

## **FUNÇÃO AFIM E CONCEITOS UNIFICADORES: O ENSINO DE MATEMÁTICA E FÍSICA NUMA PERSPECTIVA CONCEITUAL E UNIFICADORA**

**Lopes, Janice P.**

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica - UFSC  
[janicepupes@yahoo.com.br]

**Angotti, José A. P.**

Departamento de Física/Programa de Pós-Graduação em Educação/Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica -UFSC  
[angotti@ced.ufsc.br]

**Moretti, Mérciles T.**

Departamento de Matemática/Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica -UFSC  
[mericles@mtm.ufsc.br]

### **Resumo**

Identificamos potencialidades de interações conceituais entre as dimensões do ensino e a aprendizagem de Matemática e de Física, por meio da construção do conceito de *função afim*. Situamos, de modo geral, a construção desse conceito e a sua ligação com fenômenos físicos, acentuando a sua importância no contexto das duas disciplinas. No intuito de buscar essas interações e construções, apresentamos como balizas, juntamente com o conceito de função, a abordagem conceitual e os *conceitos unificadores*, que constituem pontes entre conceitos e relações pertinentes às duas disciplinas. Apresentamos e discutimos a proposta oriunda da análise da problemática bem como alguns resultados preliminares obtidos.

Palavras-chave: Interações; Abordagem Conceitual; Funções; Função Afim; Conceitos Unificadores; Ensino e Aprendizagem de Matemática e Física.

### **I O conceito de função e o ensino de Matemática**

O conceito de função é central no ensino e aprendizagem de Matemática, o que é justificado pelo grande número de trabalhos na área educacional destacando as potencialidades, e também as dificuldades, envolvidas na construção e desenvolvimento do mesmo.

A importância do conceito de função não se restringe apenas à singularidade que desempenha internamente a essa área do conhecimento, mas também pela sua aplicação intensiva e recorrente em muitos outros campos do conhecimento, em particular o ensino e a aprendizagem de Física. Neste contexto, o que se evidencia como consequência é o caráter ‘unificador’ que este conceito assume associando e articulando 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.

Associado a este perfil é, ainda, necessário destacar a sua generosa contribuição para o desenvolvimento do pensamento matemático, através das múltiplas atividades a que dá origem e, conseqüentemente, aos múltiplos e distintos sistemas de representação que envolve, tais como gráficos, diagramas, tabelas, equações.

Deste modo, “a importância de se atingir um amplo entendimento do conceito de função é maior do que pode parecer ao considerar o uso de funções em um curso inicial standard de cálculo (...). Funções ocorrem por toda a matemática e são usadas em modos muito diversos” (Selden apud Trindade, 1996, p. 104).

Tal destaque tem sido dado por diversos autores dentro da Educação Matemática, os

quais afirmam que boa parte da Matemática Moderna se organiza em torno deste conceito e de suas ramificações (Davis & Hersh, 1981). O conceito de função também vem sendo visto como responsável pela organização de diferentes partes do currículo de Matemática (Vollrath, 1986), mas embora este conceito encerre, em seu entorno, uma grande variedade de tópicos desse currículo que poderiam ser relacionados, nem sempre essas conexões são explicitadas ou se efetivam durante o processo de ensino e aprendizagem, seja de Matemática ou de outra disciplina, como a Física.

Leinhardt, Zaslavsky & Stein (1990) ao destacarem as razões para o enfoque (de destaque) dado, por pesquisadores e educadores, ao conceito de função nos dizem que: “*O tópico é importante devido: a) ao crescente reconhecimento do poder organizador do conceito de funções desde a matemática do primeiro grau a tópicos mais avançados no segundo grau e graduação; e b) às conexões entre sistemas simbólicos, enquanto fontes para uma melhor compreensão de gráficos e da álgebra*” (Leinhart apud Trindade, 1996, p. 105).

Entretanto, apesar das inúmeras pesquisas envolvendo o ensino e a aprendizagem do conceito de função, ainda são grandes as dificuldades apresentadas pelos educandos do ensino fundamental e médio no seu aprendizado como meio e fim universais. Dentre estas está a inabilidade de construir conexões entre as diferentes representações de funções: fórmulas, tabelas, diagramas, gráficos, expressão verbal das relações, e, ainda, em estabelecer interações com outras áreas do conhecimento que fazem uso dessas mesmas representações, situadas em contextos diferentes. Outra dificuldade apresentada está ligada à complexidade na construção do próprio conceito de função e, nesse sentido, é imprescindível ter clareza de que a aprendizagem desse conceito é um processo lento, evolutivo e gradual. E requer, portanto, um espaço que propicie a construção, individual e coletiva, não só desse conceito como dos conhecimentos adjacentes a ele e das relações em domínios intra e interdisciplinares que proporciona. Neste processo não existem receitas, mas sim questionamentos, indagações e dúvidas.

