

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

**CELSO GONÇALVES DE QUADROS**

**TODA FÍSICA POR ÁGUA ABAIXO: A CONSTRUÇÃO E  
UTILIZAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE SUBMARINO PARA O  
ENSINO DE FÍSICA**

**DISSERTAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2010**

**CELSON GONÇALVES DE QUADROS**

**TODA FÍSICA POR ÁGUA ABAIXO: A CONSTRUÇÃO E  
UTILIZAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE SUBMARINO PARA O  
ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia, do Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Ciência, Tecnologia e Ensino.

**Orientador:** Prof. Antonio Carlos de Francisco, Dr.

**Co-orientadora:** Prof. Sani de C. Rutz da Silva, Dra.

**PONTA GROSSA**

**2010**

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa  
nº 56/10

- Q1 Quadros, Celso Gonçalves de  
Toda física por água abaixo: a construção e utilização de um protótipo de submarino  
para o ensino de física / Celso Gonçalves de Quadros. -- Ponta Grossa: [s.n.], 2010.  
182 f.: il.; 30 cm.
- Inclui: Manual didático para o desenvolvimento de atividades para o ensino de  
física no ensino médio utilizando-se de um protótipo de submarino.
- Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco  
Co-Orientadora: Profª Drª Sani de Carvalho Rutz da Silva
- Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Curso de Pós-Graduação  
em Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa, 2010.
1. Física - Ensino. 2. Educação científica. 3. Educação tecnológica. I. Francisco,  
Antonio Carlos de (Orient.). II. Silva, Sani de Carvalho Rutz da (Co-Orient.). III.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. IV. Título.

CDD 507

**TERMO DE APROVAÇÃO**

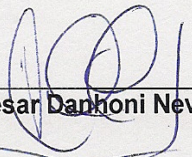
Título de Dissertação Nº 12/2010

**TODA FÍSICA POR ÁGUA ABAIXO: A CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM  
PROTÓTIPO DE SUBMARINO PARA O ENSINO DE FÍSICA**

por

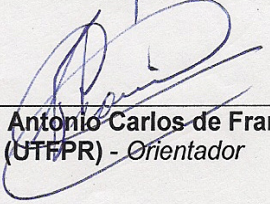
**Celso Gonçalves de Quadros**

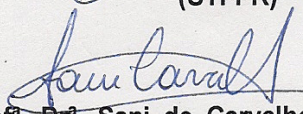
Esta dissertação foi apresentada às **14 horas de 09 de agosto de 2010** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, com área de concentração em Ciência, Tecnologia e Ensino, linha de pesquisa em **Educação Tecnológica**, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves (UEM)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva (UEPG)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Nilceia Aparecida Maciel Pinheiro  
(UTFPR)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco  
(UTFPR) - Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sani de Carvalho Rutz da Silva  
(UTFPR) - Co-orientador(a)

Visto do Coordenador:

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior  
Coordenador do PPGECT



## AGRADECIMENTOS

Um aglomerado de matéria e energia são os elementos formadores do universo. Partículas constantemente integradas e desintegradas por alguns processos, dos mais simples aos mais complexos, formando os corpos e os fenômenos dos quais, hoje, muitos são conhecidos.

Dentre os seres vivos, que fazem parte desse processo e possuem um nível maior de integração e de funções, os animais são os mais evoluídos. Para os seres humanos, especialmente o cérebro quanto à sua complexidade de formação e fisiologia, que possui um nível de integração ainda mais elevado e um gerenciamento fantástico das funções de memória e raciocínio, conta com sofisticados recursos, tornando-o capaz de fazer comparações e julgamentos, possibilitando-lhe interpretar diversas situações complexas, das quais ele mesmo faz parte. Assim, meu primeiro agradecimento é para uma entidade maior, algo supremo, responsável por toda essa integração que possibilita a vida da forma que ela é, do simples olhar à percepção e interpretação das coisas e, especialmente, da diversidade de possibilidades cognitivas e afetivas que possuem os seres humanos. Além de achar fantástico, eu admiro e respeito.

Neste momento, outros agradecimentos também são necessários para:

- Os alunos dos cursos técnicos de 2009 que participaram desta pesquisa;
- O professor Antonio Carlos de Francisco, orientador que acreditou neste trabalho da maneira que foi desenvolvido, tendo sugerido e incentivado desde o início a utilização do protótipo para sua realização;
- A professora Sani de Carvalho Rutz da Silva, pela seriedade e compromisso que desempenhou a função de co-orientadora;
- Os professores: Marcos Cesar Danhoni Neves, Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro e Silvio Luiz Rutz da Silva, que participaram da banca de avaliação e contribuíram com valiosas críticas construtivas e sugestões;
- O professor Guataçara dos Santos Junior, coordenador deste programa, pela condução buscando soluções, fazendo os aprimoramentos necessários para que a qualidade do curso esteja sendo monitorada e mantida num bom nível de aceitação;
- O professor Luiz Alberto Pilatti, diretor deste campus, estendendo o agradecimento à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR;

- Os professores das disciplinas deste programa de mestrado iniciado em 2008, principalmente por promoverem constantemente ações para as melhorias necessárias a serem implantadas nas turmas subseqüentes em suas disciplinas;

- Os funcionários da secretaria de pós-graduação, que desenvolvem com presteza os serviços de orientação e administração do programa;

- Meu filho Robson, por fazer alguns desenhos;

- Todos que, de alguma forma, contribuíram com alguma parcela para realização deste trabalho e não foram aqui mencionados, sintam-se também agradecidos;

- A minha família, pelo incentivo.

