, revisto no ensino de Física. Lopes (2004) em seu trabalho de mestrado destaca a importância do estudo da função afim para uma maior aproximação entre Física e Matemática, ele declara:

Além das conexões internas à própria Matemática, o conceito de função desempenha também papel importante para descrever e estudar através da leitura, interpretação e construção de gráficos, o comportamento de certos fenômenos tanto do cotidiano, como de outras áreas do conhecimento, como a Física, Geografia ou Economia. Cabe, portanto, ao ensino de Matemática garantir que o aluno adquira certa flexibilidade para lidar com o conceito de função em situações diversas e, nesse sentido, através de uma variedade de situações problema de Matemática e de outras áreas, o aluno pode ser incentivado a buscar a solução, ajustando seus conhecimentos sobre funções para construir um modelo para interpretação e investigação em matemática (p. 255,257).

Seguindo essa linha, Campos (2000) analisou as implicações do aspecto interdisciplinar dos conteúdos de Matemática e Física referentes ao ensino e a aprendizagem dos conceitos de cinemática escalar básica e de funções de 1º e 2º graus. O conceito de função, bem como, sua importância não se restringe apenas à Matemática. Ele está presente de forma intensiva em vários outros campos do conhecimento, em particular no ensino e na aprendizagem de Física. Neste contexto, o que se evidencia como consequência é o caráter unificador que este conceito assume, agregando em seu entorno conhecimentos variados e em áreas diversas, servindo também de ponte para a construção de outros conceitos originados em diferentes áreas do conhecimento. Brasil (1999) destaca que o ensino isolado desse tema não permite a exploração do caráter integrador que ele possui que é extremamente amplo.

Os livros didáticos apresentam, de forma desorganizada, várias interações entre essas duas áreas do conhecimento que deveriam ser mais bem exploradas pelos professores. Se bem utilizados por docentes que pensam de forma integrada e interdisciplinar, os livros, seriam bem mais úteis e desempenhariam um papel instrumentalizador com maior eficácia nos processos de ensino e aprendizagem. Como consequência desta pesquisa será elaborada uma proposta metodológica e formativa com atividades integradas que podem se transformar em objeto de reflexão e ação tanto de professores de Física como de Matemática.

1.5 A NECESSÁRIA FORMAÇÃO PARA UMA AÇÃO INTEGRADORA

As Ciências chamadas Naturais e a Matemática estão entre as que mais reprovam no Ensino Médio. Machado (2002) declara que uma pesquisa internacional, coordenada no Brasil pela fundação Carlos Chagas, de São Paulo, sobre conhecimentos escolares básicos em Matemática e Ciências, realizada em mais de 60 países, situou o Brasil em um dos últimos lugares. Lopes (2004) ressalta que a Física, juntamente com a Matemática, destacam-se negativamente pelo índice alarmante de repetência devido à fragmentação, pouca compreensão dos conceitos e dificuldades em relacionar os conteúdos estudados com os assuntos abordados anteriormente nessa disciplina e nas outras áreas do conhecimento. Severino (1998) complementa o exposto quando declara:

Sem dúvida, o que primeiro impressiona, tal sua visibilidade, é que os conteúdos dos diversos componentes curriculares, bem como atividades didáticas, não se integram. As diversas atividades e contribuições das disciplinas e do trabalho dos professores acontecem apenas se acumulando por justaposição: não se somam por integração, por convergência. É como se a cultura fosse algo puramente múltiplo, sem nenhuma unidade interna. De sua parte, os alunos vivenciam a aprendizagem como se os elementos culturais que dão conteúdo a seu saber fossem estanques e oriundos de fontes isoladas entre si [...]. Além disso, as ações docentes, as atividades técnicas e as intervenções administrativas, desenvolvidas no interior da escola pelos diversos profissionais da área, não conseguem convergir e se articular em razão da unicidade do fim. A impressão que se tem é que cada uma delas adquire um certo grau de autonomia, cada uma trilha seu próprio caminho, como se cada uma tivesse seu próprio fim (p. 38).

O porquê destes problemas tem várias ramificações dentre as quais se podem destacar: formação inicial e continuada deficitária, metodologias inadequadas, falta de visibilidade social dos conteúdos estudados, fragmentação dos saberes e precárias condições de trabalho. Saber quais destas variáveis tem maior influência no processo de ensino e aprendizagem é quase impossível, o ideal seria se os governantes fizessem a sua parte, a sociedade a sua e as Universidades formassem sujeitos capazes de atuar de forma satisfatória no campo pedagógico. Nardi (2005) comenta sobre as diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, em curso de licenciatura, de graduação plena:

[...]. O princípio metodológico a orientar a aprendizagem deverá embasar-se em processos que privilegiem a “ação-reflexão-ação” tendo a resolução de situações-problema como uma das estratégias didáticas privilegiadas. Na construção dos projetos devem, ainda, ser consideradas competências referentes ao comprometimento com os valores inspirados da sociedade democrática; à compreensão do papel social da escola; ao domínio dos conteúdos a serem socializados, aos seus significados em diferentes contextos e **sua articulação interdisciplinar**; ao domínio do conhecimento pedagógico; ao conhecimento de processos de investigação que possibilitem o aperfeiçoamento da prática pedagógica; ao gerenciamento do próprio desenvolvimento profissional (p. 101,102).

Infelizmente as academias não vêm cumprindo o seu papel como prescrevem as diretrizes. Morin (2002) ressalta que a Universidade tem de passar por uma reforma que transforme as mentalidades vigentes e viabilize o emprego total da inteligência. Para ele, a reforma universitária precisa observar os seguintes fatos:

- Refletir sobre os princípios do conhecimento e analisar aquilo que aparenta ser a solução;
- Adotar um pensamento capaz de ligar, contextualizar e globalizar.

Enquanto essa reforma não acontece na academia, as escolas devem repensar seu papel frente às demandas da modernidade. Severino (1998) ressalta que para a superação da prática fragmentada a escola terá que elaborar um projeto educacional articulador com propostas e planos fundamentados na intencionalidade e com objetivos preestabelecidos.

Atualmente há uma insatisfação social em relação ao processo de ensino e aprendizagem. Os baixos rendimentos dos alunos em avaliações governamentais e o alto índice de reprovação dos estudantes têm preocupado governantes e pais. O que fazer para superar o fracasso educacional? Como conseguir um ensino de qualidade diante dos problemas vivenciados pela educação brasileira? Um dos caminhos para a superação dos entraves encontrados no ensino é a formação continuada. Os reflexos da formação continuada na prática docente são variados: mudança de concepções, transformações metodológicas, gênese de uma cultura de estudo, etc. Vale ressaltar que dos professores participantes das formações, poucos evoluem. Sabe-se também que o processo é lento e gradativo, pois segundo Lappan et al citado por Polettini (1999), a literatura tem mostrado que a formação de

professores apresenta dificuldade em promover mudanças significativas nas crenças dos educadores num curto espaço de tempo. Um fato é evidente, a forma de atuação docente depende de seus conhecimentos e crenças interiorizadas e que a formação é um caminho para mudanças.

O baixo desempenho dos alunos do Ensino Médio em Matemática e Física coloca em cheque a eficiência da ação docente e como consequência tem sua atuação olhada com preocupação por grande parte da sociedade. A insatisfação com a aprendizagem dos filhos tem levado os pais a questionarem a atuação dos profissionais responsáveis pelo ensino dessas disciplinas. Nessas áreas do conhecimento, o tradicionalismo ainda impera; os conteúdos são descontextualizados, o método expositivo é quase que exclusivo, não há relações que evidencie um trabalho interdisciplinar e muito menos o professor tem uma atitude de pesquisador frente às dificuldades de aprendizagens encontradas. Não se pretende achar culpados por tal fracasso, o que se pretende é buscar alternativas que minimizem tais problemas e possibilite o avanço do processo de ensino e aprendizagem destas ciências fundamentais para a compreensão do mundo globalizado. Tal realidade traz a lembrança o questionamento de Karl Marx citado por Morin (2007), quem educará os educadores?

Muitos pesquisadores, estudiosos e educadores depositam confiança na formação de professores para a superação de alguns problemas educacionais. Devido à formação precária, muitos professores chegam às escolas despreparados para exercer o magistério de forma satisfatória. Há um grande abismo entre a formação conceitual, a política e a pedagógica. A formação inicial dessas áreas precisam ser revistas, os governantes devem promover políticas públicas que valorizem os professores e melhorem a estrutura das instituições de ensino. Quanto aos educadores, o salário é importante, mas a mola que pode promover um salto no processo de ensino e aprendizagem chama-se formação continuada e que segundo Pimenta (2002), a escola é o local principal para a sua execução, pois nela se apresentam as demandas da prática educativa. Entende-se que é no momento da formação que os professores podem externar suas limitações e acertos. A formação não deve ser pontual, mas continuada, permanente. Carrascosa (2001) destaca:

A formação de um professor é um processo a longo prazo que não se finaliza com a obtenção do título de licenciado (nem mesmo quando a formação inicial recebida tiver sido de melhor qualidade). Isso porque, entre outras razões, a formação docente é um processo complexo para o qual são necessários muitos conhecimentos e habilidades, impossíveis de ser todos adquiridos no curto espaço de tempo que dura sua formação inicial. [...]. Assim, é necessário que os professores disponham de possibilidades de formação e atualização permanente, diversificada e de qualidade, sendo também garantidas facilidades de acesso a tais programas (p.10,11).

A formação continuada possibilita aos professores a reflexão e os subsídios necessários para fazerem frente aos conflitos, dilemas da educação e busca de solução para os problemas observados. A reflexão sobre a prática tende a provocar mudanças. É o que mostra Contreras (2002), ao referendar Schon, quando este enfatiza que um profissional ao refletir na ação e sobre a ação questiona a definição de sua tarefa e os modelos de aprendizagem dominante. Pimenta (1998) destaca que nos anos 90 uma das demandas que tem se fortalecido em relação à formação inicial e continuada é a que reflete sobre as práticas docentes. Conhecedores de suas limitações quanto aos conhecimentos conceituais, métodos e atitudes necessárias para uma melhoria da prática educativa, os docentes tem se disponibilizado e até se interessado pelos cursos de formação. Na visão de Pimenta (2002), esse interesse é devido, sobretudo, à busca de prestígio social.

[...], sob a ameaça de perda do emprego real ou mesmo simbolicamente através do desprestígio social de seu trabalho, e também frente às novas demandas que estão postas pela sociedade contemporânea à escola e aos professores, são eles instados a uma busca constante de cursos de formação contínua [...] (p. 41).

O ensino de Matemática e das Ciências Naturais há muitos anos têm sido de qualidade duvidosa devido à ação pedagógica de profissionais que receberam uma formação inicial inadequada e que não têm buscado analisar e superar o fracasso estabelecido. Segundo Perrenoud (2002), todas as dimensões da formação inicial devem ser retomadas e desenvolvidas na formação continuada. Para Domite (2003), vários modelos têm sido propostos para a formação de professores. Nesse sentido, deve-se refletir sobre qual o mais adequado para nossa realidade. O que fazer para superar as dificuldades enfrentadas pelos professores diante de uma disciplina que assombra pelo fracasso? No caso da Física e da Matemática, como organizar e

articular os conteúdos dessas disciplinas a fim de superar o fracasso no ensino de ambas?

Pérez & Carvalho (2001) destacam que as preocupações com o professor, como um dos fatores essenciais do processo ensino e aprendizagem, é antiga; o problema é que as questões levantadas estavam ligadas às características do bom professor, ou nas diferenças entre bons e maus professores, hoje o enfoque é dado sobre quais os conhecimentos necessários aos educadores e qual a sua função no mundo globalizado. Não é qualquer formação que mudará o horizonte que se vislumbra, o processo formativo deve ser repensado, pois os cursos que valorizam apenas a atualização dos conteúdos têm-se mostrado ineficazes na reorganização da prática docente e conseqüentemente na superação do fracasso escolar (PIMENTA, 1998).

Domite (2003), referendando Ponte, destaca que os conteúdos do ensino, incluindo suas inter-relações internas e com outras disciplinas e as suas formas de raciocínio, argumentação e validação, é um dos segmentos que o conhecimento profissional deve abarcar. Nas universidades, os futuros professores não são formados para relacionar os conteúdos estudados com os de outras ciências e não conseguem entender a complexidade do ato de ensinar, pois diante dos conflitos e demandas que surgem no processo de ensino, não sabem como se portar; fazendo com que os novos professores, frente à falta de alternativas concretas, acabem “reproduzindo em suas práticas exatamente aquilo que vivenciaram, mesmo que antes fossem críticos em relação a essas mesmas práticas” (CARRASCOSA, 2001, p. 9). Por isso desde os primeiros contatos com os alunos cria-se uma antipatia mútua.

Talvez o grande problema no ensino de Física e Matemática não seja conceitual, mas metodológico e epistemológico. Os professores, na sua maioria, conhecem os conteúdos de ensino, mas não sabem como fazer para que os alunos compreendam os conceitos, eles não conseguem ir além da aula expositiva. Hoje diante da incerteza do conhecimento, o professor precisa está constantemente buscando subsídios para a sua ação docente. O professor que insistir na mera transmissão de conhecimentos poderá ser dispensado pelos alunos, pela escola e pela sociedade.

O local mais adequado para a formação continuada dos professores é a escola, ou seja, o ambiente de trabalho. Nacarato (2005) ressalta a importância da escola como ambiente de formação e sobre o papel do formador nesse ambiente.

Nesse sentido, grupo constituído na própria escola torna-se local “seguro” para a produção coletiva e compartilhada e para a arquitetura de um currículo que atenda as especificidades locais, dos alunos e da comunidade. Mas, por outro lado, essa dinâmica muitas vezes só se torna possível com a presença de um agente externo, cujo papel, nesse processo, é de possibilitar a articulação entre os dois pólos geradores de tensão nos quais ocorre a prática docente: os aspectos teóricos e epistemológicos, de um lado, e os aspectos pedagógicos e práticos, de outro. [...]. O papel do agente externo seria o de contribuir para a “ressignificação”, transformação e articulação desses aspectos, bem como alimentar as discussões no interior dos grupos, para que a prática esteja em constante questionamento e seja tomada como objeto de reflexão (p.192,193).

A formação continuada deve ser implementada buscando refletir sobre o currículo, as concepções de ensino dos professores, alternativas metodológicas para o Ensino de Ciências, fomentar um ensino interdisciplinar e ressaltar a importância do crescimento pessoal e desenvolvimento profissional, pois como diz Fazenda (1998), “a exigência interdisciplinar que a educação indica permitirão novas formas de cooperação, principalmente o caminho no sentido de uma policompetência” (p.12). Para ela, a construção de uma mentalidade interdisciplinar evidencia-se não apenas na sua execução, mas na profundidade das buscas nos momentos formativos, nas questões que se levantam e na contribuição delas para o projeto existencial de cada educador.

Apesar da ligação quase que natural da Física com a Matemática, faz-se necessária a interação e união entre os docentes destas áreas do conhecimento. As barreiras para uma aproximação são mais humanas e culturais do que científica. O Ensino de Ciências, em particular, o Ensino de Física e Matemática, deve se articular para superar os obstáculos que têm transformado essas disciplinas no terror dos alunos. Não se pode mais esperar por projeto educativo que não vem, deve-se começar com os docentes que estão dispostos a lutar por uma educação de qualidade. Pois sempre haverá educadores, “animados pela fé na necessidade de reformar o pensamento e em regenerar o ensino. São educadores que possuem um forte senso de sua missão” (MORIN, 2007, p. 98). Principalmente o educador precisa ter esperança e acreditar que a mudança é possível, pois como diz Freire:

Não posso, por isso, cruzar os braços fatalistamente diante da miséria, esvaziando, desta maneira, minha responsabilidade no discurso cínico e morno que fala da impossibilidade de mudar porque a realidade é mesmo assim (1996, p. 84).

A presença do educador no espaço escolar precisa ser marcante, ele não deve simplesmente se adaptar ao que está posto como um mero expectador, mas assumir a posição de quem juntamente com seus pares luta em busca de um novo horizonte profissional e pessoal.

1.6 A REALIDADE DO ENSINO DE FÍSICA E MATEMÁTICA NO MUNICÍPIO DE MANAUS

Devido ao pouco tempo de implantação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências na Amazônia, pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA), não se tem conhecimento de pesquisas que abordem a interação dessas áreas do conhecimento. Na busca de um referencial teórico que possibilitasse uma melhor compreensão do tema exposto, encontrou-se dois trabalhos que mesmo de forma separada, proporcionaram a ampliação da visão dos problemas enfrentados por essas disciplinas em relação ao contexto local. Ribeiro (2007) pesquisou sobre a prática do ensino de Física e a construção do conhecimento científico e Oliveira (2004) abordou a formação dos professores de Matemática para um trabalho em geometria com temas regionais. O primeiro trouxe grande contribuição para o conhecimento da realidade do ensino de Física em Manaus e o segundo, propiciou uma maior reflexão sobre a formação do professor de Matemática em nosso município. Ambas as pesquisas foram de grande importância para a construção desse trabalho.

Para Ribeiro (idem, p. 61) a crise evidente no ensino de Física começa na Universidade Federal do Amazonas (UFAM) que desde a criação do curso de licenciatura em Física, sempre se preocupou em formar bacharéis com o foco nas pesquisas e nas aulas de pós-graduação. Ele destaca ainda três fatos que corroboram para o agravamento do problema:

- A inexistência na UFAM de uma política de valorização dos cursos de licenciatura;
- Elevada taxa de evasão no curso de Física;
- O baixo índice de licenciados pelo Curso de Física da UFAM, cerca de 150, nos últimos 30 anos.

A realidade do curso de Física da UFAM certamente é vivenciada por outros cursos. Por experiência, pode-se afirmar que na Licenciatura em Matemática a situação é muito semelhante, havendo por parte da maioria dos doutores, uma certa resistência e desprezo pela Educação Matemática. Outros problemas são levantados por Ribeiro:

[...] falta de qualificação específica daqueles que estão efetivamente ministrando aulas de Física [...]. A elevada carga horária destinada aos professores [...]. O baixo salário, obrigando o professor a ter que trabalhar os três turnos, [...]. A expansão do curso de Licenciatura em física da UFAM, [...]. A ausência de uma articulação robusta entre as disciplinas de conteúdos específicos e as de cunho pedagógico, [...] a relação entre a teoria e a prática centrada no modelo da racionalidade técnica (2007, p. 61, 62).

Esse panorama exposto tem reduzido as chances dos alunos de nossas escolas, em particular do ensino médio, de chegar a um conhecimento que instrumentalize, que possibilite a emancipação popular e o avanço social. As escolas atuais não podem apenas formar mão de obra barata e inculcar a ideologia dominante como destaca Santos (2005), é necessário ir além, em busca de uma metodologia que modifique a realidade existente. Para que tal mudança ocorra, os conteúdos de ensino são fundamentais, pois só há libertação onde existe conhecimento. Ribeiro (2007) relata um fato que mostra a triste realidade do ensino de Física em nossa cidade e como as nossas escolas não estão cumprindo com seu papel de agente transformador, pois dados colhidos junto a CONVEST mostraram que, dos 23.663 candidatos inscritos, apenas um acertou todas as questões da prova de Física. Não se pode esquecer que os conteúdos são fundamentais e sem a aprendizagem dos conteúdos relevantes e significativos, o ensino fracassará, tornando enfraquecido o processo educativo.

Na pesquisa feita por Oliveira (2004) a má formação inicial também aparece como causa da ação precária do professor de Matemática. Uma professora participante da pesquisa declarou:

Hoje sou professora e sinto muita satisfação em tudo que faço, mas muitas coisas contribuem, às vezes para o desânimo, porque acabamos passando para o nosso aluno o que nos passaram, a Matemática vazia sem coerência com a realidade (OLIVEIRA, 2004, p. 126).