A educação deve ser um processo vivido em equipe. O diálogo e a colaboração viabilizam o processo ensino-aprendizagem. A aprendizagem ocorre a partir do coletivo, nas reflexões no grupo, em relações interpessoais e nas interações dialógicas. A partir daí, dão-se momentos individuais em que o sujeito cria e recria a sua aprendizagem e reflete sobre ela. É o que estou denominando auto-reflexão (Mion, 2002, p. 76).

Como educadores, devemos incorporar uma concepção de práxis pedagógica, seja no ensino de Matemática ou no de Física, de caráter emancipatório, concebendo o processo de ensino e aprendizagem como um processo que viabiliza ao educando experiências para atribuir sentido e significado às idéias matemáticas, nesse caso particular às ligadas ao conceito de função, e às suas relações com os fenômenos físicos. Que ele possa pensar, justificar, analisar e discutir sobre elas, criando e estendendo relações a outros ramos do conhecimento, em especial com a disciplina de Física, tendo em vista a importância desse conceito no contexto do ensino e aprendizagem dessa disciplina.

Nesse sentido, deveríamos propor aos alunos situações-problema que favorecessem a construção com significado do conceito de função. Situações-problema que motivem os alunos a explicar mudanças, a encontrar regularidades entre mudanças, a perceber mudanças e relações entre elas como um problema merecedor de uma explanação científica. Situações que possibilitem aos alunos aplicar o conhecimento de funções para explicar fenômenos de sua vida diária, econômica e social, bem como os inúmeros fenômenos da Física e de outras Ciências (Trindade, 1986 p.136).

## II O conceito de função e os fenômenos físicos

As primeiras noções de dependência funcional surgiram da necessidade de relacionar dois conjuntos de acordo com uma regra ou lei. Da necessidade de explicar um fenômeno, suas variações e alterações. Apesar de sua origem ser incerta a utilização de tabelas de correspondências resultantes da observação de fenômenos físicos já era bastante difundida desde de tempos remotos, auxiliando na tarefa essencial do homem de compreender e alterar a natureza, bem como no trabalho de observar e descrever os fenômenos, sistematizando seus achados num *quadro explicativo* (Caraça, 1963), que, se coerente, garantiria que suas conseqüências e previsões fossem confirmadas pela observação e experimentação.

Através de observações foi possível verificar que em certos fenômenos, quando mantidas as condições iniciais, ocorriam regularidades, comportamentos similares ou mesmo iguais. A existência de regularidades é essencial, para o trabalho de investigação da natureza por permitir, pela *repetição, explicações* com atributos de universalidade, em especial *diagnósticos, retrodição e predição*, sempre que mantidas as condições necessárias, sejam os efeitos proporcionais às causas ou não. Mediante a necessidade humana de explicar a realidade, são lançados sobre ela uma infinidade de leis, leis quantitativas, originadas nas regularidades dos fenômenos observados, a espera de um ‘instrumento’ ou conceito matemático próprio para o seu estudo.

Todo esse processo de investigação e busca contínua de explicações para os fenômenos observados teve papel substancial no processo de evolução do que hoje conhecemos por função, seja no contexto da Matemática, seja no contexto da Física.

A idéia de função matemática esteve ligada historicamente com a evolução do conhecimento de correspondências físicas. As associações da Matemática e os fenômenos naturais tornaram-se um canal facilitador na busca da generalização adequada para o conceito, por parte dos matemáticos do período que antecedeu a idade média. Tanto que, por meados do século XIV, estudiosos já possuíam uma noção clara do conceito de função, porém ainda com sentido mais amplo e geral, quase difuso; não conseguindo, ainda, formalizar de maneira ideal o conceito.

Dentre os ramos impregnados por relações funcionais, no contexto da Física, destaca-se a Cinemática, que apesar de ser um ramo da mecânica, ligado historicamente mais claramente à geometria, o seu desenvolvimento está diretamente estruturado pelas relações funcionais do mundo físico.

Desse modo, o conceito de função que hoje pode parecer simples é resultante de um processo de evolução histórica, lenta e longa que iniciou na Antigüidade, tendo como precursores os babilônios e os gregos e acabou rendendo um grande impulso para a Matemática, principalmente no tocante a sua aplicabilidade a outras ciências.

É ancorado nessas relações e interações, entre a Matemática e a Física, historicamente construídas e fundamentadas, que se construiu uma proposta que busca viabilizar a construção do conceito de função afim e potencializar a partir dessa construção aproximações conceituais entre as duas disciplinas, priorizando nesse processo os questionamentos e o desequilíbrio através do confronto de argumentos e posicionamentos, com o propósito de motivar a aprendizagem e a construção, individual e coletiva, de idéias. Uma construção dialógica pautada pelo envolvimento intencionalmente produzido.