Muito obrigado

A coisa mais importante é não parar de  
questionar. A curiosidade tem suas próprias  
razões para existir. Nunca perca a sagrada  
curiosidade. (Albert Einstein)

## RESUMO

QUADROS, Celso Gonçalves de. **Toda Física por água abaixo:** A construção e utilização de um protótipo de submarino para o ensino de Física. 2010. 182 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2010.

O presente trabalho é uma proposta de aplicação em sala de aula da teoria de ensino de David Ausubel, da aprendizagem significativa, e da teoria psicológica dos campos conceituais de Gerard Vergnaud. A aplicação de algumas das atividades desta proposta foi desenvolvida no ano de 2009, em duas turmas do curso técnico de nível médio no campus Ponta Grossa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Desenvolveu-se uma pesquisa qualitativa que indicou os principais problemas existentes na formação conceitual dos alunos, relativos aos tópicos de física pesquisados, cujo resultado foi utilizado para a elaboração das atividades propostas. Buscou-se, assim, estabelecer uma conformidade com as citadas teorias para se desenvolver as atividades aplicadas e sugerir outras, na tentativa de resolver os problemas conceituais detectados com a pesquisa, visando a melhoria da qualidade no ensino de Física. Tanto as atividades aplicadas em sala de aula como as sugeridas no trabalho foram pautadas principalmente na utilização de um protótipo de submarino e alguns acessórios, de maneira sequencial, cuja principal meta foi a integração de vários conceitos físicos trabalhados na disciplina ao longo de sua aplicação. Desta maneira, o protótipo foi previsto para ser, tanto uma referência inicial, como uma referência a ser reutilizada nas atividades subsequentes para o ensino de vários conceitos físicos, proporcionando ao aluno uma revisão e ampliação dos mesmos, facilitando para ele a formação ou a readequação dos seus conceitos iniciais e seus modelos mentais de maneira mais apropriada, tornando mais fácil sua interpretação e melhor o entendimento dos assuntos a serem estudados.

**Palavras-chave:** Aprendizagem significativa. Campos conceituais. Protótipo. Objeto de aprendizagem.

## ABSTRACT

QUADROS, Celso Gonçalves de. **All Physical for water below:** The construction and use of a submarine prototype for Physics teaching. 2010. 182 f. Dissertation (Master's Degree in Teaching of Science and Technology) - Program of Masters Degree in Teaching of Science and Technology, Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2010.

The present paper is an overture classroom application of David Ausubel's Learning Theory, the meaningful learning, and the Psychology Theory of Conceptual Fields of Gerard Vergnaud. The application of some of the activities in this paper was developed in 2009, in two distinct classes of the high school technical course program in the Ponta Grossa Technological Federal University of Parana Campus - UTFPR. It was developed a qualitative research which pointed out the main existing problems in the students' conceptual thinking concerning to the Physics topic researched, whose result was utilized to the elaboration of the presented activities. Thus, finding to determine conformity with the theories mentioned above to expand the applied activities and suggest others, in order to try to solve the conceptual problems observed in the research, surely aiming to improve the quality of Teaching Physics. Therefore, the activities applied in the classroom like the ones suggested in the paper were lined mainly in the utilization of a submarine prototype and some accessories, in a sequential way, whose main goal was the integration of several Physics concepts analyzed in the discipline along with its application. So that, the prototype was foreseen to be, as a initial reference, as a reference to be reused in the following activities to teach various Physics Concepts, providing to the student a review and an enlargement of these concepts, facilitating him the formation or the readequation of their initial concepts and their mental models in a more appropriate manner, making it easier its interpretation and a better understanding of the subject which will be studied.

**Keywords:** Significant learning. Conceptual field. Prototype. Learning object.



## LISTA DE DESENHOS

Desenho 1 - Vista lateral do protótipo com dimensões .....	52
Desenho 2 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV ...	127
Desenho 3 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV ...	128
Desenho 4 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV ...	129
Desenho 5 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV ...	130
Desenho 6 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV ...	131
Desenho 7 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV ...	132
Desenho 8 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV ...	133
Desenho 9 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV ...	133
Desenho 10 - Parte frontal .....	167
Desenho 11 - Corpo - parte central.....	168
Desenho 12 - Parte posterior - A .....	169
Desenho 13 - Parte posterior - B .....	170
Desenho 14 - Cabine .....	171
Desenho 15 - Direcionador de fluxo e proteção da hélice.....	171
Desenho 16 - Parte frontal da cabine (janelas) .....	172
Desenho 17 - Porta da cabine .....	172
Desenho 18 - Leme de direção .....	172
Desenho 19 - Estabilizador dianteiro direito .....	173
Desenho 20 - Estabilizador dianteiro esquerdo .....	173
Desenho 21 - Estabilizador traseiro esquerdo .....	173
Desenho 22 - Estabilizador traseiro direito .....	173
Desenho 23 - Hélice - opção 1 .....	173
Desenho 24 - Hélice - opção 2 .....	174