O estudo realizado por Oliveira (2004) com foco na realidade regional para o ensino de Geometria colaborou com a idéia integradora deste trabalho, pois levou os professores a importantes reflexões. Em uma delas, o docente relatou de forma entusiasmada sobre as ligações existentes na natureza, declarando que de “figuras como uma flor e o fruto do cupuaçu, consegue-se perceber a ação de ciências como a Botânica, a Química, a Matemática, etc.” (OLIVEIRA, idem, p. 126).

Em suas conclusões Oliveira (2004) ressalta a importância da formação continuada para a melhoria do ensino de Matemática em Manaus para que os professores possam se aprimorar em conteúdos e metodologias, objetivando a melhoria da prática educativa. Ainda sobre o ensino de Matemática em nosso estado, Brasil (2002) mostrou que na avaliação do SAEB, realizada em 2001, o Amazonas foi o último colocado na área de Matemática em relação ao Ensino Médio, mostrando a necessidade de políticas que valorizem o ensino e a formação continuada de professores a fim de transformar a educação no estado do Amazonas.

A análise feita no demonstrativo das formações continuadas realizadas de 2005 a 2007 e algumas de 2008 na capital e no interior revela que a estrutura da Secretaria Estadual de Educação (SEDUC) é inadequada para atender a formação continuada e o acompanhamento dos docentes dos municípios amazonenses. As tabelas abaixo mostram o ano, o município e as disciplinas em que as formações ocorreram. As informações obtidas através da Gerencia de formação (GEFOR) mostra a realidade formativa do Amazonas.

Ano: 2005

Município	Área da formação
Santo Antônio do Içá	Matemática
Silves	Matemática

Fig. 2

Ano: 2006

Município	Área da formação
Manaus	Física/Matemática
Anamã	Matemática/Química/Física
Beruri	Matemática
Codajás	Química/Física/Matemática
Itacoatiara	Ciências/Matemática/Química/Física
Manaquiri	Ciências
Novo Airão	Química/Física/Matemática
Tefé	Química/Física
Urucará	Matemática/Química/Física

Fig. 3

Ano: 2007

Município	Área de formação
Manaus	Física/Matemática
Barcelos	Matemática/Ciências
Boa Vista do Ramos	Matemática
Careiro Castanho	Química/Física
Caapiranga	Matemática/Química/Física
Fonte Boa	Matemática
Presidente Figueiredo	Ciências/matemática/Química/Física
São Gabriel da Cachoeira	Matemática/Ciências
São Sebastião do Uatumã	Matemática
São Paulo de Olivença	Matemática/Ciências/Química/Física

Fig. 4

Ano: 2008

Município	Área da formação
Lábrea	Matemática/Ciências
Benjamin Constant	Matemática/Ciências
Tabatinga	Química/Física
Uarini	Matemática/Ciências
Barreirinha	Matemática/Ciências

Fonte: Secretaria de Educação – Gerência de Formação (GEFOR) Fig. 5

Observando as tabelas percebe-se que somente Manaus aparece em mais de uma, os demais municípios têm de esperar um longo período para que se tenha novamente uma formação nessas áreas observadas. Sabe-se que a extensão do território amazonense é grandiosa e que para se chegar em algumas localidades leva-se dias de barco. Essas distâncias dificultam o trabalho da Secretaria e evidencia a realidade estadual em relação ao processo formativo. O Governo do Estado, junto com as universidades Federal e Estadual, deve se articular em busca da solução para esse problema. O ideal seria se em cada município houvesse um pólo formador coordenado pelas universidades e fomentado pelo governo.

Para que tal proposta tenha êxito, faz-se necessária uma mudança epistemológica nas instituições formadoras do Amazonas, pois no que diz respeito à formação do educador matemático e científico, elas têm deixado a desejar. São notórias as dificuldades conceituais e pedagógicas apresentadas pelos docentes oriundos dessas instituições. Os poucos que ousam avançar em relação ao pensamento educacional são, de certa forma, discriminados e deixados de lado pelos defensores da Ciência pura.

O professor que, no exercício do magistério, deixa a desejar não deve inicialmente ser qualificado como um mau profissional, antes de julgá-lo, deve-se analisar o seu processo formativo, as condições de trabalho e suas concepções de ensino e aprendizagem. Em Manaus, no contexto do ensino médio, pouco se houve falar de formação para professores de Física, Matemática, Química e Biologia. Esse fato, junto com outros entraves já mencionados, pode ser o motivo do fracasso nessas áreas do conhecimento. A proposta de caráter interdisciplinar que será apresentada no capítulo três deste trabalho pode ser uma alternativa válida para a

formação continuada de professores e um incentivo para a melhoria da prática educativa dessas disciplinas.

A atitude no processo educativo é um ponto a se considerar, pois salário não paga responsabilidade, compromisso, respeito, empatia, cultura de estudo, reflexão etc. Há professores que mesmo com uma boa remuneração e trabalhando em ótimas condições deixam a desejar em relação ao processo de ensino e aprendizagem. Contudo, as condições salariais e o ambiente físico são importantes e devem sempre estar no foco da luta dos educadores.

A realidade é desalentadora, mas não se pode dizer que é impossível de reverter, uma vez que os professores são sujeitos de transformação e através da reflexão-ação-reflexão podem mudar o panorama existente. Há vários casos de educadores que fazem a diferença no processo educacional. Com boas idéias e esforço de todos, o horizonte educacional poderá melhorar. Enquanto a educação e os professores não forem valorizados, a tendência é que o panorama atual do ensino de Física e Matemática fique no mesmo estado em que se encontra. Mesmo sabendo que alguns problemas não serão resolvidos facilmente ainda que chegue a valorização desejada, a busca de novos ares deve ser alvo de todos os educadores que querem melhorar individualmente e profissionalmente.

CAPÍTULO 2: METODOLOGIA DA PESQUISA

2.1 SUJEITOS DA PESQUISA

Os sujeitos participantes da pesquisa foram seis professores de Física e Matemática do ensino médio do turno noturno de três escolas do bairro do Coroadó no município de Manaus, Amazonas. Na sua maioria são efetivos, mas há alguns que são provenientes de um processo seletivo realizado pela Secretaria de Educação para preencher as vagas existentes em áreas como Física, Química, Biologia e Matemática. Os docentes graduados em Matemática ministram aulas nessa disciplina; da mesma forma acontece com os graduados em Física. Ficou evidente o desconforto quando questionados sobre a possibilidade de um trabalho nas duas disciplinas ao mesmo tempo, dando a entender que muitos professores de Matemática não gostam de dar aulas de Física e vice-versa.

Os professores com pós-graduação em nível de especialização e mestrado optaram por cursos que não dão ênfase ao ensino e a aprendizagem ou a educação. O docente especialista cursou Metodologia do Ensino Superior e o mestrando está cursando em Física pura. Infelizmente os departamentos ligados aos cursos das ciências exatas da Universidade Federal do Amazonas não dão a devida importância às discussões epistemológicas e educacionais que levem a uma mudança na formação docente, ficando conseqüentemente o ensino dessas disciplinas prejudicado.

2.2 PLANO TEÓRICO METODOLÓGICO DA PESQUISA

A metodologia que será apresentada segue o esquema abordado por Hennig (1998), ou seja, um conjunto de ações através de uma organização de procedimento de forma lógica, clara e coerente. Buscando esclarecer e responder as questões levantadas nessa pesquisa, a investigação realizada focalizou a prática docente visando à melhoria do ensino e aprendizagem nas escolas de Manaus através da formação e do desenvolvimento docente.

Nas escolas pesquisadas foram realizadas observações da prática docente, assistindo aulas de Física e Matemática por dois meses; aplicação de um

questionário, com dez questões estruturadas e três oficinas de formação, onde os professores tiveram a oportunidade de conhecer o manual de integração e fazer suas considerações. Todas essas etapas ocorreram de julho de 2007 a março de 2008.

O momento de trabalho na escola foi central para a pesquisa já que foi a partir dele que foram avaliados os caminhos adotados e identificados pontos problemáticos. Em vários momentos, durante o desenvolvimento da pesquisa retornou-se às questões delineadas antes da pesquisa de campo. Isso é justificado pelo fato destas guiarem as ações reflexivas do processo, na busca de uma maior solidez no conhecimento do objeto estudado. Portanto, as contínuas reflexões, planejamentos e replanejamentos possibilitaram uma maior compreensão do processo educativo nas escolas estaduais. Observou-se que mesmo partindo de hipóteses iniciais, procurou-se manter constantemente atento aos novos elementos que emergiam durante o estudo, pois o referencial inicial segundo Lüdke e André (1986) serve de estrutura básica a partir da qual novos elementos são detectados, na medida em que o estudo avança.

É desse modo, priorizando o caráter de envolvimento, crítico, reflexivo, e o comprometimento dos indivíduos em um processo contínuo e repleto de indagações que se busca modificar a prática educacional vigente, objetivando, de algum modo, contribuir para o aperfeiçoamento da proposta inicial da pesquisa a fim de estimular os educadores a buscarem novos horizontes para a difícil tarefa de ensinar. Busca sempre mediada pelo diálogo e abertura aos novos saberes, objetivando a formação de sujeitos capazes de argumentar sobre o conhecimento de forma holística.

Portanto, o propósito desse trabalho se constitui num esforço voltado para a reflexão e investigação do processo de ensino vigente no que tange às disciplinas Matemática e Física, buscando uma ação integradora e interdisciplinar como forma de construção significativa do conhecimento. Pautado pelas inúmeras conexões que essas disciplinas propiciam e que serão objetos da proposta emergente deste trabalho.

2.3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A investigação proposta pode ser considerada como uma pesquisa ação, pois com o respaldo em Franco e Ghedin (2006), tem-se a convicção de que pesquisa e ação devem caminhar juntas, buscando a transformação da prática. Sendo, portanto, “uma pesquisa de transformação, participativa, caminhando para processos formativos” (p.163). Segundo Thiollent (2002) “a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema...” (p.14). Para ele:

O objetivo prático da pesquisa ação é contribuir para o melhor equacionamento possível do problema considerado como central na pesquisa, com levantamentos de soluções e propostas de ações correspondentes às “soluções” para auxiliar o agente (ou ator) na sua atividade transformadora da situação (2002, p. 87).

Para melhor identificar a abordagem metodológica desta pesquisa, Franco & Ghedin (2006) ressaltam que se a pesquisa é planejada, sem a participação dos sujeitos, e apenas o pesquisador acompanha os efeitos e avalia os resultados de sua aplicação, esta pesquisa pode ser denominada de pesquisa-ação estratégica. Entende-se que o estudo desenvolvido coaduna com as idéias de Thiollent (2002) e Franco e Ghedin (2006).

A metodologia da pesquisa se desenvolveu dentro de uma abordagem quanti-qualitativa e contemplou a elaboração, e posterior desenvolvimento, de um manual de orientações formativas e metodológicas que contempla um conjunto de atividades que podem ser trabalhadas de forma integrada por professores de Física e Matemática.

Foram utilizados os seguintes instrumentos para coleta de dados: observação das práticas, onde foram assistidas trinta aulas dos professores de Física e Matemática; aplicação de um questionário, com os docentes respondendo a questões estruturadas e oficinas, onde foram trabalhadas atividades de integração entre as disciplinas focalizadas na pesquisa.

2.4 OBSERVANDO A PRÁTICA DOCENTE

Os professores de Física e Matemática não fizeram nenhuma objeção em relação à presença de um pesquisador durante suas aulas. Para que se comportassem de forma natural, os alunos não foram informados da pesquisa que estava sendo realizada, achando que o sujeito desconhecido na sala era um aluno novato ou alguém que estava assistindo às aulas para relembrar assuntos vistos em anos anteriores. Durante os estudos, ficava-se no final da sala para observar todos os elementos que fossem importantes para a execução da pesquisa. Os principais pontos analisados foram:

- **A não problematização dos conteúdos estudados:** os professores de Física e Matemática iniciavam as aulas dizendo o tópico que seria estudado em seguida faziam a conceituação, passavam as fórmulas e finalizavam com os exercícios. A problematização é uma das principais formas de contextualizar os conceitos abordados e mostrar a relação entre as disciplinas.

- **A falta de explicação dos conceitos matemáticos na Física:** nas aulas de Física o professor abordava os tópicos e sem explicitar as idéias matemáticas necessárias para uma melhor compreensão, apresentava as equações usadas na Física. Um exemplo do que se está falando ocorreu em uma aula onde se estudou o plano inclinado; o professor entrou na sala, disse o tema que seria estudado, fez o esquema conforme a figura 6 abaixo e sem nenhuma explicação apresentou as relações: $p_x = p \cdot \sin\theta$ e $p_y = p \cdot \cos\theta$. Os alunos, certamente não compreenderam as relações porque elas necessitam do suporte dos conceitos matemáticos não explicados.

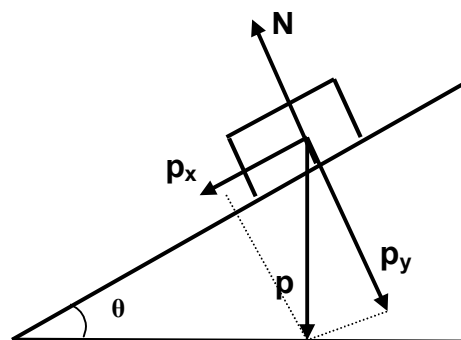


Fig. 6

- **A falta de referência aos fenômenos físicos na Matemática:** o professor de Matemática não mostrava os fenômenos físicos e situações de outras áreas como forma de aplicar os tópicos estudados. Uma situação que evidenciou o que se está expondo ocorreu nas aulas sobre funções do 1º e 2º graus, onde o docente conceituou o tema, trabalhou a construção de gráficos, focalizou os zeros da função e fez o estudo do sinal da função, mas não proporcionou aplicações na Física e em outras áreas.

- **O desinteresse dos discentes:** a consequência de um ensino executado da forma exposta é o desinteresse, apatia e alienação por parte dos alunos. Nas aulas assistidas, duas situações ficaram caracterizadas; o barulho das conversas, no período em que o professor chegava na sala e explicava o conteúdo; e o silêncio quase que absoluto, quando o professor perguntava se alguém havia entendido a explicação feita. Na aula sobre plano inclinado, depois das explicações do professor houve o questionamento de uma aluna em relação ao entendimento da explicação dada, quando ouviu a resposta positiva, ela disse: “parabéns para você, eu não entendi nada”. Ficou claro que o caso daquela jovem não era único, mas poucos são os que têm coragem de perguntar. Em uma aula sobre Energia Interna o professor perguntou se os alunos haviam entendido; uma aluna disse que não, ele explicou novamente igualmente como explicara antes e questionou se a menina havia entendido, agora ela disse que sim. Até que ponto a resposta foi verdadeira? É muito difícil um discente receber duas explicações iguais sobre determinado tema e não entender uma e compreender a outra. O que se percebeu é que os alunos têm vergonha de dizer que não entenderam novamente, pois podem ser olhados com desprezo pelo professor e taxados de “burros” pelos colegas.

- **Dificuldades de aprendizagem:** O professor de Física fez uma avaliação onde pediu para os alunos abrirem o Livro de Física e responderem a três questões. Os exercícios foram retirados de Silva (2005, p. 79,81). Os alunos podiam consultar o livro e os exercícios do caderno, mas mesmo assim, não conseguiram bons resultados. Isso é reflexo de uma prática docente que transmite os conteúdos de forma isolada, desprovidos de significados e da construção discente.

Os momentos passados na escola, assistindo as aulas de Física e Matemática, possibilitaram um conhecimento maior da realidade escolar e das práticas ali realizadas. A formação continuada deve possibilitar uma mudança cultural nos docentes, a principal reforma que precisa ser realizada é a do pensamento.

2.5 ENTREVISTANDO OS DOCENTES

Ainda com a finalidade de conhecer os limites e possibilidades em relação ao ensino de Física e Matemática no que se refere ao processo de integração, planejamento e formação docente, foi estruturado um questionário e em momentos determinados respondidos pelos professores. As perguntas foram entregues a todos os sujeitos da pesquisa que respondiam imediatamente ou levavam o questionário para posteriormente devolvê-lo. As questões foram aplicadas a seis professores de três escolas do Coroadó. Em cada instituição, foram entrevistados, separadamente, os docentes de Física e Matemática. As respostas foram analisadas e tabuladas, sempre observando convergências e divergências objetivando um melhor esclarecimento da problemática levantada. O questionário aplicado consta nos anexos deste trabalho.

2.6 OFICINAS DE INTEGRAÇÃO

Depois das aulas assistidas e da aplicação do questionário, ocorreram, com muita dificuldade e negociação, três momentos formativo com os professores sujeitos da pesquisa. As dificuldades aconteceram devido ao tempo que os docentes dispunham para participar das oficinas de formação. O processo formativo foi executado observando os seguintes passos: em um primeiro momento os docentes de Física e Matemática recebiam de forma individual atividades cujo objetivo era mostrar a integração entre as disciplinas.

Serão mostradas somente duas atividades das que foram trabalhadas nas oficinas para dar uma idéia do objetivo desta etapa. Uma das atividades solicitava que os professores, a partir do esquema da figura 7 abaixo, demonstrassem que $p_x = p \cdot \text{sen}\theta$ e $p_y = p \cdot \text{cos}\theta$.

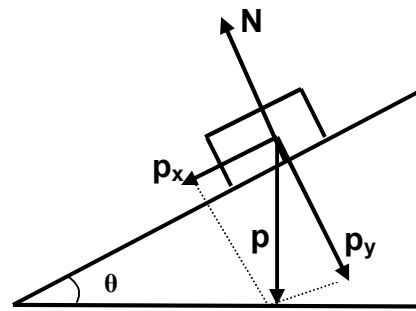


Fig. 7

Essa atividade passou a fazer parte da oficina de formação devido ao episódio presenciado na aula de Física sobre plano inclinado. O objetivo desta questão era verificar até que ponto os docentes de Física conheciam os conceitos matemáticos necessários para a explicação de relação acima. Para os professores de Matemática, a intenção era verificar o grau de percepção do objeto matemático no contexto físico.

Em outra questão buscava-se relacionar a expressão da Física $R^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cdot \cos \theta$, usada no cálculo da força resultante, com a lei dos cossenos estudada na Matemática. A figura 8 abaixo foi utilizada como ponto de partida para a conexão desejada.

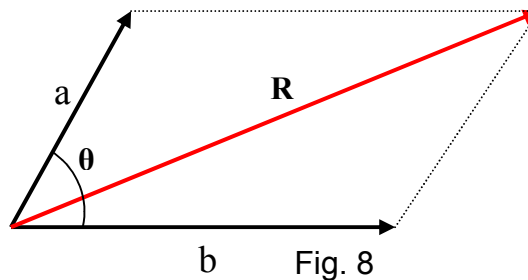


Fig. 8

Na segunda parte da oficina, com o intuito de proporcionar o diálogo e aproximar os docentes de Física e Matemática, pediu-se que os mesmos se reunissem para discutirem sobre as respostas dadas no primeiro momento da formação. Na terceira parte da oficina, os docentes, ainda em dupla, apresentavam as respostas dadas. No final da oficina, as atividades eram retomadas e as conexões demonstradas, evidenciando as possibilidades de integração das disciplinas focalizadas.

CAPÍTULO 3: PROPOSTA METODOLÓGICA PARA UMA AÇÃO INTEGRADA ENTRE FÍSICA E MATEMÁTICA

3.1 ANTECEDENTES DA PROPOSTA

A proposta de elaboração de um material que possa auxiliar os professores de Física e Matemática no processo de ensino e aprendizagem começou a ser construída nos primeiros contatos com a orientadora deste trabalho a professora Josefina Barrera Kalhil, pois nos primeiros diálogos ocorreu uma sintonia nas idéias de orientadora e orientando, havia o interesse comum na educação interdisciplinar e na formação docente. Outro fato que também motivou essa produção foi a minha experiência no ensino de ciências na 8ª série do ensino fundamental, onde ocorreu o primeiro contato com os conceitos da Física e no ensino médio, ministrando aulas de Matemática e Física para turmas de 1º e 2º anos.