Partimos das noções mais simples e informais do conceito, rumando a seguir para uma generalização mais formal e perpassando através das atividades propostas pelas relações entre a Matemática e os fenômenos naturais estudados na Física, particularmente os ligados ao Movimento Uniforme, enfocando suas representações e características funcionais.

### III Abordagem conceitual e conceitos unificadores: possibilidades para a prática pedagógica

Os currículos e programas escolares são, desde tempos remotos, pautados pela estrutura dos conteúdos. Estes são definidos, no contexto educativo, como sendo ‘o conhecimento a ser ensinado’ ou ‘transmitido’ pela escola. Sua adoração ou a sua repudia têm provocado um intenso e antigo debate, principalmente por fazerem parte das bases de apoio da estrutura escolar.

Suas contribuições para o processo escolar têm-se revelado bastante limitadas, basicamente se restringem em moldar e direcionar, de maneira padronizada e castradora, as ações educativas empreendidas pelos professores, tornando-se critérios de ‘avaliação’ e ‘controle’ dos entes e dos processos contidos na instituição escolar.

Possuem um perfil inercial que se estende a todas as áreas do conhecimento escolar, dificultando a reformulação e oxigenação destas, pois são, na maioria das vezes, selecionados e eleitos com marcas ideológicas e, invariavelmente, sem a participação dos professores na discussão.

Desse modo, embora fortemente criticados e discutidos, se instalam e resistem tornando-se ‘paradigmas de ensino’, sem distinções a qualquer que seja a área de conhecimento.

Entretanto, é necessário e indispensável que sua substituição, mesmo que gradual, seja não só discutida como implementada no contexto dos currículos e dos programas escolares, e estendidos às ações educativas implementadas pelos professores.

Assim, independente da área do conhecimento ou disciplina, a transição na busca da superação da estrutura de ‘conteúdos’, consagrados pela escola e pelo processo histórico em que está inserida, é indispensável, pois a estrutura vigente não parece estar contribuindo efetivamente para a apreensão, de modo estruturado e significativo, do saber, impedindo também a transposição de saberes para outras áreas.

Em contrapartida, a perspectiva da abordagem conceitual abre caminhos na busca da estruturação do saber ao propor direções norteadoras para novas perspectivas, entre elas a extrapolação dos dilemas disciplinares. Desse modo, a utilização de conceitos na orientação de novas perspectivas se apresenta como uma grande possibilidade para o entendimento estruturado e articulado de idéias.

Enfim, “*conceitos são idéias estabilizadas pelo uso e ‘tijolos’ do pensamento científico. (...) Todavia, estes conceitos sozinhos nada podem e só ganham sentido quando vinculados uns aos outros*” (Pietrocola, 2002, p. 109).

Angotti (1991), também aborda essa discussão e se empenha na busca da descentralização dos conteúdos, enfatizando que “*os conceitos podem provocar alternativas que substituam nossa habitual sensação, que não é só sensação de impotência frente à prevalência inercial dos conteúdos*” (p. 111). Esclarece que, além de dificultarem a estruturação do saber de maneira plena, ainda, restringem e, por vezes, até impedem a extensão deste saberes, ocasionando “*uma retaliação do conhecimento que se processa na ‘ciência da escola’*” (p. 111).

Tal preocupação desencadeou a busca de apontamentos para uma possível transição dos ‘conteúdos’ para os conceitos, tendo como referência o *que fazer* e o *como fazer* pedagógicos, com o propósito de discutir as bases do ensino e aprendizagem. Nesse sentido, Angotti (1991, p.113) ressalta que sua proposta “*não elimina o debate dos conteúdos, mas acrescenta elementos que, ao nosso ver, não podem ser mais negligenciados. Conceitos unificadores que apontam para totalidades parciais, organizadas, apesar de não desprezarem necessários recortes. Conceitos estão presentes em várias teorias, disciplinas e campos de conhecimento, daí unificadores*”.

Essa proposta está ancorada pelos *Conceitos Unificadores e multidisciplinares*, que são: Transformações, Regularidades, Energia, Escalas, que se caracterizam como ferramentas-chaves no enfrentamento das tensões entre fragmentos e totalidades do conhecimento elaborado. A utilização desses conceitos está vinculada a direcionamentos sobre a progressão da Ciência e à compreensão do papel de alguns conceitos na constituição de categorias que potencializam o entendimento da atividade científica. Assim, destacam-se como características importantes e comuns aos quatro conceitos a

“sua identificação e presença tanto no saber que domina o senso comum como no saber sistematizado, embora seus significados e sua compreensão sejam, na maioria das vezes, qualitativamente distintos. Enquanto constructos de nossa consciência individual encontra ressonância e reforço na coletiva, tais conceitos são pontes de transição de um saber para outro” (Delizoicov et alii, 2002, p. 286).