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Protótipo .....	51
Fotografia 2 - Protótipo .....	52
Fotografia 3 - Protótipo .....	52
Fotografia 4 - Protótipo flutuando na água no tanque pequeno .....	53
Fotografia 5 - Protótipo flutuando na água, no tanque grande .....	53
Fotografia 6 - Dinamômetro .....	54
Fotografia 7 - Protótipo e dinamômetro .....	54
Fotografia 8 - Parte frontal, posterior, com estabilizadores e leme montados, utilizando a opção 1 para a hélice .....	174
Fotografia 9 - Parte frontal, posterior, com estabilizadores e leme montados, utilizando a opção 2 para a hélice .....	174
Fotografia 10 - Cabine completa e corpo, montados.....	175
Fotografia 11 - Protótipo montado .....	175
Fotografia 12 - Protótipo flutuando na superfície da água - vista lateral .....	175
Fotografia 13 - Alunos da 1ª série .....	176
Fotografia 14 - Alunos da 1ª série .....	176
Fotografia 15 - Alunos da 1ª série .....	177
Fotografia 16 - Alunos da 1ª série .....	177
Fotografia 17 - Alunos da 1ª série .....	178
Fotografia 18 - Alunos da 1ª série .....	178
Fotografia 19 - Alunos da 1ª série .....	179
Fotografia 20 - Atividade na 1ª série .....	179
Fotografia 21 - Alunos da 1ª série .....	180
Fotografia 22 - Atividade na 1ª série .....	180
Fotografia 23 - Alunos da 1ª série .....	181
Fotografia 24 - Alunos da 3ª série .....	181
Fotografia 25 - Alunos da 3ª série .....	182

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Questões do questionário representadas em ordem crescente de dificuldade, para a 1ª série, conforme constatação da análise do percentual de respostas corretas.....	72
Quadro 2 - Questões do questionário representadas em ordem crescente de dificuldade, para a 2ª e 3ª séries juntas, conforme constatação da análise do percentual de respostas corretas.....	83
Quadro 3 - Distribuição dos percentuais de acerto por turma, para as três séries .....	100
Quadro 4 - Distribuição do percentual médio de acerto para todas as séries e para o agrupamento da 2ª e 3ª séries .....	101
Quadro 5 - Médias obtidas no primeiro questionário de verificação, por série, por curso e geral .....	102
Quadro 6 - Distribuição dos percentuais, por tipo de resposta (S, P e I), das turmas de 3ª série na questão 15 do primeiro questionário de verificação .....	107
Quadro 7 - Médias percentuais comparativas, por tipo de resposta (S, P e I), entre a questão 11 do 1º questionário e a questão 1 - b do 2º questionário de verificação, obtidas pelas turmas de 1ª série.....	119
Quadro 8 - Distribuição do percentual médio de acerto no segundo questionário de verificação para as turmas de Mecânica e Agroindústria da 1ª série, e para a turma de Agroindústria de 3ª série.....	121
Quadro 9 - Médias obtidas no segundo questionário de verificação na 1ª série, por curso e geral .....	122
Quadro 10 - Comparação entre as médias obtidas pelas turmas de 1ª série no 1º e no 2º questionário de verificação .....	122
Quadro 11 - Médias percentuais comparativas, por tipo de resposta (S, P e I), da questão 1 - b do 2º questionário de verificação, obtidas pelas turmas de 1ª série, comparadas com uma turma de 3ª série .....	124
Quadro 12 - Médias percentuais comparativas, por tipo de resposta (S, P e I), entre a questão 11 do 1º questionário, a questão 1 – b do 2º questionário e a questão adicional, obtidas por alunos de 1ª série .....	126

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Médias percentuais por questão, por tipo de resposta (S, P e I), referentes ao primeiro questionário de verificação, obtidas pelos alunos da 1ª série e também pelos alunos da 2ª com a 3ª série juntas .....	102
Gráfico 2 - Médias percentuais, por tipo de resposta (S, P e I), obtidas pelas turmas de 3ª série na questão 15 do 1º questionário de verificação.....	107
Gráfico 3 - Médias percentuais comparativas, por tipo de resposta (S, P e I), entre a questão 11 do 1º questionário e a questão 1 - b do 2º questionário de verificação, obtidas pelas turmas de 1ª série.....	120
Gráfico 4 - Médias percentuais, por tipo de resposta (S, P e I), obtidas pelas turmas de 1ª série no segundo questionário de verificação .....	121
Gráfico 5 - Comparação entre as médias obtidas pelas turmas de 1ª série no 1º e no 2º questionário de verificação .....	122
Gráfico 6 - Médias percentuais comparativas, por tipo de resposta (S, P e I), entre a questão 11 do 1º questionário, a questão 1 – b do 2º questionário de e a questão adicional, obtidas por alunos de 1ª série .....	127