Quando um aluno não compreende um problema de Física fica evidente, em muitos casos, a falta de conhecimentos matemáticos. Um problema de movimento uniforme onde é dada a função horária do movimento $s = s_0 + vt$ e pede-se que o estudante encontre sua posição inicial, a velocidade, a posição do móvel em um dado período de tempo e o instante em que o móvel passa pela origem, pode ser resolvido usando simplesmente os conhecimentos e habilidades adquiridos no estudo das funções. O problema é que os professores não relacionam as disciplinas, ficando cada um na sua área de conforto. Na análise do gráfico, espaço em função do tempo, do movimento uniforme; percebe-se que se a função é crescente, o movimento é progressivo; se a função é decrescente, o movimento é retrógrado. Na observação do gráfico, velocidade em função do tempo; se a função for constante, o movimento é uniforme; se for crescente ou decrescente, o movimento é uniformemente variado. A Lei desenvolvida pelo matemático e físico inglês, Robert Hooke (1635 - 1703), destaca que quando se aplica à mola uma força de intensidade F , ela sofre uma deformação x : a relação entre a força e a deformação é dada pela expressão: $F = kx$, em que k é a constante elástica da mola, essa relação, trata-se de uma função linear cujo coeficiente angular da reta é a constante k . No estudo das escalas termométricas, as relações podem ser obtidas através do conceito de função.

Há caso em que se parte de uma relação para se obter outra como ocorreu com Torricelli que, segundo Silva (2007), unificou as funções horárias estabelecidas para o movimento uniformemente variado. Ele isolou a variável tempo na equação $v = v_0 + \alpha t$, obtendo $t = (v - v_0) / \alpha$, em seguida substituiu o valor de t na função horária dos espaços do movimento uniformemente variado (MUV) que é representada pela equação $s = s_0 + v_0 t + (\alpha t^2) / 2$, chegando na expressão $v^2 = v_0^2 + 2\alpha \Delta s$; a famosa equação de Torricelli. Muitos conhecem essa equação, mas não sabem como deduzi-la: é uma excelente atividade para os professores de Física e Matemática.

Outro conceito que aparece em alguns problemas de Física, é o de área. No gráfico que relaciona velocidade com o tempo ($v \times t$), tanto no movimento uniforme, como no uniformemente variado, o número que mede a área sob o gráfico é igual ao número que mede o deslocamento em um dado intervalo de tempo. Para a realização de tal cálculo é necessário o conhecimento físico e o cálculo de áreas de figuras como trapézio, retângulo, triângulo, etc. Outro conceito físico que envolve a noção de área é o de pressão; que é diretamente proporcional a força aplicada e inversamente proporcional à área de aplicação dessa força.

A Trigonometria é outro campo da Matemática que tem muita relação com a Física. Há várias possibilidades de interação, a começar pela análise do gráfico do movimento uniforme que nos leva a concluir que a velocidade escalar do movimento é numericamente igual à tangente trigonométrica do ângulo entre a direção da reta com o eixo x e que, por conseqüência, o coeficiente angular é a própria velocidade escalar do movimento. No estudo do plano inclinado, aparecem as relações $p_x = p \cdot \sin\theta$ e $p_y = p \cdot \cos\theta$, onde na maioria das vezes os alunos não conseguem compreender o processo envolvido por falta de um esclarecimento matemático pelos professores. Fica evidente, neste caso, que as relações são meras fórmulas que devem apenas ser utilizadas sem maiores explicações dos professores e questionamentos pelos alunos. No estudo da refração, usa-se a lei de Snell que utiliza o conceito de seno. No lançamento oblíquo, o movimento descrito pelo corpo pode ser considerado como resultado da composição de dois movimentos simultâneos e independentes: um movimento vertical uniformemente variado, cuja aceleração é a da gravidade, e um movimento horizontal uniforme, pois na horizontal não há aceleração. Na compreensão deste conteúdo, novamente aparecem as funções trigonométricas seno e cosseno, devido ao ângulo que o corpo lançado

forma com a horizontal. A lei dos cossenos pode ser usada de forma integrada tanto na Física como na Matemática. As funções trigonométricas aparecem no movimento harmônico simples e em vários outros contextos da Física.

Vários outros conteúdos da Matemática são empregados pela Física: na reflexão da luz, usam-se os conhecimentos geométricos; nas leis de Newton, os sistemas de equações; na termologia, pode-se usar o teorema de Tales ou função do 1º grau; em eletricidade, matrizes e sistemas lineares; em tantos outros assuntos que necessitam de uma fundamentação matemática. Por exemplo: quando se estuda a segunda lei de Newton e trabalha-se com a equação matemática $F_r = ma$, pode-se evidenciar o conceito matemático e o significado de grandezas diretamente e inversamente proporcionais. O mesmo ocorre com a lei da gravitação fundamental $F = G \times (M \times m)/d^2$ que diz que dois corpos se atraem com forças diretamente proporcionais ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre seus centros. Os conceitos devem ser problematizados de forma que os alunos compreendam as leis, relacione-as e saibam utilizá-las em ocasiões oportunas. Essa interação deve fazer parte da ação docente de forma natural. As instituições responsáveis pela formação continuada dos educadores precisam repensar sobre os educadores que se quer para a modernidade.

Há muitos entraves para o trabalho conjunto do professor de Matemática e de Física. Na Matemática, os conhecimentos sobre Geometria Analítica contribuem para se obter uma função quando são dados pontos de um gráfico, o problema é que esse conteúdo no currículo só aparece no terceiro ano do ensino médio e na Física esse conhecimento é necessário no primeiro ano, tornando-se um obstáculo para o trabalho em conjunto, uma vez que o professor de matemática não acha interessante antecipar um conteúdo do terceiro ano para alunos do primeiro, pois, para ele, os alunos não terão “base”. Fica cada vez mais evidente a necessidade de um produto que possa potencializar e ressaltar a indissociável relação entre Física e Matemática para que os professores possam refletir sobre suas teorias e metodologias de trabalho, com a finalidade de melhorar suas práticas.

Da experiência passada restou a inquietação sobre um ensino fragmentado, onde um docente licenciado em Matemática não explorava os conhecimentos que tinha nas aulas de Física. As equações eram escritas no quadro sem uma reflexão do potencial integrador que elas possibilitavam. A visão que se tinha da Física e da

sua força integradora era praticamente inexistente. Interdisciplinaridade era uma moda presente no discurso, mas pouco compreendida e quase nunca executada.

Hoje, devido às formações vivenciadas e ministradas, há outra concepção sobre o ensino de ciências e de como a Física se relaciona com as outras áreas do conhecimento, principalmente com a Matemática, sendo essa interação o foco principal do manual produzido. A proposta que será exposta não visa apenas contribuir com orientações metodológicas para melhor o ensino dessas disciplinas, mas pretende levar os professores a uma reflexão que favoreça a mudança de atitude frente aos desafios emergentes de um ensino fragmentado.

Durante o processo de pesquisa a relevância deste trabalho ficou mais nítida, pois se vislumbra as possibilidades e o alcance do mesmo. Depois das discussões teóricas e metodológicas da pesquisa chega-se à conclusão que vários conteúdos do ensino de Física e Matemática podem ser trabalhados de forma integrada e que através desta relação pode haver um ganho no processo de ensino e aprendizagem destas disciplinas.

Buscar-se-á em diversos conteúdos destas áreas do conhecimento conexões necessárias para uma prática que possa envolver os profissionais destas disciplinas de forma reflexiva, contextualiza e articulada. Os tópicos aqui abordados poderão ser objeto de análise tanto do professor de Matemática como de Física. Sabe-se que estes campos de conhecimento na analogia de Morin (2002) são apenas dois países dentro de um grande planeta, mas para que haja uma união global, deve-se começar pelos países mais próximos como é o caso da Física e Matemática.

Para a produção deste manual, foram consideradas as observações surgidas nas aulas assistidas, no questionário, nas oficinas e nas observações de livros didáticos de Física e Matemática, sempre objetivando perceber as aproximações pertinentes destas duas disciplinas e potencializar as conexões possíveis. As interações almejadas neste material instrucional busca aproximar, através da análise e reflexão, os professores de ambas as áreas do conhecimento, pois essa atitude facilitará a aprendizagem dos conceitos tanto de uma como da outra ciência.

3.2 A REALIDADE EM RELAÇÃO AO TRABALHO INTERDISCIPLINAR

Ainda com a finalidade de conhecer os limites e possibilidades em relação ao ensino de Física e Matemática no que se refere ao processo de integração foi estruturado um questionário e em momentos determinados respondidos pelos professores. As questões foram aplicadas para seis professores do ensino médio de três escolas estaduais no bairro do Coroadó. Em cada instituição, foi aplicado o questionário separadamente para os docentes de Física e Matemática. As respostas foram analisadas e tabuladas, objetivando um melhor esclarecimento da problemática levantada.

O questionário aplicado buscou um maior esclarecimento sobre a prática docente nas disciplinas Física e Matemática em relação à integração, interdisciplinaridade e formação continuada. As respostas foram analisadas e agrupadas na forma textual, sempre em função do problema levantado. As respostas depois analisadas possibilitaram as reflexões que seguem nessa ordem:

A primeira questão buscou analisar o nível de percepção dos professores no que diz respeito à integração das suas disciplinas com as demais. A partir das respostas dadas, observou-se que, na visão dos professores de Matemática, ela se relaciona com a Física, através das funções, gráficos, medidas, derivada e geometria, além de áreas como Geografia e Química. Na percepção dos docentes de Física, ela faz conexões com a Matemática, através do lançamento vertical, aceleração, velocidade e reflexão em espelhos planos; Química, no estudo do átomo; Biologia; História e Geografia. Vale ressaltar que os exemplos de integração de conteúdos aparecem de forma mais espontânea quando a relação se dá entre Física e Matemática. Em outros casos a conexão era apontada, mas sem exemplificação por parte do professor.

O planejamento é o ponto de partida da ação interdisciplinar, portanto é importante saber o que acontece na escola em relação a essa prática. A segunda questão possuía alternativas onde os professores respondiam se dialogavam sempre, às vezes ou nunca no ato de planejar. Somente um professor disse que às vezes dialogava, os demais responderam que nunca, ou seja, não havia diálogo. Essas respostas deixam claro um dos motivos que distanciam os docentes de uma prática integradora. O planejamento realizado atualmente nas escolas estaduais

precisa ser repensado, o diálogo precisa ser fomentado para que as conexões apontadas pelos docentes na primeira questão sejam realizadas.

A terceira questão estava diretamente relacionada com a segunda, como somente um professor respondeu que às vezes dialogava era importante saber qual a importância desse diálogo. A resposta enfatizou que através da comunicação fica mais fácil saber o que cada docente está trabalhando e como esses conteúdos podem ser relacionados.

Na quarta pergunta, buscou-se um posicionamento mais específico dos professores em relação à disciplina que proporcionaria maiores possibilidades de integração. Ficou evidente que os professores de Matemática vêem a Física como principal ponto integrador. Já os docentes de Física colocam a Matemática e a Química como principais campos de ligações.

A quinta questão objetivava verificar a compreensão dos professores em relação à interdisciplinaridade. Verificou-se que os docentes associaram a interdisciplinaridade com conexão, união e relação entre as áreas do conhecimento. Houve também aqueles que disseram ser uma forma de trabalhar um conteúdo em todas as disciplinas, associar idéias ou ainda uma fusão entre as matérias. Não se verificou nas respostas dadas uma relação entre a prática educativa e mudança de mentalidade do educador.

Quando o questionamento abordou a participação dos docentes em atividades interdisciplinares, percebeu-se que somente um já havia participado, nas respostas dos demais evidenciou-se o desinteresse, respondendo que não haviam participado. Houve uma situação em que mesmo a escola trabalhando com projetos interdisciplinares, o professor não participou, mostrando que a ação interdisciplinar depende da intencionalidade do educador.

Quando questionados sobre quais os entraves para a efetivação do trabalho interdisciplinar, as respostas foram diversificadas dentre as quais destaca-se: o interesse dos educadores; o tempo para a discussão e planejamento das ações; a ausência do apoio pedagógico, pois em algumas escolas não havia pedagogo; a relação interpessoal deficiente, pois muitos professores tem dificuldades em se relacionar com os demais e a formação continuada dos professores, pois é uma forma de se crescer teoricamente e conseqüentemente na prática.

Em relação à formação continuada, os professores entrevistados foram unânimes em afirmar que nunca participaram de nenhum processo formativo. Os

docentes provenientes do processo seletivo afirmaram que não são incluídos nas formações, quando elas acontecem; os efetivos relataram que se existe formação, não são comunicados da mesma. Esse fato também mostra o porquê da carência educacional em nosso estado. É necessária uma política séria de formação continuada para se tentar superar os entraves atuais nos processos de ensino e aprendizagem destas disciplinas.

A última questão levava o professor a fazer um comentário sobre um material que integrasse as disciplinas de Física e de Matemática. As opiniões foram convergentes no sentido positivo, pois os professores, mesmo sabendo das possibilidades de integração conforme as respostas da primeira questão, não praticam efetivamente as relações possíveis, ou por falta de interesse, ou porque os livros didáticos não fomentam tais relações. Houve um docente que destacou a importância de um material que integrasse todas as áreas do conhecimento. O questionário aplicado, com todas as questões, encontra-se nos anexos deste estudo.

3.3 ATIVIDADES INTEGRADAS COM PROFESSORES DE FÍSICA E MATEMÁTICA

Como já foi explicitado na metodologia deste trabalho, no momento das oficinas os docentes recebiam atividades, conforme exemplo do anexo, para que se explorasse as conexões possíveis. Depois de resolvida a atividade, os professores de Física e Matemática se reuniam para discutirem sobre as respostas dadas.

Na primeira atividade, que será usada como exemplo, esperava-se que os professores visualizassem, no esquema apresentado na figura 9 abaixo, que ângulo formado por p e p_y é congruente ao ângulo θ .

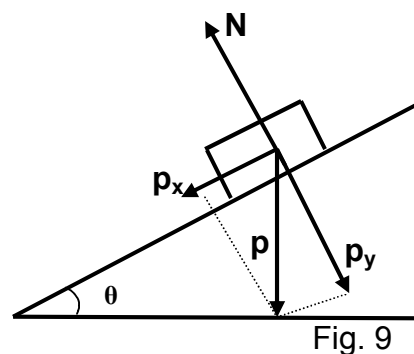
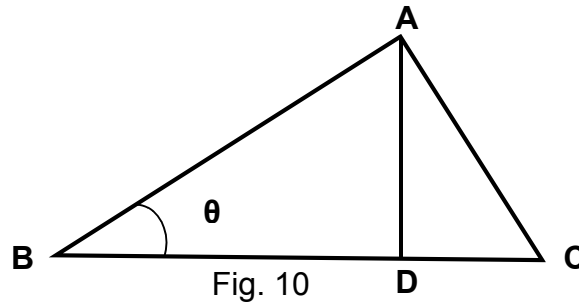
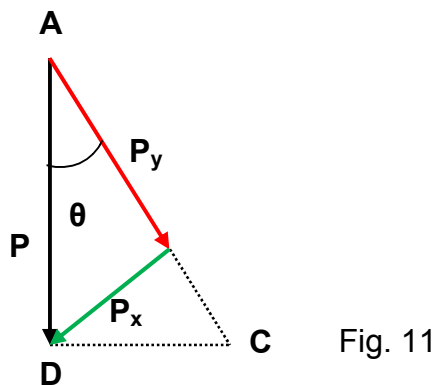


Fig. 9

Associando o esquema da Física 9 acima com o desenho da figura 10, abaixo, observa-se um triângulo ABC retângulo em A; a força peso corresponde à altura AD relativa a hipotenusa BC; o vetor p_y está associado ao lado AC.



Na figura 10, consegue-se observar três triângulos retângulos, todos semelhantes: ABC, ABD e ADC. A partir das relações métricas no triângulo retângulo e da semelhança de triângulos pode-se demonstrar que o ângulo θ é congruente ao ângulo $\widehat{D\hat{A}C}$. A partir dessa primeira relação os professores deveriam trabalhar com o triângulo ADC que pode ser esquematizado desta forma:



Com o esquema da figura 11 acima e usando as relações trigonométricas, chega-se facilmente as relações da primeira atividade. Na segunda atividade, esperava-se que os docentes relacionassem a expressão $R^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cdot \cos \theta$, conforme a figura abaixo, com a lei dos cossenos e que explicassem também o motivo da troca de sinal, uma vez que a lei dos cossenos na Matemática usa a equação $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \theta$ com o sinal negativo.

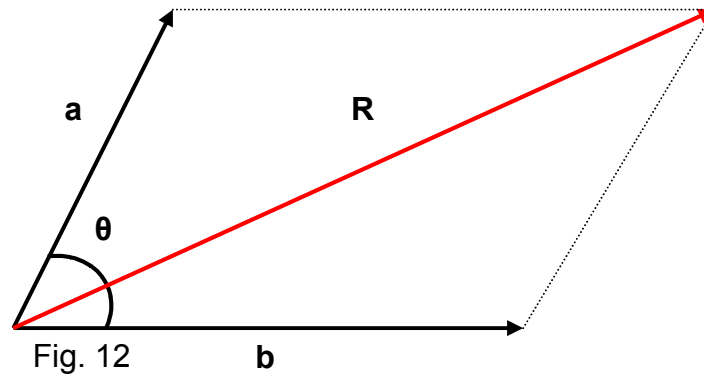


Fig. 12

A partir do esquema da segunda atividade, conforme a figura 12 acima, usando o traslado do vetor a e o conceito de ângulos suplementares pode-se chegar ao esquema da figura 13 abaixo. Usando a lei dos cossenos no triângulo abaixo e sabendo que $\cos(180 - \theta) = -\cos \theta$, chega-se na relação da segunda atividade.

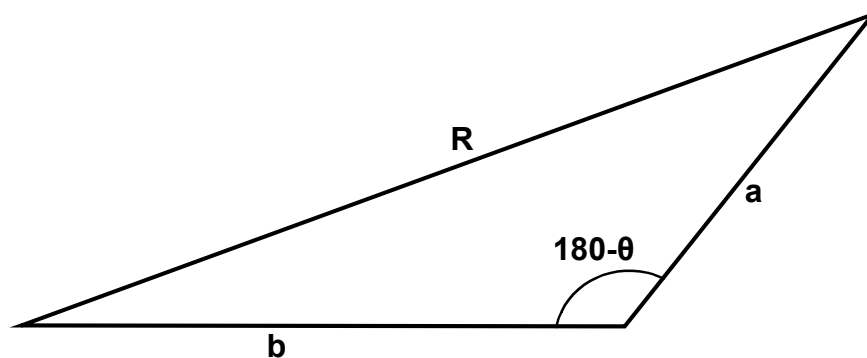


Fig. 13

Nenhum dos professores participantes da pesquisa realizou as atividades de forma satisfatória, nem individualmente, nem em dupla, demonstrando que, além da falta de interesse no processo de integração, há também, a falta de conhecimentos específicos de ambas as partes. O professor de Física parece desconhecer a Matemática utilizada nas equações que trabalha; da mesma forma os docentes de Matemática se perdem nos fenômenos físicos, esquecendo-se que eles são estruturados por conceitos matemáticos. As conseqüências dessa desarticulação foram observadas nas aulas assistidas, ou seja, as fórmulas são colocadas no quadro sem nenhuma explicação Matemática por parte do professor de Física e sem nenhuma aplicação na Física dos conceitos matemáticos estudados.

Quando as implicações matemáticas eram explicitadas no final da oficina notou-se que os docentes demonstraram uma certa perplexidade com o que viram. Um deles de forma particular relatou que não tinha noção das implicações

matemáticas naqueles tópicos abordados na oficina. Observou-se também a falta de humildade de alguns docentes que mesmo não realizando as atividades de forma coerente, deram desculpas do tipo: “ah!, era isso!, não achei que era dessa forma que você queria!”.