Os *conceitos unificadores* estão subdivididos em conceitos de primeira ordem e segunda ordem:

### ***Conceitos Unificadores de Primeira Ordem***

**Transformações:** é considerado o mais simples, e é também o mais usual nas investigações científicas. Perpassa pelas transformações da matéria, inclusive energia, seja no espaço ou no tempo. Pode ser trabalhado em diferentes níveis de ensino, desde o mais elementar até em níveis mais avançados, pois possibilita uma diversidade quanto ao aprofundamento. As transformações são acompanhadas de alterações em suas características, sendo que a compreensão da ciência exige habilidade em perceber as transformações e reuni-las em regularidades. No contexto da proposta, identificamos o conceito unificador, *transformações*, ligado diretamente às variáveis que acompanham as relações funcionais, principalmente no tocante às suas modificações valorativas. Perpassa, também, pela variedade de representações possíveis nas relações funcionais estando atrelado à possibilidade de transformar uma representação, por exemplo, uma tabela, em outra, como por exemplo, um gráfico ou uma expressão algébrica. Enfim, auxilia na identificação de mudanças, na explicação dessas mudanças e na percepção de relações entre elas.

**Regularidades:** a forte tendência em procurar por invariantes e por identificar o que há de comum entre as diversidades indica a busca constante por regularidades, por “alguma coisa” comum a todas as ocorrências de fenômenos naturais, por “regras”. Nesse sentido, o conceito unificador de *regularidades* apresenta-se como um possível mediador, na tentativa de equilibrar a grande diversidade de fenômenos e as “coisas” em comum existentes entre eles. São mais abrangentes que as transformações, embora sejam em quantidade menor, possuindo grande importância no estabelecimento de leis e teorias. Esse conceito unificador desempenha um papel crucial no entendimento do conceito de função, pois está diretamente ligado à investigação e a possibilidade de predição de fenômenos observados, através da identificação de comportamentos similares ou até mesmo iguais. A identificação desses comportamentos permite, através da repetição, explicar tais fenômenos e formular leis, ou expressões, que caracterizem uma generalização para situações semelhantes, que possuem atributos de universalidade, sempre que mantidas as condições necessárias.

### ***Conceitos Unificadores de Segunda Ordem***

**Energia:** possui um maior grau de abstração, especialmente se comparado aos outros três conceitos unificadores, pois pode ser considerado como “agente de transformações”. Seu

campo de abrangência é mais amplo do que o conceito de *transformações* e o de *regularidades*, pois incorpora os dois conceitos (T e R). Sendo assim, exige um maior grau de análise e síntese para a compreensão. O conceito de *energia* está presente em várias esferas do conhecimento, possibilitando a associação de conhecimentos até então tidos como separados e, por isso, pode ser visto como um *conceito unificador*. E, desse modo, favorece as interações tanto entre conhecimentos de Ciência e Tecnologias, quanto à relação com outras áreas como as Ciências Sociais. Extrapola as dimensões disciplinares, pois possui um grau de abstração maior que os conceitos unificadores de 1ª ordem, permitindo uma gama de interações, incorporando as *transformações* e as *regularidades*, e superando o formalismo atrelado às expressões, sejam elas funcionais ou não.

**Escalas:** a ocorrência de alterações ou transformações em algumas dimensões é uma característica observada em todos os fenômenos naturais. Assim, o *conceito unificador escalas* abrange as diferentes dimensões de ocorrência dos processos de transformações e de regularidades, tanto as perceptíveis a “olho nu”, quanto às ocorridas em níveis micro e macroscópico. Este requer o trabalho com quantidades, necessárias para a aprendizagem em CN, e a constituição de noções de qualidades, desde o nível mais elementar. Nesse sentido, o conceito *escalas* atua como regulador entre *abordagem conceitual* e o *formalismo matemático*, em cada nível de ensino e de profundidade. Assim, na perspectiva do *conceito unificador escalas*, as relações quantitativas precisam extrapolar os cálculos matemáticos e estabelecer relações, embora não mensuráveis, com valores e atitudes. A raiz desse conceito unificador é partilhada entre as disciplinas de Física e Matemática, porque remete sempre às quantidades, e engloba, também, aspectos relacionados à mensuração e a matematização dos fenômenos, característica bastante presente no conceito de função.