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS.....	24
1.1.1 Geral.....	24
1.1.2 Específicos .....	24
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
2.1 A QUESTÃO DO CONHECIMENTO E O ENSINO DE FÍSICA.....	39
2.2 AS COMPETÊNCIAS E O ENSINO DE FÍSICA .....	41
2.3 A ORIENTAÇÃO PARA O TRABALHO E O ENSINO DE FÍSICA.....	44
2.4 SUGESTÃO PARA PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM DIGITAIS .....	47
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>50</b>
3.1 PARÂMETROS UTILIZADOS PARA A ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS.....	68
3.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA 1ª SÉRIE .....	70
3.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA 2ª E 3ª SÉRIES .....	83
3.4 ANÁLISE DA QUESTÃO INCLUÍDA NA SEGUNDA AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA, APÓS A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE 1 .....	103
3.4.1 Na Turma de Mecânica .....	103
3.4.2 Na Turma de Agroindústria .....	103
3.5 ANÁLISE DA QUESTÃO ADICIONAL NÚMERO 15, PERTENCENTE AO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO, APLICADA PARA AS TURMAS DE TERCEIRA SÉRIE. ....	105
3.6 ANÁLISE DO SEGUNDO QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO .....	108
3.6.1 Análise para a Primeira Série .....	109
3.6.2 Análise para a Terceira Série .....	122
3.7 ANÁLISE DA QUESTÃO PROPOSTA NO FINAL DO ANO LETIVO AOS ALUNOS DE PRIMEIRA SÉRIE. ....	125
3.8 ANÁLISE E DISCUSSÕES.....	134
3.9 RECOMENDAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS .....	139
3.9.1 Cinemática.....	139
3.9.2 Estática .....	140
3.9.3 Dinâmica .....	141
3.9.4 Hidrostática .....	142
<b>4 SUGESTÕES DE UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....</b>	<b>143</b>
4.1 NA PRIMEIRA SÉRIE .....	143
4.1.1 Unidades de Medida.....	143
4.1.2 Movimento .....	144
4.1.2.1 MRU (Movimento Retilíneo Uniforme).....	144
4.1.2.2 MCU (Movimento Circular Uniforme) .....	145



4.1.2.3 MRUV (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado) .....	145
4.1.3 Força Resultante.....	146
4.1.4 Dinâmica .....	147
4.1.5 Atrito .....	148
4.1.6 Trabalho .....	148
4.1.7 Potência.....	149
4.2 NA SEGUNDA SÉRIE .....	150
4.2.1 Densidade.....	150
4.2.2 Pressão Hidrostática .....	152
4.2.3 Empuxo .....	152
4.3 NA TERCEIRA SÉRIE.....	153
4.3.1 Revisão sobre Força Resultante .....	153
4.3.2 Gerador Elétrico .....	154
4.3.3 Receptor Elétrico.....	155
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>156</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>159</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>163</b>
<b>APÊNDICE A - Ilustrações .....</b>	<b>166</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A educação é um processo complexo, começa muito cedo, ainda na primeira infância, estendendo-se até a fase adulta e final da existência. Ela é resultante de diversas interações entre os seres humanos e, também, da relação com outros sistemas. O resultado deste processo contínuo se engendra no modo de pensar e de agir de cada ser humano. Essa relação de interdependência proporcionou à sociedade humana o conjunto global de experiências e conhecimentos acumulados, o desenvolvimento de processos e produtos.

Dentro desse contexto, o homem se educa em diferentes situações: numa esfera informal, a educação ocorre de forma natural, nas diversas relações sociais; numa outra esfera, a educação é formalizada na escola a partir de um sistema organizado hierarquicamente e com objetivos criteriosamente definidos.

Com relação à vida escolar, os objetivos são organizados em cada uma das várias fases que se sucedem, o que denota uma contribuição significativa para formação integral do ser humano. Desta forma, em cada etapa e também de maneira geral, há um empreender, para que o aluno possa situar-se, e assim agir de modo adequado com vistas aos seus anseios e da sociedade à qual pertence, ao nível de desenvolvimento tecnológico e dos diversos processos pelos quais passam as relações de interação social.

Nas escolas de Ensino Médio que especificamente abrangem a educação de jovens no final de sua formação básica, num período decisivo para a escolha de uma área de atuação profissional, educar toma um sentido maior - preparar cada cidadão para o mundo do trabalho. A escola agrega, portanto, além de outros objetivos, o de promover ações, além do currículo comum das disciplinas, voltadas também para o futuro profissional. Esse princípio norteador do Ensino Médio está contemplado nos PCNs (2000, p. 9), conforme segue:

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional explicita que o ensino médio é “a etapa final da educação básica” (art. 36), o que concorre para a construção de sua identidade. O Ensino Médio passa a ter a característica da terminalidade, o que significa assegurar a todos os cidadãos a oportunidade de consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no ensino fundamental; aprimorar o educando como pessoa humana; possibilitar o prosseguimento dos estudos; garantir a preparação básica para o trabalho e a cidadania; dotar o educando de instrumentos que permitam “continuar aprendendo” tendo em vista o desenvolvimento da compreensão dos “fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos” (art.35, incisos I a IV). É o ensino médio que irá melhorar a interpretação destes conceitos.

Assim, torna-se fundamental que exista esse elo propulsor, principalmente, nas disciplinas técnico-científicas, das quais a Física faz parte. Uma boa formação conceitual aguçar a percepção do estudante para que ele possa entender os processos nos quais ele está inserido. Desse modo, nessa interação não é exequível o desenvolvimento de um ensino conteudista e mecanizado.