O momento das atividades integradas foi muito importante para a pesquisa, pois mostrou de forma nítida o desconhecimento teórico e conceitual dos educadores dessas duas disciplinas. Tudo o que foi observado mostra ainda mais a relevância deste trabalho e do produto que será apresentado, pois um trabalho interdisciplinar requer educadores preparados e instrumentalizados.

3.4 A PROPOSTA METODOLÓGICA

Depois de realizadas todas as etapas desta pesquisa, chegou-se a conclusão que a busca por um trabalho integrado deve ser fomentado, pois são muitos os conteúdos do ensino de Física e Matemática que podem ser trabalhados de forma articulada e que, através desta relação, pode-se chegar a uma reflexão-ação sobre a interdisciplinaridade, havendo um ganho no processo de ensino e aprendizagem destas disciplinas. A proposta que será exposta buscará uma ação interdisciplinar de forma articulada, buscando uma maior instrumentalização para os docentes e conseqüentemente para os discentes, objetivando um conhecimento articulado necessário para a superação da visão fragmentada existente no ensino atual.

O manual metodológico buscará em diversos conteúdos destas áreas do conhecimento conexões necessárias para uma prática que possa envolver os profissionais destas disciplinas de forma reflexiva, contextualiza e articulada. Os tópicos aqui abordados deverão ser objeto de análise tanto do professor de Matemática como de Física. Sabe-se que estes campos de conhecimento na analogia de Morin (2002) são apenas dois países dentro de um grande planeta, mas para que haja uma união global, deve-se começar pelos países mais próximos como é o caso da Física e Matemática.

Para a produção deste manual, foram analisados livros didáticos de Física e Matemática, sempre objetivando perceber as aproximações pertinentes destas duas disciplinas e potencializar as conexões possíveis. As interações almejadas neste material devem fazer parte das análises e reflexões dos professores de ambas as áreas do conhecimento. Em cada atividade integradora serão evidenciados os

conteúdos que se articulam, o objetivo da atividade, A análise conceitual dos tópicos que serão relacionados, os passos para integração e outras sugestões. Desta forma, pretende-se mostrar que as possibilidades são grandes e que os professores destas áreas podem adquirir um novo olhar para estas disciplinas e resignificar suas ações pedagógicas.

As atividades integradoras visam um maior aprofundamento e instrumentalização dos professores de Física e Matemática. O objetivo é mostrar as conexões implícitas de forma generalizadora. As atividades seguem um padrão definido: temas integrados, com as áreas mais amplas que serão objeto da conexão; objetivo, onde se esclarece o propósito básico da atividade; conteúdos, onde se pontua de forma mais detalhada os conceitos interligados e as orientações metodológicas, com um breve comentário sobre os tópicos envolvidos e um detalhamento das possibilidades de integração. Exemplificando o exposto, serão apresentadas duas atividades de integração.

Na sétima atividade buscou-se mostrar a relação entre o teorema de Tales e as equações de transformações das escalas termométricas. Os conteúdos integrados são o teorema de Tales e escalas termométricas. Na seqüência, os tópicos são explorados e suas conexões explicitadas através de sugestões que interligam os conceitos. Como será mostrado na seqüência.

Quando se estuda na Física a termologia, compreende-se que a temperatura é uma grandeza que expressa o grau de agitação das moléculas de um corpo e que há algumas escalas termométricas responsáveis por essa medição. As escalas utilizadas atualmente são: Celsius, Fahrenheit e Kelvin; às vezes, é necessário transformar uma indicação de temperatura de uma escala para outra, surgindo as relações do tipo: $C = \frac{5(F - 32)}{9}$; $K = 273 + C$ e $\frac{(K - 273)}{5} = \frac{(F - 32)}{9}$. Quase sempre nos livros didáticos aparecem desenhos como o da figura 14. Na seqüência, surgem as equações destacadas acima; novamente sem nenhuma relação com os princípios matemáticos necessários para uma boa compreensão.

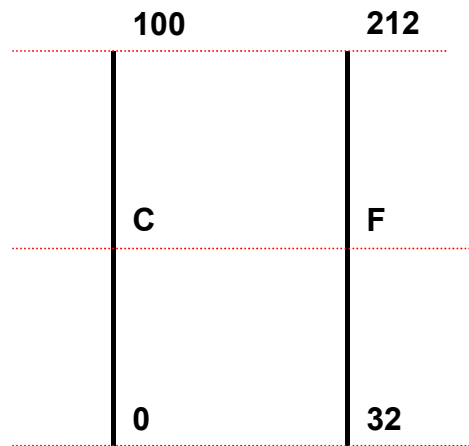


Fig. 14

O teorema de Tales é estudado na Matemática ainda no ensino fundamental e seu enunciado diz que se duas retas são transversais de um feixe de retas paralelas, então a razão entre dois segmentos quaisquer de uma delas é igual à razão entre os respectivos segmentos correspondentes da outra. Conforme a figura 15 tem-se que:

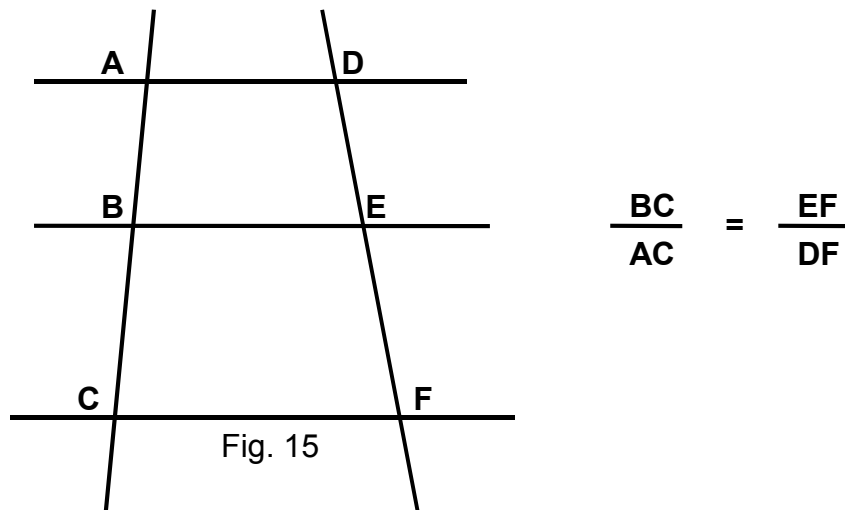
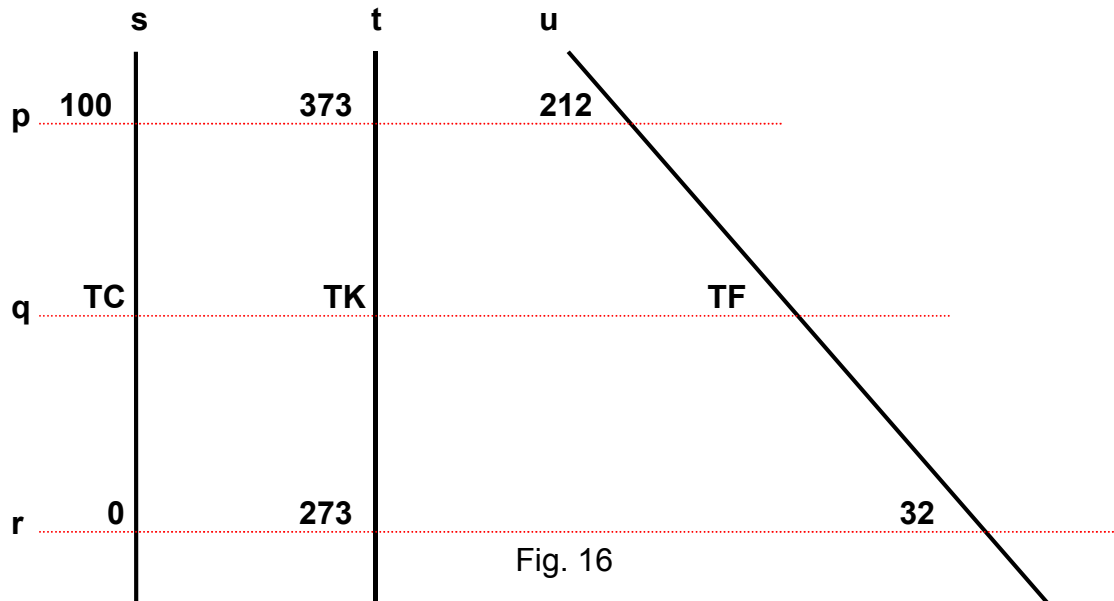


Fig. 15

Observando as figuras 14 e 15 percebe-se a relação entre os esquemas e que as relações trabalhadas na Física são oriundas da proporcionalidade destacada no teorema de Tales.

A partir da figura 16, abaixo, e utilizando o Teorema de Tales demonstre as relações de transformações entre as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin.



Considerando-se três retas paralelas p , q e r , cortadas por duas ou mais transversais às retas s , t e u . Diz-se que dois segmentos das transversais são correspondentes quando seus extremos pertencem às mesmas paralelas. Por exemplo: $(100 - TC)$, $(373 - TK)$ e $(212 - TF)$ são correspondentes, pois seus extremos pertencem às mesmas paralelas p e q ; da mesma forma, são correspondentes $(100 - 0)$, $(373 - 273)$ e $(212 - 32)$. Tales demonstrou que a razão entre dois segmentos de uma mesma transversal é igual à razão entre os segmentos correspondentes na outra transversal, isto é:

$$\frac{(Tc - 0)}{(100 - 0)} = \frac{(TK-273)}{(373-273)}$$
 Assim pode-se,

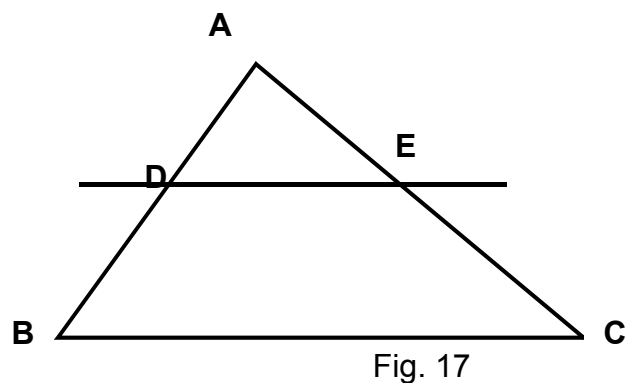
de diversas formas, demonstrar as relações da termometria aproveitando para relembrar o teorema de Tales. Essa conexão favorece o entendimento e a construção das equações por parte dos alunos. Vale ressaltar que este esquema da figura 16 pode ser generalizado para qualquer escala termométrica, desde que se conheça o ponto de fusão e de ebulição da escala.

A partir do teorema de Tales pode-se pedir que os alunos encontrem a relação entre duas escalas quaisquer. Como por exemplo: o ponto de gelo e o ponto de vapor numa determinada escala A são dados por $40^\circ A$ e $440^\circ A$, respectivamente. Esses mesmos pontos numa escala B correspondem a $50^\circ B$ e $550^\circ B$. Que relação existe entre as indicações dessas duas escalas?

Na oitava atividade, geometria e óptica se interligam para evidenciar a presença da semelhança de triângulos na relação entre os elementos estudados na câmara escura de orifício. A câmara escura de orifício, segundo Ramalho Junior et

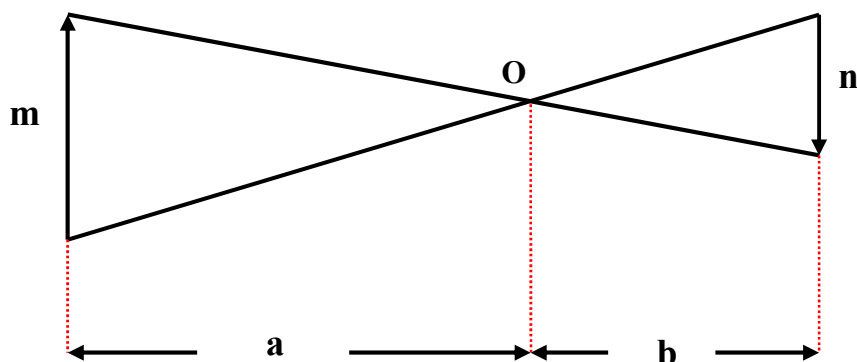
al (1993), é uma caixa de paredes opacas, possuindo uma delas um pequeno orifício. Se um objeto luminoso ou iluminado for colocado em frente à câmara, os raios de luz que partem do objeto atravessam o orifício e determinam na parede oposta ao orifício uma imagem semelhante ao objeto e invertida. A relação entre a altura do objeto, a altura da imagem, à distância do objeto à câmara e o comprimento da câmara é obtida pela semelhança de triângulos.

Na Matemática, diz-se que dois triângulos são semelhantes quando possuem os três ângulos e os três lados correspondentes. Há alguns casos que possibilitam a conclusão da congruência entre dois triângulos. Em um deles diz-se que se uma reta é paralela a um dos lados de um triângulo e intercepta os outros dois em pontos distintos, então o triângulo que ela determina é semelhante ao primeiro. Logo conforme a figura 17, os triângulos ADE e ABC são semelhantes.



A idéia é comprovar a semelhança a partir de um esquema e posteriormente usando a proporcionalidade chegar à relação desejada. Como por exemplo:

- Demonstrar a partir da figura 18, a semelhança entre os triângulos. Em seguida obter a relação $\frac{m}{n} = \frac{a}{b}$.



Os dois triângulos da figura 18 são semelhantes, pois as medidas dos ângulos correspondentes são iguais, logo há sempre igualdade das razões entre segmentos correspondentes, portanto a relação entre **m**, altura do objeto (base do triângulo maior); **n**, altura da imagem (base do triângulo menor); **a**, distância do objeto à câmara (altura do triângulo maior) e **b**, comprimento da câmara (altura do triângulo menor) pode ser aplicada como segue: $\frac{m}{n} = \frac{a}{b}$.

A semelhança pode também ser usada em outras questões como, por exemplo: uma fonte puntiforme ilumina um disco metálico de raio 10cm. A fonte e o centro do disco pertencem a uma reta perpendicular a um anteparo. Sabendo-se que a distância da fonte ao disco é de 20cm e do disco ao anteparo é de 50cm, determine o raio da sombra do disco projetada no anteparo.

O trabalho realizado em busca das conexões possíveis entre Física e Matemática possibilitou uma ampliação da visão em relação a estas disciplinas e uma maior compreensão de conceitos que outrora eram motivos de preocupação e angústia, mostrando a relevância do estudo e pesquisa realizados. No anexo três deste trabalho, apresenta-se o material instrucional e metodológico em formato de manual, cujo objetivo principal é proporcionar uma reflexão docente sobre suas práticas. Essa proposta é uma ação concreta que busca superar, em parte, as dificuldades vivenciadas pelos professores de Física e Matemática no Estado do Amazonas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de todas as etapas vivenciadas nesse trabalho e das discussões realizadas ao longo dos capítulos, elencou-se alguns entraves presentes atualmente no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos físicos e matemáticos nas escolas pesquisadas. Os problemas que possibilitaram uma maior reflexão sobre o Ensino de Ciências e ampliaram as possibilidades de investigação e ação serão pontuados e analisados como segue:

- **A excessiva fragmentação e isolamento da prática docente:** esse paradigma instaurado no contexto escolar tem dificultado a construção e compreensão dos conhecimentos físicos e matemáticos. O ensino é marcado por uma ação desconexa, estática e irrefletida. Opondo-se diretamente ao processo evolutivo das ciências, já que estas enquanto fruto da criação e invenção humana, não evoluem separadamente, linearmente e logicamente organizadas.

- **A linearidade curricular:** essa linearidade provoca um privilégio demasiado de certos conhecimentos tomados como ponto de partida, tornando o processo excessivamente hierarquizado e fundamentado na cultura dos pré-requisitos, o que tem resultado em uma compreensão desarticulada do conhecimento físico e matemático, carentes de significados. É necessário romper com esse paradigma, rompendo com essa concepção e adotando uma postura interdisciplinar. Para tanto, faz-se necessário que os docentes abram mão do tratamento compartimentado e estanque dos conteúdos, em prol de uma abordagem onde conexões entre conhecimentos sejam priorizadas e incentivadas. Acredita-se que o real significado do conhecimento só é incorporado pelo aluno na medida em que este percebe e estabelece relações entre tais conhecimentos, entre esses e outros, dessa ou de outras áreas, explorando-as em contextos mais amplos. Nesse sentido, postula-se que a construção de conceitos através de situações integradas, diversificadas e significativas apresenta-se como uma via bastante fértil para a aprendizagem da Matemática e da Física.

- **A forma de abordagem dos conteúdos:** a exposição dos conceitos, pelos professores, não se caracteriza por uma ação problematizadora, contextualizadora e interligada, levando os discentes a não perceberem a importância de cada disciplina no todo organizado.

- **Alunos sujeitos do processo:** os discentes não são considerados sujeitos do processo de ensino e aprendizagem e sim, meros expectadores. Isso significa que eles precisam ser ouvidos e suas falas devem ser analisadas. O silêncio na

maioria das vezes é sinal da falta de compreensão dos conceitos estudados, portanto deve também, fazer parte da análise dos professores.

- **Mudança de atitude:** não basta saber que as disciplinas se interligam, é necessário conhecer os pontos de intersecção e se aprofundar nos conceitos integradores, ocorrendo, conseqüentemente, uma maior e melhor instrumentalização dos professores em ambas as áreas.

- **Planejamento integrado:** o planejamento deve ser revisto nas escolas estaduais, pois um planejamento integrado não vai acontecer por acaso. O ato de planejar precisa ir além de um simples papel preenchido e esquecido nas gavetas. As ações devem ser articuladas, possibilitando sua execução de forma efetiva, num contínuo planejamento, ação e reflexão.

A formação dos professores: A formação continuada dos professores de Ciências; Física, Matemática, Química e Biologia deve ser revista e melhorada pela secretaria estadual de educação, pois talvez seja a principal possibilidade para a mais importante reforma que é a do pensamento. A formação que se busca deve privilegiar a cultura de estudo, fomentando uma prática integradora e interdisciplinar.

Na elaboração da proposta interdisciplinar as atividades integradoras foram utilizadas com a intenção de religar os conceitos físicos e matemáticos, explorando o caráter de ponte entre conhecimentos que tais conceitos assumem, para potencializar um eixo de ligação entre as atividades e entre os conhecimentos construídos através delas. Nesse sentido, o produto dessa pesquisa apresenta-se como uma das principais contribuições desse trabalho, tendo em vista que a proposta surge com um caráter inovador ao explicitar as aproximações e conexões conceituais do objeto físico e matemático. Nesse sentido, a utilização das atividades integradas contribui, não só na identificação, por parte dos educadores, desses conceitos e de seus significados em uma dimensão mais ampla, de maior compreensão, dentro dessas disciplinas, como também facilitam a extrapolação das

fronteiras disciplinares, levando os alunos a descobertas acerca das aproximações existentes entre as disciplinas de Matemática e Física.

O propósito desse estudo não foi mapear todos os problemas na prática docente, mas iluminar novas perspectivas para a busca de novos caminhos, de novas pesquisas que visem investigar a complexidade existente na aquisição de novos conceitos físicos e matemáticos. A intenção do trabalho foi sinalizar novos desafios, desafios mais amplos que dêem origem a novos trabalhos, a novas propostas. Foi apontar para um tempo de possibilidades e não de determinismos, a fim de que a educação, de um modo geral, seja incorporada como um processo permanente.

REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, Laerthe. **Conhecimento transdisciplinar: o cenário epistemológico da complexidade**. Piracicaba: Unimep, 1996.

ALVES, Rubem. **Filosofia da ciência: introdução ao jogo e a suas regras**. 8. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2004. (leituras filosóficas).

ARAGÃO, Maria José. **História da física**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

ASSUMPÇÃO, Ismael. Interdisciplinaridade: uma tentativa de compreensão do fenômeno. In: FAZENDA, Ivani C. A. (org.). **Práticas interdisciplinares na escola**. São Paulo: Cortez, 1991. (p.23-25).

BRASIL, Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Básica; Departamento de Políticas de Ensino Médio. **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 2004.