#### IV Interações conceituais: possibilidades para o ensino de Matemática e de Física

A questão da fragmentação no ensino não é restrita à Matemática, essa problemática se faz presente em grande parte das disciplinas que compõe os programas curriculares das escolas, e requer, sem sombra de dúvidas, um enfoque diferenciado e uma abordagem específica para que seus efeitos no processo de ensino e aprendizagem sejam minimizados.

Dentre essas disciplinas, a Física, juntamente com a Matemática, destaca-se pelo índice relativamente alto de problemas relacionados com a fragmentação existente no seu ensino, e seus efeitos mais imediatos, tais como índices alarmantes de repetência, pouca, e por vezes inexistente, compreensão dos conceitos, dificuldades em estabelecer relações entre os conceitos abordados, e/ou com conceitos anteriores dessa ou de outra disciplina.

Essa realidade, cotidianamente confirmada, também vem sendo abordada e questionada pelas pesquisas e pela literatura especializada, tais como Angotti (1991), Auth (1996), Ruiz (2002), que revelam a triste faceta do ensino e de seus efeitos mais problemáticos, que afetam diretamente o processo de construção do conhecimento e a busca por interações entre conceitos e, ou, disciplinas.

É evidente que a necessidade de estabelecer relações entre conceitos adquiridos deve ser adotado como um dos objetivos principais do ensino, tanto da Matemática como da Física. Porém, é preciso ir além, alcançar patamares mais abrangentes e ultrapassar barreiras que engessam ‘conteúdos’ e disciplinas em compartimentos estanques, impedindo que suas similaridades sejam abordadas.

O resultando deste processo é um conhecimento segmentado, em “pedaços” que embora se complementem não se relacionam. Assim, “*o estabelecimento de relações é fundamental para que o aluno compreenda efetivamente os conteúdos matemáticos, pois,*

*abordados de forma isolada, eles não se tornam uma eficaz ferramenta para resolver problemas e para a aprendizagem/construção de novos conceitos” (BRASIL, 1998, p.37).*

O privilégio dos “conteúdos escolares” e a demasiada adoração pela resolução mecânica e não reflexiva de problemas, geralmente desprovidos de sentido e distantes da realidade da maioria dos educandos, não têm contribuído efetivamente para uma formação integral, onde o espírito investigativo e questionador sejam critérios prioritários para prover um ensino verdadeiramente construtivo e problematizador.

Sendo assim, fica evidente que o estabelecimento de relações entre conceitos adquiridos é uma necessidade emergente e deve ser incorporado na constituição de uma nova concepção da práxis pedagógica no âmbito dessas duas disciplinas. Rompendo com o quadro vigente que tem privilegiado a aplicação de fórmulas e de cálculos, exigindo o ‘treinamento’ de procedimentos e não a compreensão, medindo a capacidade de decorar fórmulas e algoritmos e não de expor raciocínios e argumentações.

Enfim, é preciso rever o papel dessas disciplinas, como canais para a construção e formação de um sujeito autônomo e crítico, capaz de tomar decisões, tendo como ponto de partida um processo de ensino e aprendizagem pautado pela construção coletiva de idéias, pelo estabelecimento de relações, pela argumentação e realização de inferências, pela descoberta de regularidades dentro e entre as disciplinas. Isso implica trabalhar os conceitos matemáticos a partir de situações contextualizadas, seja em fenômenos do cotidiano seja em situações oferecidas por outras ciências, como, por exemplo, a Física.

A literatura tem tratado do problema da fragmentação do ensino de ciências, por exemplo, ANGOTTI (1991), ANGOTTI & DELIZOICOV (1990), AUTH (1996) e (2002), DE BASTOS (1995), GRABAUSSKA (1999) e MION (2002). Porém, não temos percebido uma relação nem a problematização mais explícitas da relação - conceitual - do ensino de Matemática e Física; já que se tem privilegiado questões do ensino de Ciências Naturais partindo, muitas vezes, de uma única disciplina, como a Física.

Com relação as possíveis aproximações com outras áreas do conhecimento, em especial com a disciplina de Física, os Parâmetros Curriculares Nacionais também abrem margem para esta necessidade, bem como para as suas contribuições e possibilidades na prática educativa, dimensionando esta questão na medida em que *“a Matemática faz-se presente na quantificação do real - contagem, medição de grandezas. No entanto, esse conhecimento vai além, criando sistemas abstratos, ideais que organizam, inter-relacionam e revelam fenômenos do espaço, do movimento, das formas e dos números, associados quase sempre a fenômenos do mundo físico” (BRASIL, 1998, p. 25).*