O aluno quando egresso do ensino médio ou técnico deverá estar capacitado a atuar com competência e consciência crítica, buscar as possíveis soluções para os problemas existentes, ou para os que surgirão paralelamente ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Para atender as novas demandas da sociedade, a escola vem passando por muitas transformações em busca de melhorias em vários aspectos, mas ainda é necessário torná-la mais atrativa para o aluno, trazendo-o para um ambiente estimulador no qual ele desenvolva a vontade de aprender. A cada dia, são novos os desafios para os educadores, em face do entorno mais dinâmico e atrativo que o do ambiente escolar. Torná-lo interessante e próximo à realidade do aluno constitui-se ainda um devir, como se depreende no comentário de Alves (2003, p. 51):

Os dietistas estão interessados em alimentar de maneira científica aqueles que comem,... Os cozinheiros, ao contrário, estão interessados em produzir prazer e felicidade. A qualidade da educação ainda é um desafio, não bastando somente o aumento da quantidade de estabelecimentos de ensino para uma maior escolarização, com mais vagas, mas também a busca e a manutenção da qualidade.

É nesse cenário que a escola tem sobrevivido, buscando caminhos, pois segundo Fogaça e Salm (2006, p. 42) “elevou-se a escolaridade formal da população em idade escolar, mas a sólida base da educação geral que se esperava não se realizou”. Há necessidade de ações pontuais em cada uma das disciplinas, em cada um dos cursos e, em cada um dos níveis de ensino.

Na área de Física há uma linguagem bastante específica a ser entendida em todos os seus detalhes. As leis e parâmetros que regem os fenômenos são usualmente traduzidos por funções matemáticas e o aluno necessita compreendê-los, além do significado de tais leis. Há também este inter-relacionamento com a matemática, tornando-a uma ferramenta importante para que o aluno possa assimilar esta linguagem. Desta forma, integração maior poderá ser concomitantemente promovida dentro da Física, segundo Demo (2008, p. 2),

“Hoje se fala pouco de alfabetização em matemática, sugerindo, entre outras coisas, que a matemática seja entendida como texto, não apenas como cálculo... a matemática precisa adquirir a aura do saber pensar, não apenas de aplicar fórmulas”.

Há uma grande responsabilidade, por parte das pessoas envolvidas diretamente com a educação, em promover as transformações necessárias como explicita Macedo (2008, p. 2), “educação é o tipo de coisa que o mercado não resolve. Não se pode deixar nem por conta da empresa nem da família a responsabilidade pela educação”.

Assim, na área de Física, por ser uma ciência que possui caráter quantitativo, transformando as leis numa linguagem de símbolos - a matemática, procura nos cálculos, além de valores numéricos, também a coerência com as unidades de medida, o que permite se promover uma interação em que o aluno possa compreendê-la melhor.

Os valores numéricos encontrados na física não são aleatórios, incorporam um significado prático, atrelados a uma base mais sólida que as simples operações, pois estão sempre representando alguma grandeza, como por exemplo: um comprimento, um volume, uma temperatura ou velocidade, e os conceitos implícitos exigem uma interpretação mais integrada e uma representação simbólica adequada. Dentro desse aspecto, apesar de ser um objetivo secundário, abre-se na Física uma possibilidade de melhoria de integração e compreensão da matemática, ao mesmo tempo em que se consolida a interpretação dos modelos matemáticos quando estes são associados aos fenômenos físicos de interesse ao objeto de estudo. Estes conhecimentos estão naturalmente integrados, porém, o sistema escolar os separa e o aluno nem sempre os integra novamente, conforme enuncia o documento do MEC/OCEM (BRASIL, 2008, p. 54):

Na prática é comum a resolução de problemas utilizando expressões matemáticas dos princípios físicos, sem argumentos que as relacionem aos fenômenos físicos e ao modelo utilizado. Isso se deve em parte ao fato de que esses problemas são de tal modo idealizados que podem ser resolvidos com a mera aplicação de fórmulas, bastando ao aluno saber qual expressão usar e substituir os dados presentes no enunciado do problema. Essas práticas não asseguram a competência investigativa, visto que não promovem a reflexão e a construção do conhecimento. Ou seja, dessa forma ensina-se mal e aprende-se pior.

A Física é uma disciplina técnico-científica que tem dado sua parcela de contribuição para o desenvolvimento tecnológico, sendo uma das alavancas do processo de produção industrial, mas esta área ainda necessita de melhorias, e segundo Hamburger (1989, p. 8):

É uma área de grande interesse para pesquisas, fomentadas de diversas maneiras, e atendendo aos interesses maiores de vários setores da sociedade atual. Durante e após a segunda guerra mundial, a ciência de uma maneira geral, e a física em particular, era assunto de grande interesse por parte dos governos, com estes canalizando recursos para pesquisas, principalmente com interesse bélico. Porém, atualmente, pesquisas nesta área se voltam para a produção, com os físicos tendo sido relegados para um segundo plano por parte dos governos.