BRASIL, Ministério da educação, Secretaria de Educação básica. **Relatório do sistema nacional de avaliação da educação**. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

CACHAPUZ et al. **A necessária renovação do ensino de ciência**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAMPOS, Celso R. **O ensino de Matemática e da Física numa perspectiva integracionista**. Dissertação de mestrado, PUC/SP, 2000.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução de Newton Roberval Eicheberg. São Paulo: Cultrix, 2004.

_____. **Sabedoria incomum**. Tradução de Carlos Afonso Malferrari. São Paulo: Cultrix, 2005.

_____. **O tao da física: um paralelo entre a física moderna e o misticismo oriental**. Tradução de José Fernandes Dias. São Paulo: Cultrix, 2007.

CARRASCOSA, Jaime. Análise da formação continuada e permanente dos professores de ciência ibero-americanos. In: MENEZES, L. C. (org.). **Formação continuada de professores de ciências: no âmbito ibero-americano**. Tradução de Inês Prieto e Sônia Salém. 2. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2001. (p.7-44). (formação de professores).

CHASSOT, Attico. **A ciência através dos tempos**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004. (Coleção Polêmica).

CONTRERAS, José. **Autonomia de professor**. São Paulo: Cortez, 2002.

DANTE, Luiz Roberto. **Matemática: contexto & aplicação**. São Paulo: Ática, 2004.

D' AMBRÓSIO, Ubiratan. **Educação matemática: da teoria à prática**. Campinas: Papyrus, 1996. (Coleção Perspectivas em Educação Matemática).

DELIZOICOV, D. et al. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DOMITE, Maria do C. S. A formação de professores como uma atividade de formulação de problemas: Educação Matemática no centro das atenções. In: CARVALHO, Anna M. P. (coord.). **Formação continuada de professores: Uma releitura das áreas de conteúdos**. São Paulo: Thomson, 2003. (p.43- 49).

FAZENDA, Ivani C. A. **Interdisciplinaridade: um projeto em parceria**. 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 1993. (coleção educar).

FAZENDA, Ivani C. A. A aquisição de uma formação interdisciplinar de professores. In: _____. (org.). **Didática e interdisciplinaridade**. 7. ed. Campinas: Papyrus, 1998. (p. 11-20). (coleção práxis).

FERREIRA, Sandra Lúcia. Introduzindo a noção de interdisciplinaridade. In: FAZENDA, Ivani C. A. (org.). **Práticas interdisciplinares na escola**. São Paulo: Cortez, 1991. (p.33-35).

FRANCO, M. A. S & GHEDIN, E. A Pedagogia da Pesquisa-Ação. In: GHEDIN, E. & GONZAGA, A. M. (orgs). **Epistemologia da pesquisa em educação**. Manaus: BK editora, 2006. (p. 33-59).

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 11. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996. (Coleção Leitura).

GOVONE, Osvaldo Antonio & LONGEN, Adilson. **Os fenômenos físicos: modelos matemáticos**. Curitiba: Nova Didática, 2001. (interdisciplinar: física – matemática).

HENNING, Georg J. **Metodologia do Ensino de Ciências**. 3. ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1998.

IFRAH, George. **Os números: a história de uma grande invenção**. 9ª ed. São Paulo: Globo, 1998.

KLEIN, Julie Thompson. Ensino interdisciplinar: didática e teoria. tradução de Inara Luiza Marim. In: FAZENDA, Ivani C. A (org). **Didática e interdisciplinaridade**. 7. ed. Campinas: Papirus, 1998. (coleção práxis). (p.109-132).

LENOIR, Yves. Didática e interdisciplinaridade: uma complementaridade necessária e incontornável. tradução de Maria Marly de Oliveira. In: FAZENDA, Ivani C. A (org). **Didática e interdisciplinaridade**. 7. ed. Campinas: Papirus, 1998. (coleção práxis). (p.45-76).

LIBÂNEO, José Carlos. As teorias pedagógicas modernas revisitadas pelo debate contemporâneo na educação. In: LIBÂNEO, José Carlos e SANTOS, Akiko. (orgs.). **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. Campinas, SP: Alínea, 2005. (coleção educação em debate). (p.19-62).

LOPES, Janice Pereira. **Fragmentações e aproximações entre matemática e física no contexto escolar: problematizando o conceito de função afim**. Dissertação de mestrado, UFSC, 2004.

LÜCK, Heloísa. **Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos**. 9. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

MACHADO, Nilson José. **Matemática e Realidade: análise dos pressupostos filosóficos que fundamentam o ensino da matemática**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1994.

LUDKE, Menga & ANDRÉ, Marli. E. A. D. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, Nilson José. **Epistemologia e didática: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

MARQUES, M. O. **Educação nas ciências: interlocução e complementaridade**. Ijuí: Unijuí, 2002.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Tradução de Maria D. Alexandre e Maria Alice Sampaio Dória. Ed. Revista e modificada pelo autor. 5ª. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

MORIN, Edgar. **Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios**. São Paulo: Cortez, 2002.

Morin, Edgar et al. **Educar na era planetária: o pensamento complexo como método de aprendizagem pelo erro e incerteza humana**. 2. ed. Tradução de Sandra Trabucco Valenzuela. Brasília: Cortez, 2007.

NACARATO, Adair Mendes. A escola como lócus de formação e de aprendizagem: possibilidades e riscos da colaboração. In: FIORENTINI, Dário & NACARATO, Adair Mendes. (orgs.). **Cultura, formação e desenvolvimento profissional de professores que ensinam matemática**. São Paulo: Musa Editora, 2005. (p.175-195).

NARDI, Roberto. A educação em ciências, a pesquisa em ensino de ciências e a formação de professores no Brasil. In: ROSA, Maria Inês Petrucci. (org.). **Formar: encontros e trajetórias com professores de ciências**. São Paulo: Escrituras, 2005. (p. 89-142).

OLIVEIRA, Selma Souza de. **Temas regionais em atividades de geometria: uma proposta na formação continuada de professores de Manaus (AM)**. Dissertação de mestrado, UNESP, 2004.

PENA, Maria de los Dolores J. Interdisciplinaridade: questão de atitude. In: FAZENDA, Ivani C. A. (org.). **Práticas interdisciplinares na escola**. São Paulo: Cortez, 1991. (p.57-64).

PÉREZ, Gil & CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Formação de Professores de ciências**. Tradução de Sandra Valenzuela. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2001. (questões da nossa época).

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PIETROCOLA, Maurício et al. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da matemática no conhecimento científico. In: PIETROCOLA, Maurício. (org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. (p.33-52).

PIMENTA, Selma Garrido. Formação de professor: saberes da docência e identidade do professor. In: FAZENDA, Ivani C. A. (org.). **Didática e interdisciplinaridade**. 7. ed. Campinas: Papirus, 1998. (p.161-178). (coleção práxis).

PIMENTA, Selma G. Professor reflexivo: Construindo uma crítica. In: PIMENTA, Selma G. & GHEDIN, E. (Orgs.). **Professor reflexivo no Brasil: Gênese e crítica de um conceito**. São Paulo: Cortez, 2002.

RAMALHO JÚNIOR et al. **Os fundamentos da física**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 1993.

RIBEIRO, Adelino Antônio da Silva. **A prática do ensino de física e a construção do conhecimento científico: a função epistemológica na transposição didática.** Dissertação de mestrado, UFAM, 2007.

SANTOS, César Sátiro. **Ensino de Ciências: Abordagem Histórico-crítica.** Campinas, SP: Armazém do Ipê (Autores Associados). 2005.

SANTOS, Akiko. Teorias e métodos pedagógicos sob a ótica do pensamento complexo. In: LIBÂNEO, José Carlos e SANTOS, Akiko (orgs.). **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade.** Campinas, SP: Alínea, 2005. (p. 63-82) (coleção educação em debate).

SEVERINO, Antônio Joaquim. O conhecimento pedagógico e a interdisciplinaridade: o saber como intencionalização da prática. In: FAZENDA, Ivani C. A (org). **Didática e interdisciplinaridade.** 7. ed. Campinas: Papirus, 1998. (p. 31-44). (coleção práxis).

SILVA, Djalma Nunes da. **Física: Termologia, óptica e ondulatória,** vol 2. São Paulo: Ática, 1998.

_____. **Física: Mecânica; volume 1.** São Paulo: Ática, 2007.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação.** 11. ed. São Paulo: Cortez, 2002. (coleção temas básicos de pesquisa-ação).

ANEXOS

Anexo 1 – Questionário

Professor, como parte da pesquisa que estou desenvolvendo no Mestrado em Ensino de Ciências na Amazônia – UEA, peço-lhe que responda as questões abaixo. Agradeço desde já sua colaboração.

Graduação:

Pós-Graduação:

Disciplina(s) que leciona:

Responda:

1. Como a disciplina que você leciona se relaciona com as demais disciplinas? Relacione alguns conteúdos e como se dá a conexão. Cite um exemplo.

2. No seu planejamento você dialoga com os professores das demais disciplinas?

() sempre () as vezes () nunca

3. Se a resposta for afirmativa, qual o benefício desse diálogo para o seu planejamento?

4. Qual disciplina possibilita uma maior abertura para as conexões com a disciplina que você leciona?

() Física () Matemática () Biologia () Química () outra

5. O que você entende por interdisciplinaridade?

6. Você já participou de alguma atividade interdisciplinar? Qual? Como foi sua participação?

7. Na sua escola qual (is) o(s) entrave(s) para um efetivo trabalho interdisciplinar?

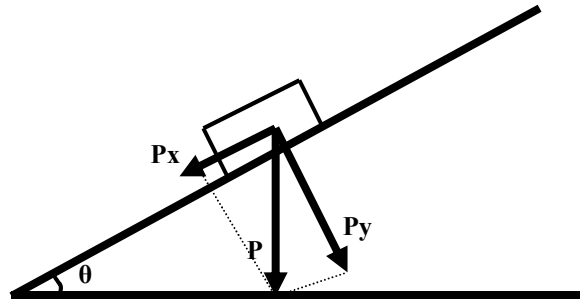
8. Você já participou de alguma formação continuada? Ela focalizou o trabalho interdisciplinar? Descreva como foi.

9. Se você for professor de Física, quais os conteúdos da Matemática que são necessários para um melhor desempenho na sua matéria? Se for professor de Matemática, como trabalhar de forma integrada com a Física?

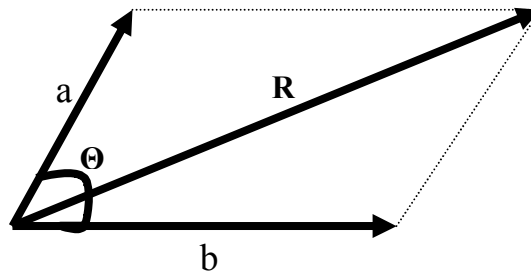
10. Você gostaria de um material pedagógico (livro, manual, etc.) que lhe proporcione uma maior interação entre física e matemática? Por quê?

Anexo 2 – Oficina de integração: Física e Matemática

Atividade 1: de acordo com a figura abaixo, demonstrar que $p_x = p \cdot \sin\theta$ e $p_y = p \cdot \cos\theta$.



Atividade 2: a partir da figura, como mostrar que $R^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cdot \cos \theta$



Anexo 3 – Proposta metodológica para uma ação integrada entre Física e Matemática

Apresentação

Neste manual procura-se inter-relacionar Física e Matemática, visando uma reestruturação pedagógica e reflexiva por parte dos docentes destas disciplinas. No momento em que o ensino fundamental e médio busca uma nova organização, este produto preocupa-se com a interdisciplinaridade de modo que as atividades integradoras potencializem conexões muitas vezes ocultas para os professores destas áreas do conhecimento. Nessa proposta, que possui uma linguagem bastante acessível, os professores são convidados a rever conceitos integradores e conseqüentemente encontrarão subsídios para o enriquecimento de suas aulas, havendo um ganho no processo de ensino e aprendizagem destas disciplinas.

Este manual tem como objetivo principal levar os docentes a uma reflexão teórica, conceitual e epistemológica, buscando evidenciar que há uma grande quantidade de conteúdos do ensino de Física e Matemática que podem ser trabalhados de forma integrada, proporcionando um conhecimento articulado necessário para a superação da visão fragmentada existente no ensino atual.

Buscar-se-á em diversos conteúdos destas áreas do conhecimento conexões necessárias para uma prática que possa envolver os profissionais destas disciplinas de forma reflexiva, contextualizada e articulada. Os tópicos aqui abordados deverão ser objeto de análise tanto do professor de Matemática como de Física. Para a produção deste manual foram analisados livros didáticos de Física e de Matemática, sempre objetivando perceber as aproximações pertinentes destas duas disciplinas e potencializar as conexões possíveis. Em cada atividade integradora serão evidenciados os conteúdos que se articulam, o objetivo da atividade e as orientações metodológicas necessárias para a integração. No final das atividades integradoras, alguns problemas foram trazidos como uma forma dos docentes exercitarem o que está sendo proposto.

Atividades integradoras

Nº 1 – Funções, movimentos e Lei de Hooke

Objetivo: Associar o estudo das funções de primeiro e segundo graus com os movimentos uniforme e uniformemente variado e a lei de Hooke.

Conteúdos: Função do 1º e do 2º graus, movimento uniforme (MU), movimento uniformemente variado (MUV), Lei de Hooke.

Orientações metodológicas:

Na Matemática o estudo das funções começa pela conceituação, passando pelo esboço dos gráficos, obtenção da função a partir de uma tabela de valores, de um gráfico e de uma situação qualquer em que uma grandeza esteja em função de outra. Na Física, pode-se perceber claramente que as funções são bastante aplicadas. A função horária do movimento uniforme é do 1º grau, já função do movimento uniformemente variado é do 2º grau. A lei de Hooke, $F = kx$, pode ser considerada uma função linear onde k é o coeficiente. Há várias outras aplicações das funções na Física que podem e devem ser analisadas pelos professores tendo em vista um trabalho integrado.

A partir de uma função horária que descreve o movimento de um móvel fazer questionamentos de carácter físico e os correspondentes matemáticos. Por exemplo:

- Dada a função horária $s = 20 + 10t$ ($t \rightarrow s$, $s \rightarrow m$), que descreve o movimento de um veículo num determinado referencial. As posições são medidas numa trajetória a partir de um marco zero. Os instantes t são lidos num cronómetro. Determine:
 - a) O espaço inicial.
 - b) A velocidade escalar.
 - c) O tipo de movimento e se é progressivo ou retrógrado.
 - d) O espaço do móvel quando $t = 2s$.
 - e) O instante quando o móvel está na posição cujo espaço é igual a 8m.
 - f) O instante em que o móvel passa pela origem dos espaços (marco zero).

- Com base na função $s = 20 + 10t$; para cada tipo de pergunta acima, faça uma questão matemática.
 - a) Qual o valor de s quando t for zero?
 - b) Qual o valor do coeficiente da variável t ?
 - c) A função é crescente ou decrescente?
 - d) Qual o valor de s quando $t = 2$?
 - e) Qual o valor de t para $s = 8$?
 - f) Qual o valor de t para $s = 0$?

A construção de uma função com base em uma tabela é outra atividade que relaciona essas disciplinas. Por exemplo:

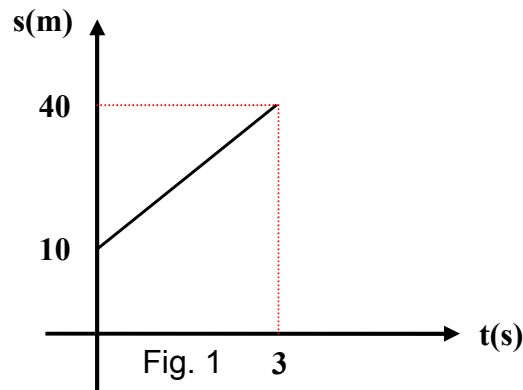
- Dada a tabela abaixo e sabendo que $s = s_0 + vt$, encontre a função horária desse veículo.

t(s)	0	2	4	6	8	10
s(m)	50	100	150	200	250	300

Se houver uma substituição dos valores de t e s na expressão acima, encontrar-se-á os valores de s_0 e v . Faça esta substituição e encontre a função correspondente.

Outra forma de integração pode ser exercitada quando se tem um gráfico e se conhecem dois pontos. Com o uso dos cálculos usados no item dois pode-se chegar na função correspondente ao gráfico. Por exemplo:

- Analise o gráfico da posição (s) de um ponto material dada em função do tempo (t) e usando princípios matemáticos determine a função do movimento desse ponto material.



A partir do gráfico pode ser obter os pontos $(0;10)$ e $(3;40)$, quando eles são substituídos na função $s = s_0 + vt$. Depois das substituições chega-se no sistema: $s_0 = 10$; $3v + s_0 = 40$. Onde se conclui que $v = 10\text{m/s}$.

Além da resolução exposta acima, há pelo menos duas formas diferentes de se resolver o problema. Pode-se usar a relação $(y - y_0) = \alpha(x - x_0)$, onde α representa o coeficiente angular da reta e y_0 e x_0 são as coordenadas de um ponto da reta e pode-se ainda usar o conceito de determinante para se chegar a função representada pelo gráfico acima.

Ainda sobre função do 1º grau, há algumas questões onde se utilizam sistemas de equações do 1º grau. Como no exemplo que segue:

- Dois automóveis A e B se movimentam em velocidade constante. Suas posições, S_a e S_b , são dadas pelas seguintes equações matemáticas: $s_a = t - 1$ e $s_b = 2 - t$, em que t indica um instante de tempo qualquer. Resolva o sistema de equações e determine o tempo que os corpos A e B demoram a se encontrar e a posição em que estarão quando se encontrarem. Esse sistema é resolvido por comparação, uma vez que no momento do encontro $s_a = s_b$.

Na mesma perspectiva da relação entre função do 1º grau e MU, pode se articular a função quadrática com o MUV. Veja o exemplo a seguir:

- Um veículo inicia o movimento a partir do espaço -12m , com velocidade inicial de 7m/s e aceleração constante de -2m/s^2 . Em quanto tempo a trajetória mudará de sentido? Substituindo os valores na função $s = s_0 + V_{0t} + \frac{\alpha t^2}{2}$ ter-se-á $s = -t^2 + 7t - 12$. Para a função acima basta encontrar o ponto de máximo

(vértice da parábola) e analisar a coordenada (x_v), que no caso é dado pela fórmula $x_v = \frac{-b}{2a}$. O estudo do ponto de máximo e de mínimo é de grande importância para a resolução de atividades oriundas do MUV.

Nº 2 – Gráficos e movimentos

Objetivo: Relacionar os gráficos estudados na Matemática com os tipos de movimentos analisados na Física.

Conteúdos: Tipos de movimentos e análise de gráficos.

Orientações metodológicas:

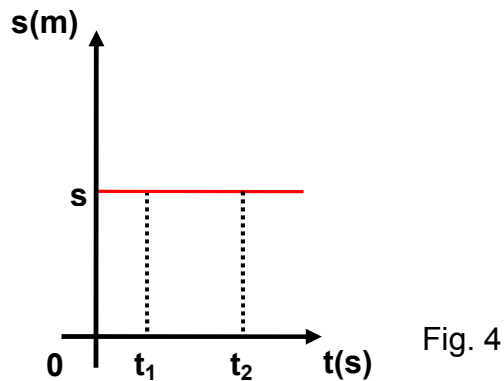
Em se tratando da análise de gráficos a Matemática possibilita a aquisição de diversas informações tais como: se a função é do 1º ou do 2º grau; o domínio e o conjunto imagem da função; os pontos onde o gráfico intercepta os eixos x e y; os intervalos para os quais o valor da função é positivo ou negativo; quando do primeiro grau se a função é afim, linear ou constante; se as funções são crescentes ou decrescentes; quando do segundo grau o valor máximo ou mínimo que a função atinge.