Dentro da perspectiva de potencializar aproximações entre as disciplinas de Matemática e Física e diante da importância de reduzir o distanciamento entre estas disciplinas no contexto escolar, é preciso enfatizar e esclarecer o papel desempenhado pela Matemática na aprendizagem de Física. Assim, é relevante destacar o papel central e historicamente determinado pela Matemática na constituição do conhecimento científico, resgatando a sua influência no processo de evolução deste campo de conhecimento, pois *“a evolução da ciência resultou na expressão dos conceitos em linguagem matemática. As idéias da ciência ganham significados interconectando-se em estruturas matemáticas. A linguagem matemática, com suas regras e propriedades, torna as teorias científicas capazes de pensar o mundo” (PIETROCOLA, 2002, p. 109).*

Portanto, é necessário fazer uma análise mais profunda sobre as relações que a Física mantém com a Matemática, vislumbrando a pertinência desta no processo de aprendizagem e de apreensão dos conceitos da disciplina de Física, bem como dos seus significados.

## V Função afim e conceitos unificadores: o ensino de Matemática e Física numa perspectiva conceitual e unificadora

Esta proposta está fundamentada teórica e empiricamente, através de uma análise bibliográfica específica e de uma análise empírica que envolve o desenvolvimento das atividades propostas, primeiramente em grupo 'piloto' de cinco alunos da 8.<sup>a</sup> série do ensino fundamental do Colégio de Aplicação da UFSC. E, em seguida, em uma turma de 24 alunos da 8.<sup>a</sup> série do ensino fundamental, de ensino regular, do Colégio Estadual Henrique Stodiek, tendo como objetivo dimensionar as potencialidades do material e suas reais contribuições para a construção do conceito de função.

A escolha do nível de ensino, 8.<sup>a</sup> série do ensino fundamental, se deu na intenção de priorizar a construção deste conceito, tendo em vista que neste nível os alunos ainda não tiveram contato com a formalização do conceito de função. Na maioria das vezes eles já possuem um conhecimento 'prévio', oriundo das experiências cotidianas, deste conceito. Entretanto, dificilmente o reconheçam como um conceito ou conhecimento matemático.

É com base nesses conhecimentos prévios que nossa proposta pretende direcionar a construção do conceito de função afim, partindo das noções mais simples e informais do conceito. Buscando, a partir dessa construção, potencializar aproximações conceituais entre o ensino de Matemática e de Física, priorizando, nesse processo, os questionamentos e o desequilíbrio através do confronto de argumentos e posicionamentos decorrentes da problematização das diferentes atividades propostas.

A estrutura da seqüência, tomada como referencial para a aplicação no Colégio Estadual Henrique Stodiek, tem como parâmetro os dados e informações coletados durante a aplicação 'piloto', e os melhoramentos feitos na estruturação da proposta.

A organização das atividades está pautada por ciclos contínuos de ação-reflexão-ação que estão vinculados às observações feitas durante o desenvolvimento de cada atividade. Essas observações servem de referencial de análise e avaliação da proposta.

Esse momento da aplicação, dentro do contexto escolar formal, tem o intuito de avaliar o desenvolvimento das atividades e as suas reais potencialidades, tendo como cenário, condições que representam o cotidiano de uma sala de aula.

A proposta está organizada com base nos três momentos pedagógicos (Delizoicov et alii, 2002). Esses momentos, embora distintos, se retroalimentam e estão dispostos na proposta em subdivisões de atividades que compreendem a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento.

O primeiro momento é caracterizado pelas situações-problema, no segundo momento o enfoque de nossa pesquisa é dado às atividades teórico-experimentais e no terceiro, e último momento, ocorre à transferência do aprendizado a outro campo de conhecimento, através da resolução de problemas característicos da Física, sendo que todas as atividades estão balizadas e interagem através dos '*conceitos unificadores*' (Angotti, 1991), até então só utilizados no contexto do ensino de Ciências Naturais.

O suporte dos '*conceitos unificadores*', tem como objetivo possibilitar a interação entre as atividades e entre os conceitos abordados durante o encaminhamento das ações, tendo em vista o caráter 'articulador' que esses conceitos possuem, constituindo-se, de acordo com Angotti (1991), *em ganchos teóricos que facilitam a articulação e organização de conhecimentos aparentemente distintos em níveis intra e interdisciplinar, minimizando, assim, o risco de fragmentação* (p.108).

Tanto a escolha quanto à disposição das atividades foi estabelecida com o objetivo de disponibilizar uma construção gradual do conceito de função afim e propiciar um espaço para a 'problematização inicial' acerca desse conceito através de situações-problema lançadas ao grupo para discussão, buscando identificar as noções informais que os alunos já possuíam a

respeito. Nesse momento são enfocadas situações diversas, ligadas ou não à Matemática, procurando dar dimensões intra e extradisciplinares ao conceito de função, através de abordagens diferenciadas.