Com relação ao ensino de Física de forma geral, sendo esta uma disciplina de base para pesquisas em muitas áreas de interesse econômico em todo mundo, no Brasil é um campo em expansão, tornando-se necessário que o País adquira maior independência tecnológica, e para atingi-la, conforme cita Hamburguer (1989, p. 111), “é necessário aumentar significativamente as pesquisas em ciências básicas e aplicadas, inclusive a Física”. Isto está vinculado, em parte, às ações governamentais no tocante à criação e manutenção de centros de pesquisas e, em parte, à formação de pessoal especializado em quantidade suficiente e com qualidade.

Ainda, de uma maneira geral para qualquer disciplina, e para que o foco principal das pretensas melhorias no sistema educacional não seja somente visando o aumento da quantidade de estabelecimentos de ensino, ou de professores por aluno, considerando que este necessário aumento da quantidade poderia significar a redução da qualidade, por falta de outros investimentos relativos à manutenção e melhoria do sistema, torna-se necessário lembrar que é importante manter a qualidade onde há, promovendo constantemente a busca de melhorias em todos os segmentos educacionais, para que se possa a qualquer tempo, inserir o jovem qualificado no mercado de trabalho e atender, simultaneamente, ao desenvolvimento e às carências sociais com maior eficácia.

Ações nesse sentido, portanto, devem acontecer como processo contínuo, aumentando-se o nível de aprendizado acerca das possibilidades e formas de ensinar disponíveis aos profissionais que estão atuando em sala de aula, permitindo-lhes adequar os meios e métodos de ensino existentes na prática diária com adaptações às exigências atuais de eficiência, buscando-se otimizar o uso do tempo de aula. Pesquisas acerca do tema, que visem proporcionar também para o aluno uma maior integração dos conhecimentos a ele disponíveis e, principalmente, a implantação efetiva de ações para a obtenção da melhoria pretendida, trarão maior qualidade de aprendizado que, em outras palavras, proporcionarão ao aluno aprender efetivamente, conforme destaca Morin (2006, p. 24):



Nossa civilização e, por conseguinte, nosso ensino, privilegia a separação em detrimento da síntese. Ligação e síntese continuam subdesenvolvidas. E isso, porque a separação e a acumulação sem ligar os conhecimentos são privilegiadas em detrimento da organização que liga os conhecimentos. Como nosso modo de conhecimento desune os objetos entre si, precisamos conceber o que os une. Como ele isola os objetos de seu contexto natural e do conjunto do qual fazem parte, é uma necessidade cognitiva inserir um conhecimento particular em seu contexto e situá-lo em seu conjunto.

Após alguns anos de estudo e, após passar pelo ensino médio ou técnico, o aluno se defrontará com a necessidade de resolver, ou ajudar a resolver problemas novos, seja em sua nova área de estudo no ensino superior, ou no seu trabalho, o que exigirá maior integração entre seus conhecimentos e maior habilidade de raciocínio. Quando o aluno for egresso de um curso técnico ou de nível médio, uma das consequências em seu trabalho, resultante das disciplinas da área das ciências exatas adequadamente entendidas por ele neste nível de ensino, é a contribuição para melhorar seu potencial de resolução de problemas reais. Ainda, na continuidade dos estudos, quando este aluno estiver cursando o ensino superior, outra consequência é de proporcionar-lhe uma maior capacidade de abstração, porque neste nível de ensino há necessidade de um tratamento teórico mais aprofundado em qualquer área do conhecimento, especialmente quando se utiliza da matemática como ferramenta, devido à necessidade atual e crescente de se fazer estudos com previsões cada vez mais confiáveis. Esta idéia reforça-se com a fala de Morin (2007, p. 33), que diz:

Quanto sofrimento e desorientações foram causados por erros e ilusões ao longo da história humana, e de maneira aterradora no século XX! Por isso, o problema cognitivo é de importância antropológica, política, social e histórica. Para que haja um progresso de base no século XXI, os homens e as mulheres não podem mais ser brinquedos inconscientes não só de suas idéias, mas das próprias mentiras. O dever principal da educação é de armar cada um para o combate vital para a lucidez.

Desta forma, os professores, que são os profissionais diretamente envolvidos e estão enfrentando as situações no dia a dia em sala de aula, necessitam buscar constantemente melhorias para que possam concretizar da maneira mais eficiente possível o que se entende por ensino, o que permitirá ao aluno realizar com maior eficiência o que se entende por aprendizagem, tornando mais efetivo o processo ensino-aprendizagem.

Assim, o presente trabalho está voltado inicialmente para alunos de primeira série do ensino técnico, por se perceber o desinteresse de muitos quando não há um vínculo do

que está sendo trabalhado, com algo real e palpável, ficando somente em teorias e exercícios. Para o desenvolvimento deste trabalho foi construído um protótipo de submarino com seus acessórios e sua aplicação em sala de aula teve como suporte a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e da formação de conceitos de Gerard Vergnaud.

O protótipo referido no presente trabalho foi construído com o objetivo de ser um elemento norteador a ser utilizado nas atividades propostas. É um modelo em escala reduzida, 1:8 (um para oito) de um minissubmarino que está sendo desenvolvido. Para utilização do protótipo foram desenvolvidas e aplicadas paralelamente algumas atividades na primeira série e sugeridas outras atividades, tanto para a primeira quanto para a segunda e terceira séries.