Em relação ao movimento uniforme quando os eixos são (s x t) o gráfico pode determinar a posição inicial (s_0), se ele é progressivo ($v > 0$), retrógrado ($v < 0$) ou se o móvel está parado. Quando o gráfico é (v x t), também pode concluir se o movimento é progressivo (velocidade constante maior que zero) ou retrógrado (velocidade constante menor que zero). Quando o movimento é uniformemente variado o gráfico determina se a aceleração é positiva (concavidade da parábola para cima) ou negativa (concavidade da parábola para baixo). Em uma parábola pode se analisar duas situações em relação a concavidade: quando ($\alpha > 0$), concavidade para cima, observa-se que até o vértice da parábola a velocidade é menor que zero ($v < 0$), movimento retardado retrógrado, no vértice o móvel muda de sentido, agora a velocidade é maior que zero ($v > 0$) e o movimento é acelerado progressivo. Quando ($\alpha < 0$), concavidade para baixo, tem-se que até o vértice da parábola a velocidade escalar é positiva ($v > 0$), portanto o movimento é retardado progressivo; no vértice a velocidade muda de sentido e fica menor que zero ($v < 0$) e o movimento passa a ser acelerado retrógrado. Como se pode observar uma boa análise nos gráficos pode proporcionar um maior e melhor conhecimento sobre os

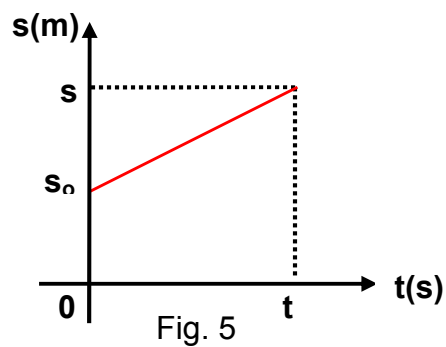
movimentos uniforme e uniformemente variado, além de outros conteúdos da Física que necessitem de tais conhecimentos.

Com base na análise de gráficos pode-se pedir:

- Que os alunos traduzam as informações no campo físico e matemático. Por exemplo: que informações podem ser retiradas da figura 4 abaixo.



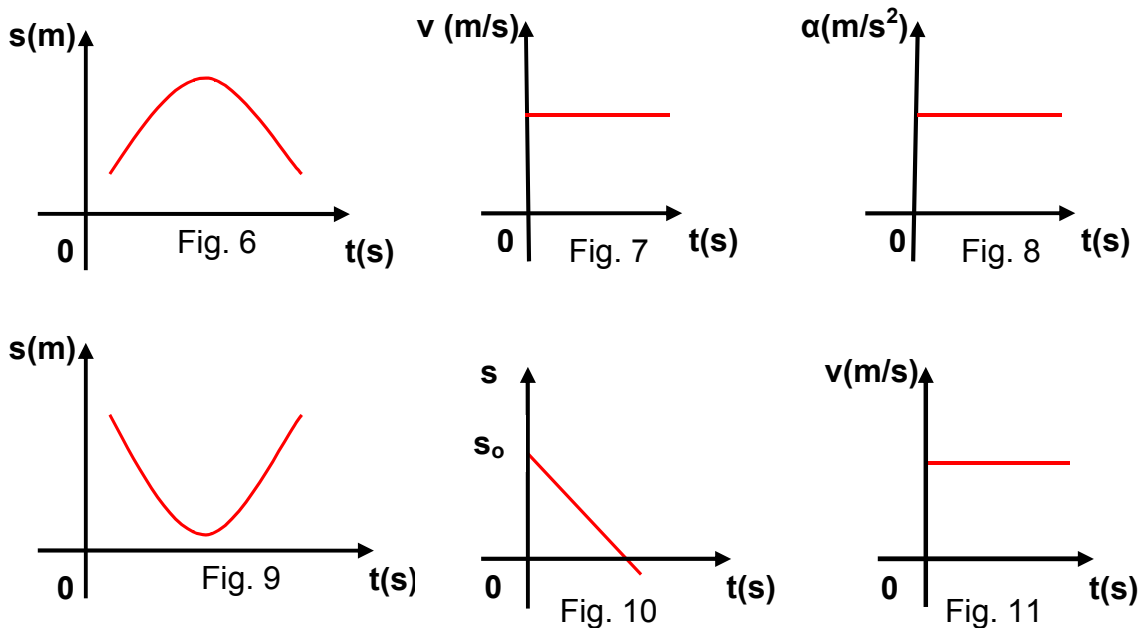
- Que os alunos associem o gráfico com informações de cunho físico e matemático. Por exemplo: qual (is) informação (ões) corresponde(m) ao gráfico de figura 5.



- Na figura 5, pensando matematicamente tem-se uma função constante e analisando fisicamente vê-se um corpo em repouso, pois seu espaço é constante com o tempo ().
- Na figura 5 tem-se uma função do 1º grau afim crescente que representa fisicamente um movimento progressivo, pois a velocidade é maior que zero ().

- c) Na figura 5 tem-se uma função do 1º grau afim decrescente e um movimento retrógrado ().
- d) Na figura 5 tem-se uma função crescente e fisicamente representa o movimento de um móvel que partiu da origem ().

Os gráficos abaixo podem ser usados para exercitar o que foi abordado anteriormente.



Nº 3 – Áreas e gráficos de movimentos

Objetivo: Verificar a relação entre gráficos de movimentos e áreas das figuras planas.

Conteúdos: análise de gráficos de movimentos e áreas.

Orientações metodológicas:

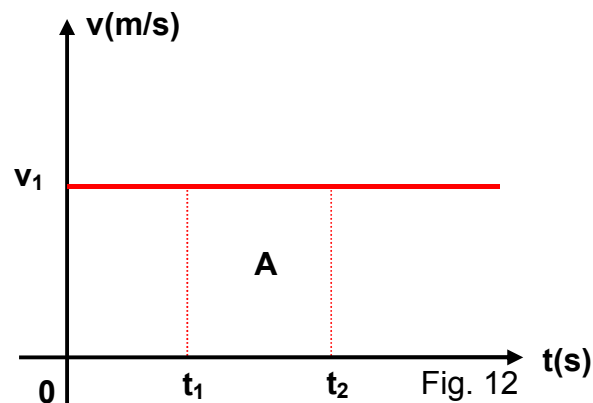
Ainda no ensino fundamental os alunos trabalham com o cálculo da área das principais figuras planas. Retângulo, quadrado, triângulo, paralelogramo, losango, trapézio, círculo, etc. são as mais estudadas. Nesse contexto surgem diversas fórmulas que podem ser obtidas por construções dos próprios alunos.

Em vários tópicos da Física percebe-se a necessidade do trabalho com áreas. Na dilatação superficial, no cálculo da pressão exercida por uma força F em uma

superfície e também nos movimentos uniforme e uniformemente variado. Sendo este último objeto da relação desejada.

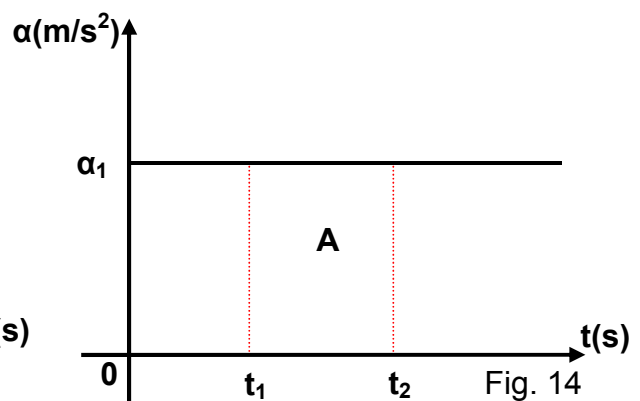
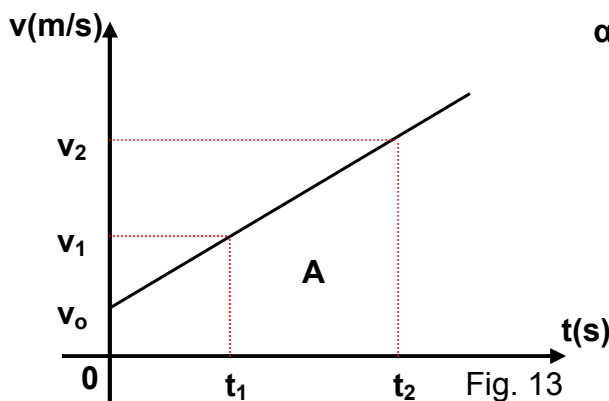
Há uma importante relação entre o deslocamento e áreas das figuras planas. Quando o gráfico é da velocidade em função do tempo ($v \times t$), encontra-se o deslocamento (Δs) no MU e no MUV. Se o gráfico for ($\alpha \times t$), a área representa a Variação de velocidade (Δv). O grande trabalho dos professores nesta atividade é fazer com que os alunos compreendam que área sob o gráfico dependendo das coordenadas pode representar o deslocamento ou a variação de velocidade. Por exemplo:

- Demonstrar a partir da figura 12, que representa o movimento uniforme, que o deslocamento no intervalo de tempo t_1 e t_2 é numericamente igual à área do retângulo.



$V_1 = \Delta s / \Delta t$, logo $\Delta s = \Delta t \cdot V_1$, mas $\Delta t = t_2 - t_1$, portanto, $\Delta s = (t_2 - t_1) \cdot V_1 = A$.

As figuras 13 e 14 podem ser usadas para demonstrar que: Na figura 13 a área A, delimitada pelo trapézio, é igual ao módulo do deslocamento do móvel entre os instantes considerados e na figura 14 área A do retângulo mede a variação de velocidade entre os tempos considerados.



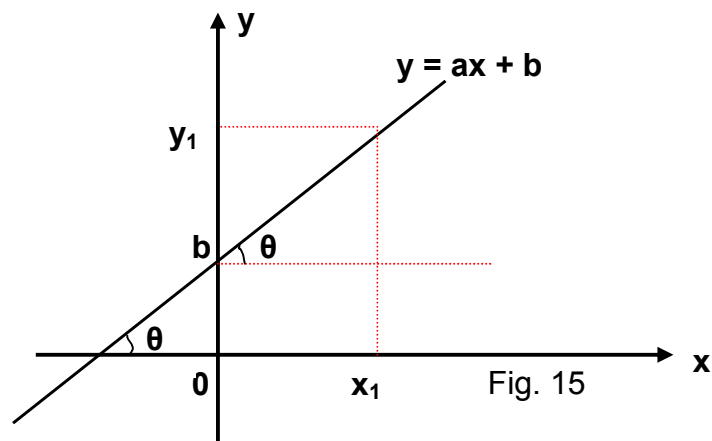
Nº 4 – Geometria analítica, trigonometria e velocidade

Objetivo: Perceber a relação entre a tangente de um ângulo qualquer, o coeficiente angular de uma reta e o valor da velocidade de um móvel.

Conteúdos integrados: coeficiente angular, relação trigonométrica e velocidade de um movimento.

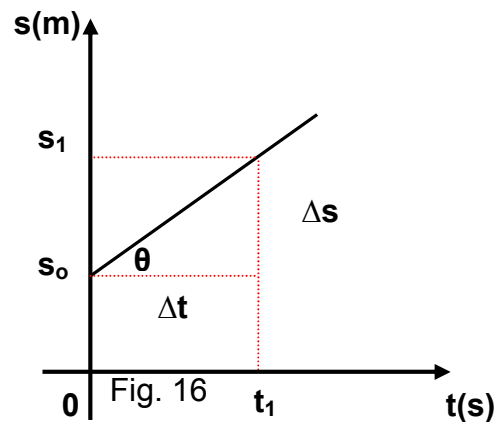
Orientações metodológicas:

Na função do 1º grau $y = ax + b$, representada pelo gráfico da figura 15, o número real a é chamado coeficiente angular ou declividade da reta representada no plano cartesiano. O coeficiente angular a está associado ao ângulo θ da direção da reta com o eixo x . O coeficiente angular é numericamente igual à tangente trigonométrica do ângulo entre a direção da reta e a do eixo x , ou seja, $\text{tg } \theta = a$. Se a função $y = ax + b$ é crescente, o coeficiente angular a é positivo e a $\text{tg } \theta$ é positiva. Se a função for decrescente, o coeficiente angular é negativo e a $\text{tg } \theta$ é negativa. A partir na análise feita, chega-se à conclusão que a função horária $s = f(t)$ do movimento uniforme é uma função do 1º grau em t , onde o coeficiente angular é a própria velocidade do movimento.



O ideal é que os alunos percebam que a inclinação da reta, coeficiente angular, é igual a tangente do ângulo θ e conseqüentemente igual a velocidade do móvel a partir dos conceitos envolvidos. Usar a demonstração para uma melhor compreensão, por exemplo:

- Demonstrar a partir da figura 16 que a tangente do ângulo θ é igual a velocidade do móvel.



Segundo o gráfico da (Fig. 16) a tangente de θ é igual ao quociente entre a variação de espaço (Δs) e a variação de tempo (Δt), mas esse quociente também representa a velocidade média no intervalo de tempo determinado. Logo conclui-se que a tangente de θ é igual a velocidade escalar média do objeto móvel.

Nº 5 – Geometria, trigonometria e plano inclinado

Objetivo: Destacar a importância do conhecimento geométrico e trigonométrico na compreensão das relações envolvidas no fenômeno estudado do plano inclinado.

Conteúdos integrados: semelhança de triângulos, razões trigonométricas e plano inclinado.

Orientações metodológicas:

Quando se quer levar alguns objetos de um lugar qualquer para um local mais baixo com maior rapidez e sem muito esforço é comum o uso de uma rampa. Na Física essa idéia é sistematizada quando se estuda o plano inclinado. É comum o uso da figura 18 e o surgimento das relações que envolvem p_x , p_y , p e θ .

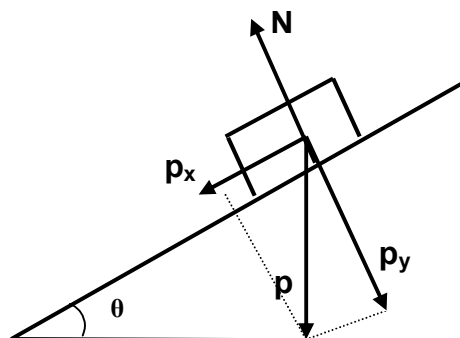
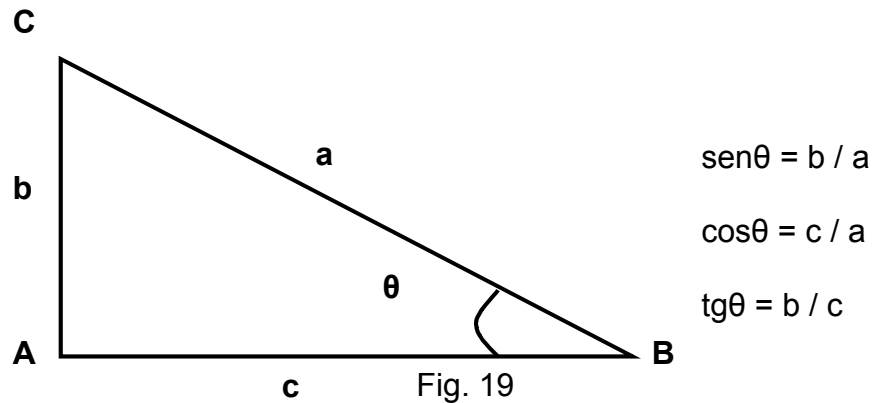


Fig. 18

Na Matemática as conexões entre geometria e trigonometria são grandes. As razões trigonométricas seno, cosseno e tangente são definidas a partir de um triângulo retângulo como mostra a figura 19.



Da mesma forma a lei dos senos e a lei dos cossenos são demonstradas a partir de triângulos. As razões trigonométricas possuem um amplo campo de aplicações e a física é um deles; são diversos os tópicos que abordam os conceitos matemáticos.

O plano inclinado é um conteúdo da Física que é pouco compreendido devido a uma explicação que descarta a atividade Matemática. Na análise da atividade docente e também nos livros didáticos ficou evidente que geometria e trigonometria são deixadas de lado quando se estuda o tema em questão. O desenho da figura 18 acima sempre aparece quando se estuda tal assunto, mas quase sempre não se dá explicações devidas. Quando se estuda esse tema, quase não se demonstra a partir do desenho da Fig. 18 as implicações matemáticas que levam os professores a informar que $p_x = p \cdot \sin \theta$ e $p_y = p \cdot \cos \theta$. A Matemática não deve ser desprezada em tal explicação, pois talvez seja a única forma possível para uma real compreensão das relações que aparecem.

Na maioria dos casos os professores jogam as fórmulas para os alunos utilizarem sem as demonstrações necessárias. Muitos nem se questionam se precisam ou não desse trabalho, já alguns acham que não adianta tal explicação, pois os docentes não irão compreender. A compreensão do fenômeno físico e a utilização dos conceitos matemáticos são de grande importância para a instrumentalização dos alunos nessas duas disciplinas.

O primeiro passo é demonstrar, usando a geometria, a congruência entre os dois ângulos conforme a figura 20. Por exemplo:

- Demonstre a partir da (Fig. 20) que os ângulos θ (CAD) e θ_1 (BCD) são congruentes. Sabendo que o triângulo ACB é reto em C e que o segmento CD é a altura relativa à hipotenusa AB.
- A partir da demonstração anterior e usando θ_1 que é igual a θ ; verificar usando as razões trigonométrica que $p_x = p \cdot \text{sen}\theta$ e $p_y = p \cdot \text{cos}\theta$.