É relevante destacar que nesse nível cognitivo, 8ª série do Ensino Fundamental, os alunos já possuem uma significativa capacidade de abstração, possibilitando a transposição do conceito de função do contexto cotidiano para o contexto disciplinar, seja com exemplos da Matemática, ou da Física. Entretanto, não desconsideramos a possibilidade de desenvolver essas atividades em outro nível cognitivo.

As primeiras tentativas de construção formal do conceito de função afim ocorrem através de duas atividades teórico-experimentais, que exigem do aluno a seleção e interpretação de informações bem como a representação matemática, mais formalizada, da situação dada transpondo as informações de uma representação para outra, por exemplo, de dados tabelados para a representação gráfica, ou vice-versa.

Na primeira atividade teórico-experimental, os alunos se deparam com uma situação, até então inusitada, onde têm como objetivo formalizar o conceito de função e, principalmente, tentar estabelecer uma representação verbal e algébrica para a observação feita durante o desenvolvimento da mesma. O material utilizado para esta atividade consiste em peças de um jogo de dominó e réguas de papel milimetrado. O desenvolvimento dessa atividade exige a observação das variações na altura da pilha de dominós na medida em que modificam o número de peças da pilha e o preenchimento de uma tabela com base nos dados observados.

Em seguida, são propostas questões complementares que buscam analisar os dados encontrados e dar significado a cada informação obtida através do experimento, melhorando ou reformulando as idéias iniciais dos alunos, formalizando o conceito de função afim. Dando enfoque a articulação entre as diferentes representações desse conceito, tabelas, gráficos, formalizações verbais e algébricas.

Na segunda atividade teórico-experimental, os alunos novamente se deparam com uma atividade sem precedentes disciplinares, ou seja, não conseguirão identificar, embora muitos tentem, uma disciplina específica que caracterize a atividade proposta. Essa atividade também busca formalizar o conceito de função, embora seus resultados sejam distintos dos resultados da atividade anterior, justamente por buscarmos, com esta, ampliar o conceito.

Os procedimentos iniciais, para esta atividade são bastante semelhantes aos anteriores, exigindo, novamente, a formulação de uma “aposta”. Para essa atividade o material utilizado também é bastante simples e conhecido pelos alunos, consisti em um recipiente cilíndrico, bolinhas de gude e água. O desenvolvimento da atividade exige que o aluno observe a variação na altura da coluna de água, dentro do recipiente, na medida em que se colocam bolinhas de gude no seu interior, as quantidades de bolinhas de gude estão especificadas em uma tabela, que deverá ser preenchida com base nos resultados observados durante o avanço da atividade. Depois, os alunos partem para a construção do gráfico, baseada nos valores tabelados durante a observação.

Em seguida, são propostas, assim como na atividade anterior, questões complementares que proporcionam a análise dos dados encontrados buscando dar significado às informações obtidas e encaminhar algumas conclusões. Idéias e informações observadas e discutidas na atividade anterior são retomadas com o objetivo de localizar semelhanças e enfatizar diferenças, enfatizando seus efeitos no processo de estruturação e formalização do conceito, bem como de sua ampliação.

Nesse sentido, as atividades proporcionam o contato com diferentes representações funcionais, buscando enfatizar a articulação entre elas e encaminhar a construção gradual do conceito de função a partir do confronto entre a “aposta” feita pelo aluno, antes da atividade, e o resultado construído e observado por ele com o encaminhamento da atividade. A articulação

é desencadeada com o auxílio dos conceitos unificadores e da abordagem conceitual que viabilizam as interações entre as idéias construídas, antes e depois da atividade. O confronto entre as informações, anteriores e posteriores, é dinamizado pelos três momentos pedagógicos que encaminham, a partir da problematização das idéias iniciais, os desdobramentos necessários para a superação de lacunas existentes na aposta, desencadeando a formalização do conceito.

No terceiro momento as atividades centram-se na resolução de problemas ligados a fenômenos físicos, característicos da disciplina de Física. Todas as construções de idéias e de conceitos feitas até então são retomadas, de modo a encaminharem à busca de soluções para os problemas propostos, por meio de conexões facilitadas pelos *conceitos unificadores*, que funcionam como pontes entre os conceitos e os conhecimentos abordados até o momento.

O auxílio dos *conceitos unificadores* incidirá, principalmente, na identificação das variáveis pertencentes ao problema, caracterizando, também, as relações existentes entre essas variáveis. A manipulação de diferentes representações do conceito de função é uma constante nessa fase, destacando seus significados e características, bem como suas aplicações e dimensões dentro do problema, que assume contexto diferente dos abordados até então.