O termo *protótipo* foi utilizado para se referir ao modelo citado porque, segundo o dicionário do MEC (BRASIL, 1992, p. 916-917), o termo *proto* significa: primeiro, principal. *Protótipo* significa primeiro tipo ou exemplar, modelo. Segundo o dicionário Aurélio (2010), o termo significa: primeiro exemplar, primeiro modelo, original. Fig. O exemplar mais exato, mais perfeito.

Ainda, numa escola de ensino médio ou superior, justifica-se o uso do termo, pois os alunos devem ser incentivados a criar novos produtos ou soluções que configurem melhorias, e uma das maneiras eficientes de se testar um novo produto ou um possível melhoramento, buscando soluções e identificando antecipadamente problemas de projeto ou de produção, além do uso de simuladores virtuais, é utilizando-se de protótipos físicos, e estes procedimentos deverão ser incentivados desde o ensino médio. Assim, sobre o uso de protótipos físicos no desenvolvimento de produtos, referentes ao estudo do desenvolvimento de um produto, nos falam Volpato e Mercer Neto (2006, p. 109):

O uso de protótipos físicos na etapa de desenvolvimento de produtos mostrou-se muito útil para detecção de problemas, pois foi possível detectar várias falhas no produto de forma rápida. Adicionalmente o protótipo físico possibilitou a realização de modificações que facilitaram o processo de manufatura e montagem do produto, o que não foi possível com os modelos em CAD (Computer-Aided-Design - Desenho auxiliado por computador).

Portanto, procurando incentivar os alunos e auxiliá-los no ensino dos conceitos de Física, o protótipo e os acessórios foram desenvolvidos e utilizados em algumas aulas procurando-se trabalhar os conceitos e leis físicas de forma integrada, assim como as

atividades foram propostas, na tentativa de mostrar gradativamente aos alunos, embasando-se nos vários aspectos do funcionamento de um submarino, que tais conceitos poderão ser generalizados para outras situações. Além disso, sendo os protótipos de maneira geral, uma ferramenta bastante eficaz para a solução de problemas na área de engenharia, este protótipo neste nível de ensino tem também a função de contribuir para dar aos alunos esta visão.

Considerando também o modo de assimilação dos alunos para novos conhecimentos, segundo as teorias que deram suporte ao trabalho, a forma integrada de conceitos e gradativa de especificidades é a maneira mais eficaz para se propor o que deve ser aprendido. Porém, tem como diferencial, a importância a ser dada pelo professor aos processos cognitivos para a consolidação da aprendizagem. Desta forma, segundo Hans Aebli (1970, p. 167-174):

A presença concreta do objeto de ensino e, por meio dele, o contato sensorial entre o observador e o objeto, representa uma condição necessária (mas não suficiente para ver). Daí resulta para o professor a importante tarefa didática de proporcionar ao aluno o contato com as coisas. O ideal é que o professor consiga colocar o aluno em contato com o objeto, e quando isto não é possível, pode-se utilizar de modelos, que apresentam a vantagem de, como representação tridimensional reduzida da realidade, podem ser manipulados e observados de todos os lados. Muitos modelos podem ser decompostos e novamente montados (p. ex., modelos de máquinas), mas as qualidades do objeto serão compreendidas quando ele for submetido a influências adequadas. Por exemplo, num mapa utilizado como recurso didático, onde se procuram os nomes e particularidades, as formas principais não são necessariamente gravadas.

Como complemento, e com a finalidade de possibilitar também discussões da tecnologia aplicada, com este trabalho pretendeu-se mostrar o funcionamento de determinados dispositivos necessários ao funcionamento do protótipo, como chaves, relês, circuitos elétricos e outros dispositivos similares instalados em outras máquinas, bem como equipamentos existentes no mercado atualmente, procurando-se atender ao propósito de se criar outros vínculos na disciplina.

Em função, e além do que já foi mencionado anteriormente, a tentativa foi de proporcionar para os alunos uma ligação entre algumas profissões e profissionais que incorporam em sua prática diária os conceitos físicos, além da técnica, a ergonomia, conforto e segurança, que são temas presentes e discutidos em qualquer profissão atualmente e pertinentes ao tema em questão.

Desta maneira, esperou-se que os conceitos físicos fossem mais facilmente e firmemente incorporados à vida do aluno, sendo que a suposição intrínseca desta proposta é que haveria maior qualidade de aprendizado, tentando fazer também com que o aluno adquirisse maior responsabilidade, devido ao enfoque dado ao estudo de um protótipo, que representa um equipamento de maior porte.

Assim, buscou-se com o presente trabalho uma formação mais sólida no ensino médio ou técnico, particularmente na área de Física, onde as ações objetivando o referido ensino sejam voltadas à integração dos tópicos a serem abordados, visando à integração dos conhecimentos, para que o estudante seja capaz, em uma etapa posterior do processo, participar com algum acréscimo de ideias, e resolver mais facilmente os novos desafios a ele apresentados.