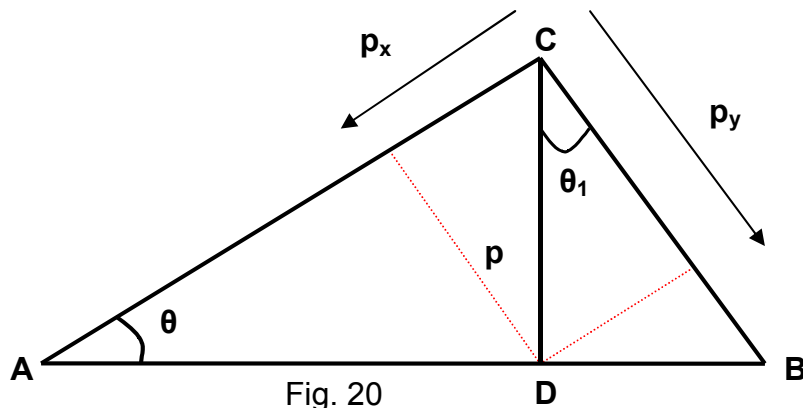


Fig. 20

A explicação envolvendo a trigonometria no plano inclinado serve para outros contextos da Física como mostra a figura 21, pois, para se calcular a pressão média referente a uma força não perpendicular à superfície, determina-se antes o componente perpendicular. Logo $F_1 = F \cdot \text{sen } \theta$, como $P = \frac{F}{A}$, tem-se que $P =$

$$\frac{(F \cdot \text{sen } \theta)}{A}.$$

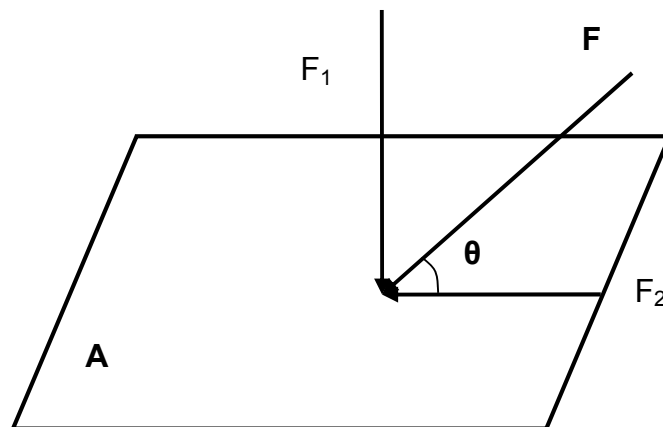
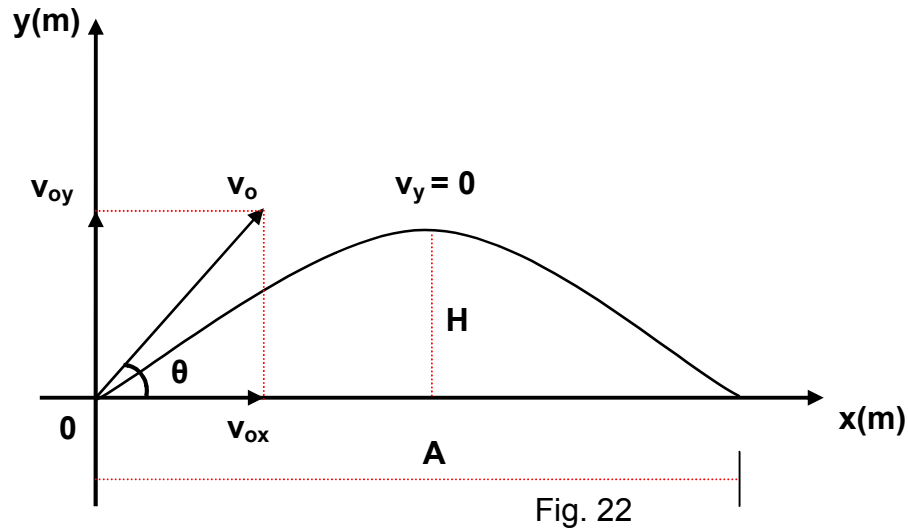


Fig. 21

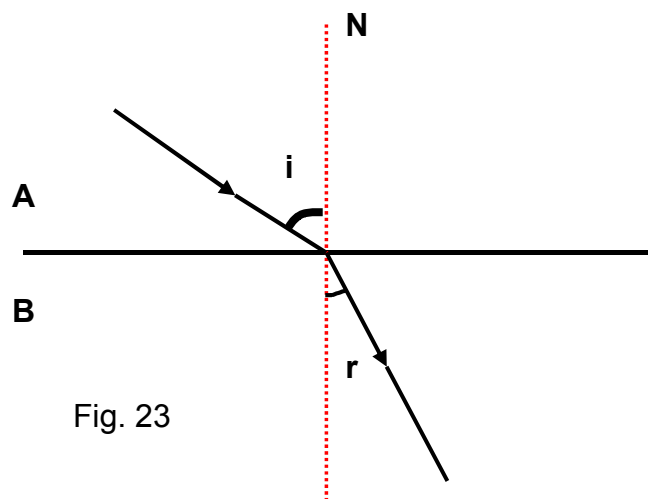
O lançamento oblíquo no vácuo é outro tópico da Física que utiliza as relações trigonométricas, podendo também ser utilizado como fator de integração entre Física e Matemática. Quando um corpo é lançado com velocidade V_0 numa

direção que forma com a horizontal um ângulo θ , como mostra a figura 22 as componentes da velocidade nos eixos x e y são expressas por: $V_{oy} = v_o \cdot \text{sen}\theta$ e $V_{ox} = v_o \cdot \text{cos}\theta$.



Ainda falando da trigonometria articulada à Física, pode-se relacionar ao estudo da refração da luz. Segundo Silva (1998), o matemático e astrônomo holandês Willerbord Snell (1591-1626) formulou a relação matemática entre os ângulos de incidência e de refração da luz e René Descartes (1596-1650), filósofo e matemático francês, publicou essa relação na forma que é usada ainda hoje. A lei de Snell-Descartes diz que quando um raio luminoso passa de um meio **A**, com um índice de refração n_1 , para um meio **B**, com índice de refração n_2 conforme indica a figura 23. Ele incide segundo um ângulo i e é refratado segundo um ângulo r ; vale a

seguinte relação: $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n_2}{n_1}$ ou $\text{sen } i \cdot n_1 = \text{sen } r \cdot n_2$.



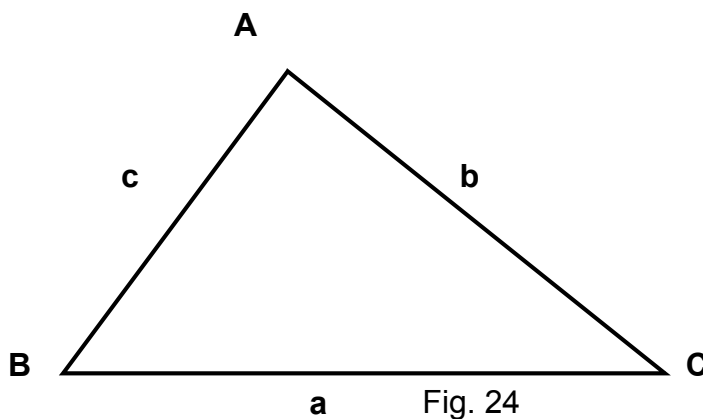
Nº 6 – Trigonometria e cálculo vetorial

Objetivo: compreender que a resultante das forças aplicadas em um corpo é obtida através da lei dos cossenos.

Conteúdos integrados: trigonometria e determinação do vetor resultante.

Orientações metodológicas:

Na Matemática a lei dos cossenos diz que em qualquer triângulo, o quadrado da medida de um lado é igual à soma dos quadrados das medidas dos outros dois lados menos duas vezes o produto das medidas desses lados pelo cosseno do ângulo que eles formam. Conforme a figura 24 tem-se:



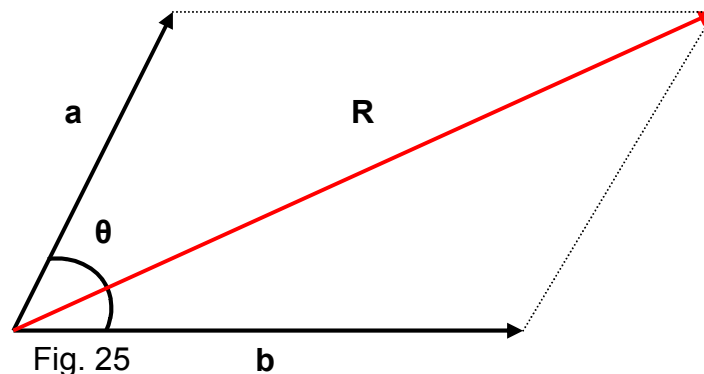
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos A$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos B$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos C$$

A lei dos cossenos não se limita a estudar somente os triângulos; ela é aplicada em áreas como a Engenharia Civil, Topologia e na Física como será visto.

Na Física, quando se quer calcular a resultante das forças aplicadas em um corpo usa-se a regra do paralelogramo conforme a figura 25 abaixo.



Sem as explicações matemáticas devidas e usando-se de forma implícita a lei dos cossenos os professores surgem com a fórmula $R^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cdot \cos \theta$. “A bem da verdade, poucos professores de Física citam a lei dos cossenos, preferindo ensinar tal fórmula como cálculo do módulo do vetor resultante ou apenas vetor resultante” (DANTE, 2004, p.25). Para o referido autor esses dois tópicos é mais um exemplo de conteúdos que podem ser utilizados de forma integrada entre essas duas disciplinas. Vale ressaltar que, na Matemática, a lei dos cossenos aparece com o sinal de menos (-), como observado na figura 24, logo matematicamente, a fórmula seria, por exemplo: $R^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \theta$.

Descobrir o porquê da troca de sinal nas duas fórmulas e como a lei dos cossenos é utilizada na expressão da Física é uma excelente atividade de integração. O primeiro passo é transladar o vetor a de modo que sua origem coincida com a extremidade do vetor b . Em seguida verificar, usando retas paralelas e uma transversal, a congruência entre os ângulos θ e θ_1 da figura 26.

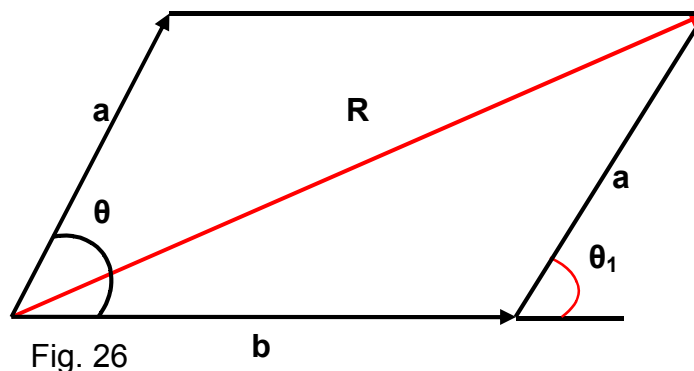


Fig. 26

O ângulo θ é o ângulo entre os dois vetores que serão somados para se obter o vetor resultante R . Olhando a mesma situação do ponto de vista matemático, a , b e R não formam um triângulo. Fazendo o traslado percebe-se a congruência entre os ângulos θ e θ_1 , pois o segundo é correspondente ao primeiro.

Usando o ângulo suplementar de θ , ou seja, $(180 - \theta)$ consegue-se um triângulo, como mostra a figura 27, e, por conseqüência, pode-se usar a lei dos cossenos.

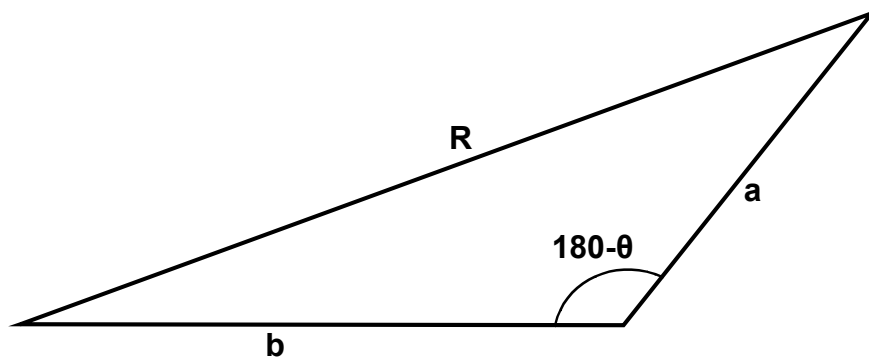


Fig. 27

Assim, pela lei dos cossenos tem-se: $R^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos(180 - \theta)$.

Usando o ciclo trigonométrico conforme a figura 28 é simples verificar que $\cos(180 - \theta) = -\cos \theta$.

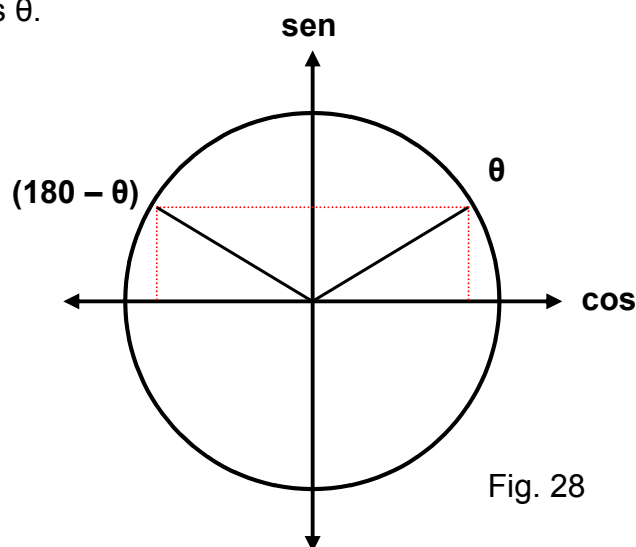


Fig. 28

Observando a figura 28, que é uma representação do ciclo trigonométrico, fica claro que $\sin(180 - \theta) = \sin \theta$ e $\cos(180 - \theta) = -\cos \theta$. Depois de observada a relação poder-se reescrever essa fórmula $R^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot (-\cos \theta)$, chegando na fórmula usada na Física. Como diz Dante (2004): “é a mesma fórmula, apenas o ângulo que interessa à Física não é o mesmo que se usaria na Matemática” (p. 25).

Outra idéia interessante é fazer a verificação da força resultante quando as duas forças envolvidas são perpendiculares. Que relação pode ser percebida?

Nº 7 – Geometria e termologia

Objetivo: Mostrar a Relação entre o teorema de Tales e as fórmulas de transformações das escalas termométricas.

Conteúdos integrados: teorema de Tales e escalas termométricas.

Orientações metodológicas:

Quando se estuda na Física a termologia, compreende-se que a temperatura é uma grandeza que expressa o grau de agitação das moléculas de um corpo e que há algumas escalas termométricas responsáveis por essa medição. As escalas utilizadas atualmente são: Celsius, Fahrenheit e Kelvin; às vezes, é necessário transformar uma indicação de temperatura de uma escala para outra, surgindo as relações do tipo: $C = \frac{5(F-32)}{9}$; $K = 273 + C$ e $\frac{(K-273)}{5} = \frac{(F-32)}{9}$. Quase sempre nos livros didáticos aparecem desenhos como o da figura 29 abaixo. Na seqüência surgem as fórmulas destacadas acima; novamente sem nenhuma relação com os princípios matemáticos necessários para uma boa compreensão.

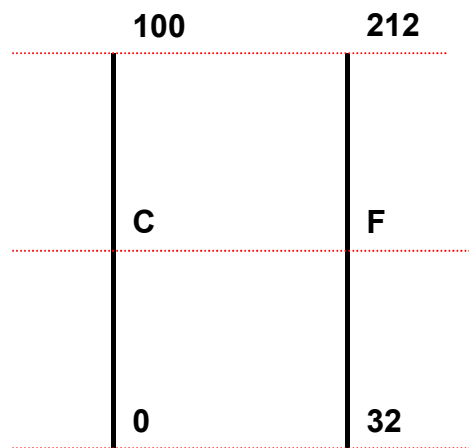


Fig. 29

O teorema de Tales é estudado na Matemática ainda no ensino fundamental e seu enunciado diz que se duas retas são transversais de um feixe de retas paralelas, então a razão entre dois segmentos quaisquer de uma delas é igual à razão entre os respectivos segmentos correspondentes da outra. Conforme a figura 30 tem-se:

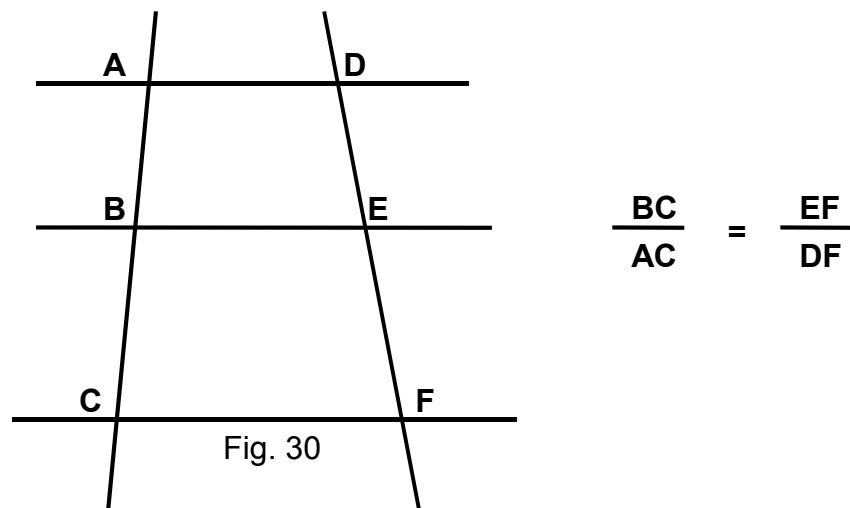


Fig. 30

Observando as figuras 29 e 30, percebe-se a relação entre os esquemas e que as relações trabalhadas na Física são oriundas da proporcionalidade destacada no teorema de Tales.

A partir da figura 31, abaixo, e utilizando o teorema de Tales demonstre as relações de transformações entre as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

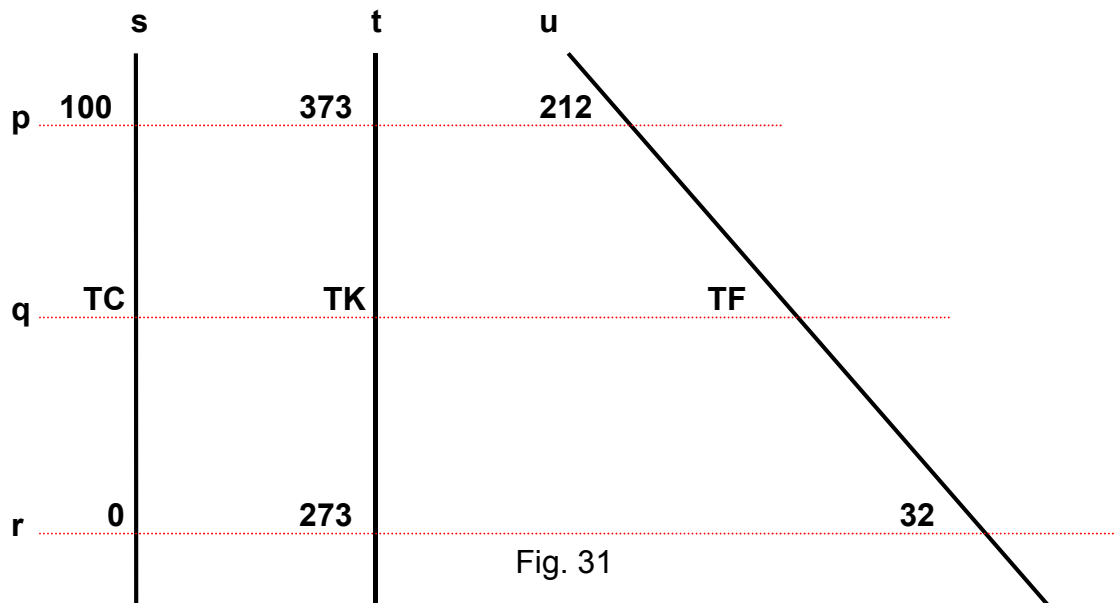


Fig. 31

Considerando-se três retas paralelas p, q e r, cortadas por duas ou mais transversais às retas s, t e u. Diz-se que dois segmentos das transversais são correspondentes quando seus extremos pertencem às mesmas paralelas. Por exemplo: (100 - TC), (373 - TK) e (212 - TF) são correspondentes, pois seus extremos pertencem às mesmas paralelas p e q; da mesma forma, são correspondentes (100 - 0), (373 - 273) e (212 - 32). Tales demonstrou que a razão entre dois segmentos de uma mesma transversal é igual à razão entre os segmentos correspondentes na outra transversal, isto é:

$$\frac{(Tc-0)}{(100-0)} = \frac{(TK-273)}{(373-273)}$$
 Assim pode-se,

de diversas formas, demonstrar as relações da termometria aproveitando para relembrar o teorema de Tales. Essa conexão favorece o entendimento e a construção das fórmulas por parte dos alunos. Vale ressaltar que este esquema pode ser generalizado para qualquer escala termométrica, desde que se conheça o ponto de fusão e de ebulição da escala.

A partir do teorema de Tales pode-se pedir que os alunos encontrem a relação entre duas escalas quaisquer. Como por exemplo:

- O ponto de gelo e o ponto de vapor numa determinada escala A são dados por $40^{\circ}A$ e $440^{\circ}A$, respectivamente. Esses mesmos pontos numa escala B correspondem a $50^{\circ}B$ e $550^{\circ}B$. Que relação existe entre as indicações dessas duas escalas?

Nº 8 – Geometria e óptica

Objetivo: Evidenciar a presença da semelhança de triângulos na relação entre elementos estudados na câmara escura.

Conteúdos integrados: semelhança de triângulos e câmara escura de orifício.

Orientações metodológicas:

A Câmara escura de orifício, segundo Ramalho Junior et al (1993), é uma caixa de paredes opacas, possuindo uma delas um pequeno orifício. Se um objeto luminoso ou iluminado for colocado em frente à câmara, os raios de luz que partem do objeto atravessam o orifício e determinam na parede oposta ao orifício uma imagem semelhante ao objeto e invertida. A relação entre a altura do objeto, a altura da imagem, à distância do objeto à câmara e o comprimento da câmara é obtida pela semelhança de triângulos.