Nesse momento, o aluno tende a perceber, com mais nitidez, a existência de soluções alternativas, sendo que a necessidade de recorrer a construções anteriores despertará o aluno para a importância de escolher e executar estratégias adequadas, tendo como base suas experiências perceptivas e os entendimentos conceituais que estruturou durante o encaminhamento das atividades. *“O reconhecimento da existência de soluções alternativas a um dado problema promove o desenvolvimento de uma postura crítica, porque leva a pessoa a optar. Para optar, é preciso haver critérios. A não unicidade de critérios leva cada um a se posicionar, forçando uma postura menos passiva frente ao conhecimento”* (Robilotta, 1988, p.18).

Sendo assim, o terceiro momento é quando, mais claramente, se percebe as relações e interações entre os fenômenos físicos, estudados na Física, e a Matemática, tendo como suporte o conceito de função afim, explorando a contextualização e interdisciplinaridade que o tema permite.

O foco principal é buscar a partir da abordagem conceitual o estabelecimento de interações, via *conceitos unificadores*, entre as duas disciplinas através das relações funcionais do mundo físico e da construção do conceito de função afim no intuito de descrever e estudar, através da leitura, interpretação e construção de gráficos, alguns fenômenos físicos do cotidiano, que envolvem essas duas áreas do conhecimento.

O propósito dessa proposta é possibilitar situações significativas que potencializem tanto o encaminhamento de construções acerca do conceito de função afim, quanto viabilizem, simultaneamente, interações conceituais entre o ensino de Matemática e de Física, através das extensões contextuais que o tema propicia, vislumbrando a ampliação do entendimento do conceito de função.

Nosso desafio, ancorado em nosso interesse educacional, consistiu em estruturar essa proposta de modo que venha contribuir, não só, no processo de ensino e aprendizagem, mas também na iluminação de caminhos que possibilitem minimizar questões originadas dentro do processo educativo. Buscar despertar nos alunos, ou contribuir de alguma forma, a sua ‘curiosidade epistemológica’.

## Referências Bibliográficas

ANGOTTI, J.A. **Fragmentos e totalidades no ensino de ciências**. Tese de Doutorado, FEUSP, 1991.

ANGOTTI, J.A. & DELIZOICOV, D. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.

\_\_\_\_\_. **Formação de professores de ciências naturais na perspectiva temática e unificadora**. Tese de Doutorado, UFSC, 2002.

AUTH, M.A. **Buscando superar a fragmentação no ensino de física: uma experiência com professores**. Santa Maria: Dissertação de Mestrado apresentada ao PPGE/CE/UFSC, 1996.

\_\_\_\_\_. **Formação de professores de ciências naturais na perspectiva temática e unificadora**. Tese de Doutorado, UFSC, 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: matemática** (5<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> séries). Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**, v.3. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC/SEMT, 1999.

CARAÇA, B.J. **Conceitos fundamentais da matemática**. Lisboa, 1963.

DAVIS, P. & HERSH, R. **A experiência matemática**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1985.

DE BASTOS, F. da P. **Investigação-ação educacional emancipatória e prática educacional dialógica em ciências naturais**. Tese de Doutorado, FEUSP/IFUSP. São Paulo, 1995.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A. & PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de ciências; fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

GRABAUSKA, C.J. **Investigação-ação na formação dos profissionais da educação: redimensionando as atividades curriculares de ciências naturais no curso de pedagogia**. Santa Maria: Tese de Doutorado apresentada ao PPGE/CE/UFSC, 1999.

MION, R.A. **Investigação-ação e a formação de professores em física: o papel da intenção na produção do conhecimento científico**. Tese de Doutorado, UFSC, 2002.

PIETROCOLA, M. **a Matemática como estruturante do conhecimento Físico**. In: Cad. Bras. Ens. Fís., v.19, n.1: p.93-114, abr.2002.

PINHEIRO, T.F. **Aproximações entre a ciência do aluno na sala de aula da 1<sup>a</sup> série do 2<sup>o</sup> grau e a ciência dos cientistas: uma discussão**. Dissertação de Mestrado. UFSC, 1996.

ROBILOTTA, M.R. **O cinza, o branco e o preto: da relevância da História da Ciência no ensino da Física**. In: Cad. Cat. Ens. Fís., v.5, n<sup>o</sup> especial: p.7-22, jun.19881.

RUIZ, A.R. *Matemática, matemática escolar e nosso cotidiano*. In: **A página da educação**. Disponível em: <http://www.a-pagina-da-educacao.pt>; retirado da rede em 2002.

TRINDADE, J.A.O. **Os obstáculos epistemológicos e a educação matemática**. Dissertação de Mestrado. UFSC, 1996.