Na Matemática diz-se que dois triângulos são semelhantes quando possuem os três ângulos e os três lados correspondentes. Há alguns casos que possibilitam a conclusão da congruência entre dois triângulos. Em um deles diz que se uma reta é paralela a um dos lados de um triângulo e intercepta os outros dois em pontos distintos, então o triângulo que ela determina é semelhante ao primeiro. Logo conforme a figura 32, abaixo, os triângulos ADE e ABC são semelhantes.

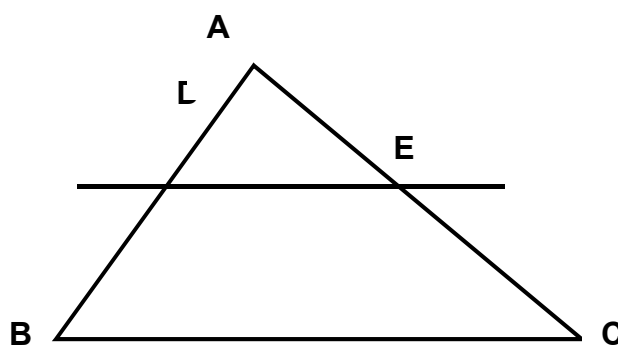


Fig. 32

A idéia é comprovar a semelhança a partir de um esquema e posteriormente usando a proporcionalidade chegar à relação desejada. Como por exemplo:

- Demonstrar a partir da figura 33 a semelhança entre os triângulos. Em seguida obter a relação $\frac{m}{n} = \frac{a}{b}$.

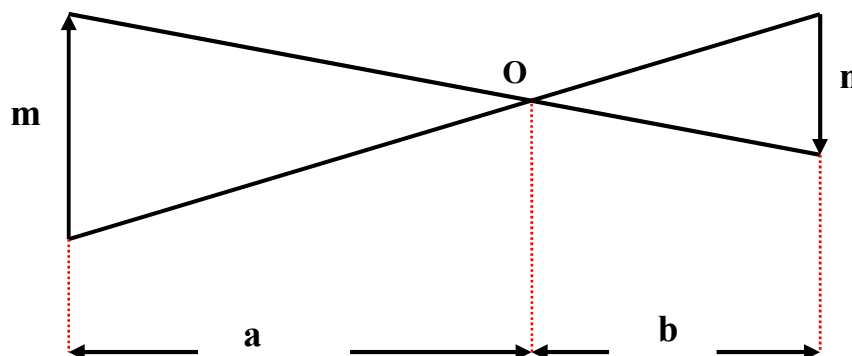


Fig. 33

Os dois triângulos da figura 33 são semelhantes, pois as medidas dos ângulos correspondentes são iguais, logo há sempre igualdade das razões entre segmentos correspondentes, portanto a relação entre **m**, altura do objeto (base do triângulo maior); **n**, altura da imagem (base do triângulo menor); **a**, distância do objeto à câmara (altura do triângulo maior) e **b**, comprimento da câmara (altura do triângulo menor) pode ser aplicada como segue: $\frac{m}{n} = \frac{a}{b}$.

A semelhança pode também ser usada em outras questões como, por exemplo:

- Uma fonte puntiforme ilumina um disco metálico de raio 10cm. A fonte e o centro do disco pertencem a uma reta perpendicular a um anteparo. Sabendo-se que a distância da fonte ao disco é de 20cm e do disco ao anteparo é de 50cm, determine o raio da sombra do disco projetada no anteparo.

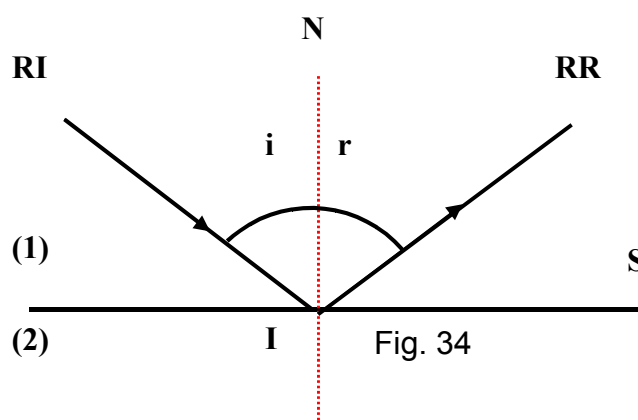
Nº 9 – Geometria e óptica

Objetivo: Mostrar que o fenômeno de reflexão da luz é mais bem compreendido quando se tem uma boa fundamentação em relação ao estudo dos ângulos.

Conteúdos integrados: ângulos e reflexão da luz.

Orientações metodológicas:

No estudo da reflexão da luz é importante destacar que o raio refletido, a normal e o raio incidente são coplanares e que o ângulo de reflexão é congruente ao ângulo de incidência como mostra a figura 34. Ou seja, $i = r$.



O estudo dos ângulos é de grande importância para a compreensão de contextos de diversas áreas. Ângulos formados por duas paralelas e uma transversal, soma dos ângulos internos de um triângulo, semelhança, congruência, lei dos senos e lei dos cossenos são alguns dos tópicos da Matemática que utilizam os conceitos referentes a ângulos. Os problemas ligados a Física que são estudados envolvendo esse tema necessitam de muitos conhecimentos geométricos. Neste caso, os professores devem se permitir caminhar pelos campos da geometria euclidiana. Usar exercício onde se perceba a influência do conhecimento relacionado a ângulos. Por exemplo:

- O dispositivo óptico representado na figura 35 é constituído de dois espelhos planos, que formam entre si um ângulo de 45° . O raio incidente no espelho 1 é refletido, indo atingir o espelho 2. Determine o ângulo que o raio refletido pelo espelho 2 forma com o raio incidente no espelho 1.

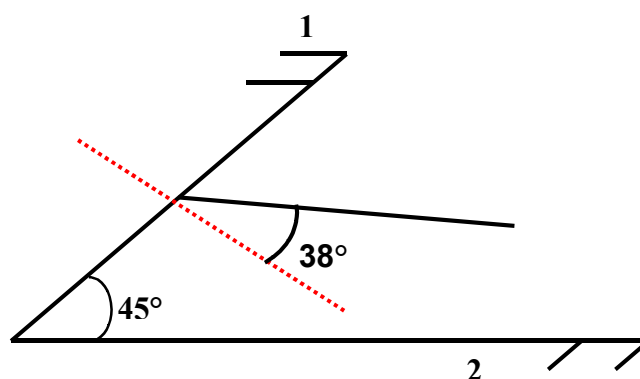


Fig. 35

Usando os conhecimentos sobre reflexão da luz e soma dos ângulos interno de um triângulo, chega-se à resposta de 90° . Buscar atividades onde se possa perceber a presença de mais de um conceito matemático. Como por exemplo:

- Na figura 36, abaixo, E representa um espelho plano perpendicular ao plano da figura. Um raio de luz passa pelo ponto A, atinge o espelho em P, reflete-se e passa pelo ponto B. Calcule a distância x assinalada na figura e o ângulo θ .

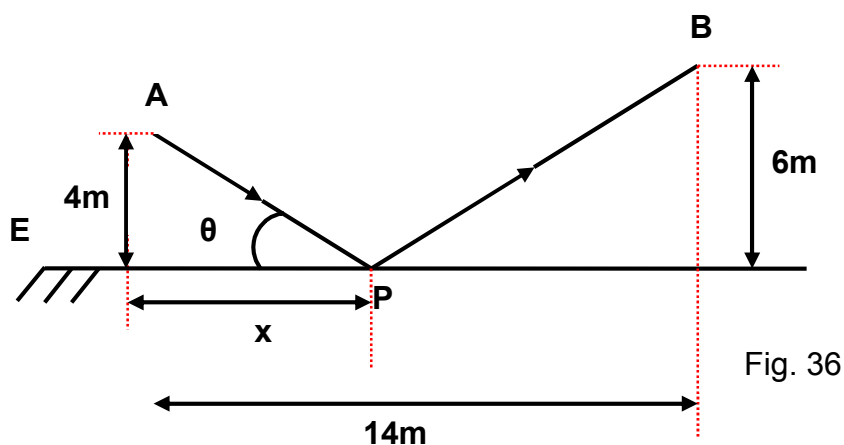


Fig. 36

De acordo com as leis da reflexão, o raio incidente e o raio refletido são congruentes. Portanto, os dois triângulos da figura 36 são semelhantes. Usando a proporcionalidade entre os lados correspondentes e a razão trigonométrica tangente, pode-se calcular o valor de x e de θ . ($x = 5,6\text{m}$ e $\theta = 36^\circ$).

Nº 10 – Grandezas e fenômenos físicos

Objetivo: Identificar grandezas diretamente e inversamente proporcionais nos fenômenos físicos.

Conteúdos integrados: fenômenos físicos e grandezas diretamente e inversamente proporcionais.

Orientações metodológicas:

No ensino fundamental em Matemática estuda-se as grandezas diretamente e inversamente proporcionais. Devido à praticidade deste conteúdo ele deve ser explorado de modo que os alunos possam compreender esses conceitos, percebê-los e aplicá-los nos mais diversos contextos.

A Física trabalha com vários tipos de grandezas, mas pouca importância é dada à articulação com a Matemática. Govone e Longen (2001) trazem uma importante contribuição, no que diz respeito ao estudo das grandezas diretamente e inversamente proporcionais. Eles usam a segunda lei de Newton, representada pela fórmula, $F_r = m \cdot a$ para destacar que F_r é diretamente proporcional à aceleração a , sendo a massa m constante. Eles chegam à conclusão que toda função linear representa duas grandezas diretamente proporcionais ou valores que são diretamente proporcionais.

Para analisar as grandezas inversamente proporcionais os dois destacam a relação entre pressão e superfície com a fórmula $P = \frac{F}{A}$, onde P é a pressão exercida na superfície; F é a força aplicada na superfície e A é a área de contato entre o corpo e a superfície. Quanto menor for a área de contato entre o corpo e a superfície, maior será a pressão na superfície e vice-versa. Isso explica porque um prego tem uma ponta mais fina que a outra.

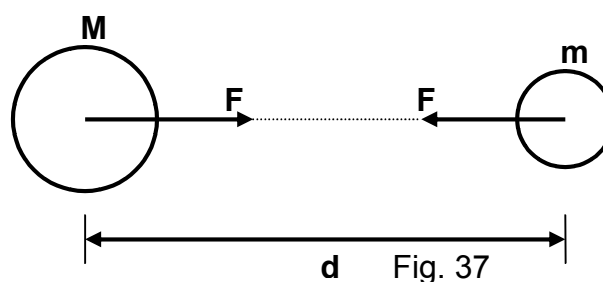
As atividades que relacionam esses tópicos podem surgir a partir de questionamentos como:

- O que acontece com a força resultante (F_r) sobre um objeto de massa (m) que se move com aceleração (α) se a aceleração dobrar, triplicar, etc. e vice-versa.

- O que acontece com a pressão exercida por uma força (F) sobre uma superfície (A) se a superfície dobrar, triplicar, reduzir pela metade, reduzir a sua terça parte, etc. e vice-versa.

Essa atividade pode potencializar mais relações se for trabalhada a construção de gráficos dessas grandezas.

Outros fenômenos físicos podem ser observados sob a ótica da proporcionalidade. Um fenômeno que pode trabalhar os dois tipos de grandezas é o da gravitação universal que declara ser a força F diretamente proporcional ao produto das massas Mm e inversamente proporcional ao quadrado da distancia (d^2) dos centros destes corpos de massa M e m como mostra a figura 37. A fórmula matemática que explica esta lei é: $F = \frac{G.(Mm)}{d^2}$. As mesmas questões anteriores podem ser abordadas.



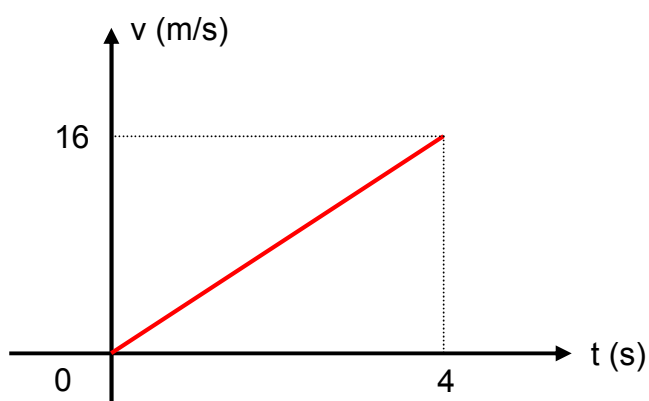
Depois de analisadas diversas formas de integração entre Física e Matemática serão apresentadas algumas atividades complementares, buscando exercitar ainda mais tudo o que foi exposto, sempre objetivando mostrar que o conhecimento matemático é fundamental para uma boa instrumentação em Física e que os fenômenos físicos são uma grande porta de aplicação da Matemática. Esse manual não tem como objetivo mostrar todas as conexões possíveis entre essas duas disciplinas, mas a partir das relações evidenciadas nas atividades integradoras, levar os professores dessas áreas a uma reflexão de suas práticas e ampliação do que foi exposto. Tudo o que foi apresentado é uma pequena parte do vasto campo integrador destas ciências.

Atividades complementares

Atividade 1: Dadas as funções horárias abaixo, determine o espaço inicial e a velocidade escalar no (SI) e classifique o movimento em progressivo ou retrógrado. Diga se a função é crescente ou decrescente e determine o coeficiente angular da cada uma delas.

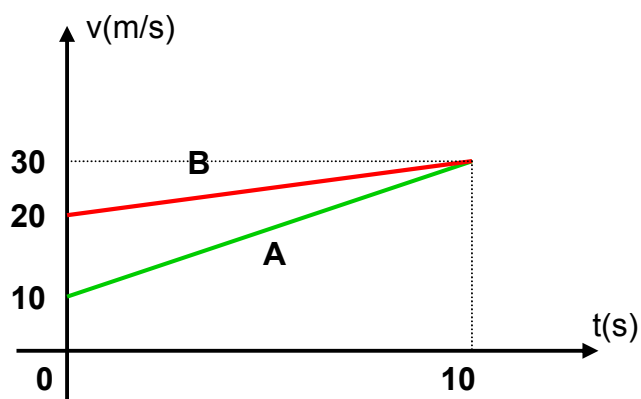
a) $s = 10 + 2t$ b) $s = 20 - 5t$ c) $s = -50 + 3t$ d) $s = -70 - 4t$ e) $s = 8t$ f) $s = -6t$

Atividade 2: A partir do gráfico da velocidade em função do tempo. Determine:



- a) A aceleração escalar do movimento (tangente do ângulo formado pelo gráfico com o eixo t)
 b) A variação de espaço entre 0 s e 4 s. (área do triângulo).

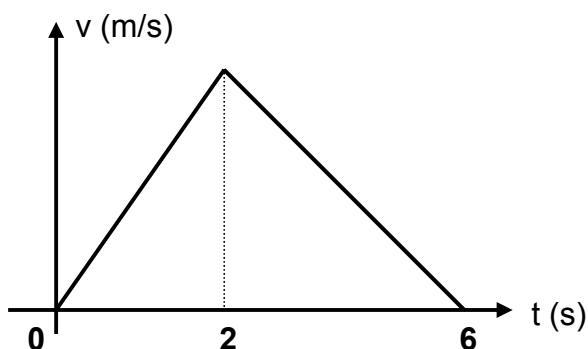
Atividade 3: O gráfico representa o movimento de dois móveis, A e B, que se deslocam numa mesma trajetória retilínea.



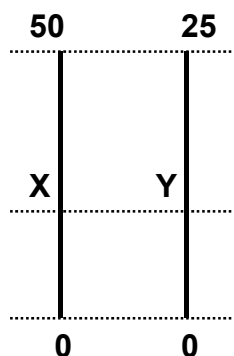
- a) Quais as equações das velocidades desses móveis?
 b) Qual o deslocamento escalar dos móveis de $t_0 = 0\text{s}$ a $t = 10\text{s}$?
 c) Supondo que os móveis estivessem no mesmo espaço quando $t_0 = 0\text{s}$, qual a distância entre eles no instante $t = 10\text{s}$?
 d) O fato de, em $t = 10\text{s}$, os móveis possuírem a mesma velocidade significa que eles se encontraram? Justifique.

Atividade 4: Um móvel, numa trajetória retilínea, parte do repouso e percorre 36m em 6s com velocidade que varia conforme o gráfico dado. A máxima velocidade atingida pelo móvel foi de: (neste caso, conhecendo a área do triângulo que é 36 e sua base que é 6, deve-se calcular a altura do triângulo).

- a) 15 m/s b) 12 m/s c) 9 m/s d) 6 m/s e) 3 m/s

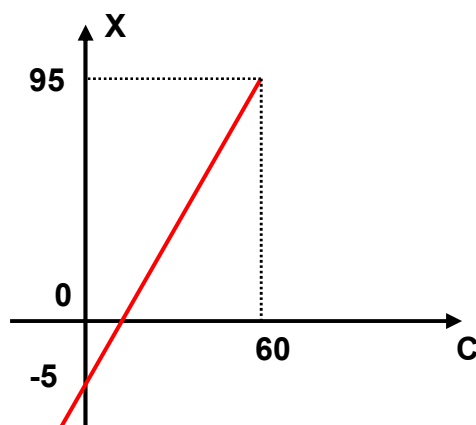


Atividade 5: Os dois termômetros desenhados abaixo estão calibrados segundo escalas termométricas diferentes. Que relação existe entre os valores de uma mesma temperatura medida nas escalas X e Y?



- a) $Y = X / 2$
 b) $Y = 25 + X$
 c) $Y = 50 - X$
 d) $Y = X$
 e) $Y = 2X$

Atividade 6: Comparando-se a escala X de um termômetro com uma escala Celsius, obtém-se o gráfico de correspondência entre as medidas. Dessa forma, a temperatura de solidificação da água no termômetro de escala X será:



a) $5^{\circ} X$

b) $-5^{\circ} X$

c) $0^{\circ} X$

d) $-3^{\circ} X$

e) $3^{\circ} X$

Atividade 7: Dois espelhos planos E_1 e E_2 formam um ângulo de 110° entre si. Um raio de luz que incide em E_1 com um ângulo de 40° , como mostra a figura, é refletido sucessivamente por E_1 e E_2 . O ângulo que o raio refletido por E_2 forma com o plano de E_2 é igual a:

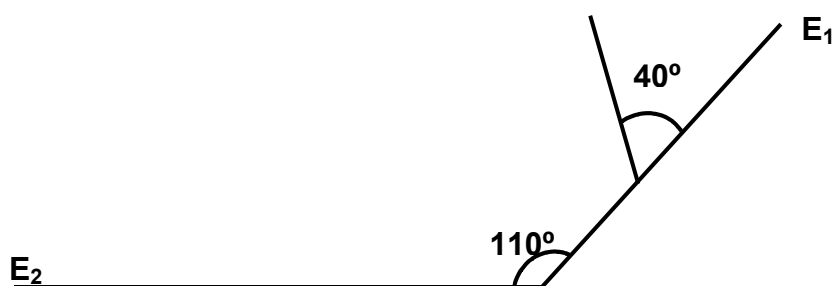
a) 20°

b) 30°

c) 40°

d) 50°

e) 60°



Atividade 8: Um corpo com massa de 7 kg é abandonado em um plano inclinado cujo ângulo de elevação é 30° , sendo desprezível o atrito entre o corpo e o plano. Admitindo $g = 10\text{m/s}^2$, determine:

a) A aceleração do corpo;

b) A intensidade da reação normal de apoio.

Atividade 9: Duas forças de intensidade $F_1 = 8\text{N}$ e $F_2 = 12\text{N}$ formam entre si um ângulo de 60° . Qual é a intensidade R resultante dessas duas forças?

Atividade 10: Um raio luminoso passa de um meio **A** para um meio **B** conforme indica a figura. Sabendo que o índice de refração absoluto do meio **B** é $\sqrt{3}$, qual é o índice de refração absoluto do meio **A**?