Sabendo que o ensino de Física influencia sobremaneira na visão de mundo das pessoas, reconhecendo-se ser esta uma das disciplinas que facilitam a produção de novas descobertas e o desenvolvimento tecnológico e avaliando a contribuição que a mesma pode dar ao aluno na transição do ensino médio ou técnico para o ensino superior e/ou para o trabalho, é que este trabalho foi proposto.

Na UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), numa disciplina técnico-científica que é a Física, tendo como público alvo alunos de ensino técnico percebem-se necessidades específicas, além da teoria em sala de aula, ou mesmo das atividades de laboratório. É necessário algo mais envolvente, uma maior integração com a realidade, que faça com que o aluno entenda melhor e de maneira mais eficaz os conceitos e leis tratadas nesta disciplina, para que este aluno possa recorrer a tais conteúdos mais facilmente quando necessário, aplicando-os corretamente.

Uma contribuição para melhoria do processo de ensino de física poderá ser obtida através deste trabalho que, ao mesmo tempo em que se propõe a criar um incentivo para o aluno estudar, seja também abrangente em termos de conteúdos que possam ser desenvolvidos, promovendo-se a integração dos conceitos como um caminho, pelo qual o aluno possa fazer a sua necessária integração das informações presentes nos conteúdos que recebe. Desta forma, o principal desafio deste trabalho foi o de encontrar um caminho para ensinar os vários conceitos de Física de forma a proporcionar a integração desses conceitos, utilizando-se de um protótipo de submarino.

Como o tema escolhido foi o submarino, vale lembrar alguns aspectos históricos e físicos do seu desenvolvimento, sendo que estes últimos é que serão tratados mais especificamente no desenvolvimento do trabalho, permitindo ao aluno tratar de outras

situações semelhantes, que utilizam os mesmos conceitos físicos. Desta forma é que esta opção para o foco do trabalho foi escolhida, pois permitiria que a integração pretendida fosse alcançada.

O primeiro projeto de um submarino primitivo consta de 1515, por Leonardo da Vinci. A partir daí, William Bourne desenhou, em 1758, um aparelho submersível. Em 1620, um submarino foi construído e testado por Cornelius Drebbel no rio Tâmesa, na Inglaterra. Projetos e testes continuaram, havendo outros seguidores desta ideia. Depois desses projetos e protótipos iniciais foram desenvolvidos outros, especialmente com a função bélica. Submarinos são, portanto, embarcações construídas com condições para navegar submersas, os quais são ainda largamente utilizados.

Os maiores submarinos em operação atualmente, em sua maioria, são utilizados pelas marinhas de vários países para defesa. Alguns submarinos são providos de propulsão nuclear, podendo permanecer por meses submersos, mas ainda há em operação submarinos de propulsão diesel-elétrica, os quais precisam subir para a superfície após algum tempo de navegação submersa. Navegando na superfície, estes submarinos são propelidos por um motor a explosão, cujo combustível é o óleo diesel, proporcionando também que sejam carregadas as baterias que serão utilizadas no acionamento do motor elétrico quando submerso. Há também outros submarinos de menor porte, com propulsão elétrica, utilizados para pesquisa e resgate, funcionando com o mesmo princípio físico dos maiores.

Num submarino nuclear, o reator nuclear fornece energia térmica, aquecendo a água e produzindo vapor à alta pressão, a qual aciona uma turbina, que por sua vez aciona um gerador que alimenta o motor elétrico. (MUTTI, 2010).

Quanto à capacidade de flutuar, todas as embarcações estão sujeitas à força de empuxo, vertical para cima aplicada pela água, assim como qualquer outro corpo sofre esta ação de força quando imerso em um fluido. O peso da embarcação é outra força vertical importante a ser considerada, e que, numa situação de equilíbrio, é igual ao peso da água deslocada por ela.

Especificamente para um submarino, a capacidade de afundar ou flutuar é determinada pela variação do seu peso, sendo, portanto, a sua submersão e imersão controladas por tanques de lastro, que garantem estas operações e também sua estabilidade. São câmaras que podem ser preenchidas com água, aumentando o peso para submersão, e esvaziadas por bombas de ar comprimido, diminuindo o peso para emersão, permitindo desta maneira ao submarino navegar submerso e também na superfície. Para o controle de



estabilidade quando submerso, há também câmaras auxiliares na proa e popa, que podem estar, alternadamente, cheias de água ou ar.

Para a operação de submersão e antes de o submarino submergir totalmente, o empuxo varia continuamente, sempre se igualando ao peso, que ocorre enquanto os tanques de lastro estão sendo cheios, pois, à medida que ele submerge, mais água estará sendo deslocada pelo seu casco. Uma vez submerso, o empuxo não mais aumentará devido ao volume de água deslocada pelo submarino, que é o volume externo do casco. (JESUS; MARLASCA; TENÓRIO, 2007, p.599-603).

Após a submersão, que é a passagem de todo o seu volume abaixo da superfície da água, para que o submarino continue afundando, é necessário que o peso aumente tornando-se maior que o empuxo, o que se consegue colocando água nos tanques de lastro até um limite determinado pelo volume das câmaras, que determinará a velocidade de descida, ou pela profundidade pretendida para navegação submersa. Portanto, para que um submarino fique submerso em equilíbrio estático, ou navegue numa determinada profundidade, seu peso deve se igualar ao empuxo. Desta maneira, para que um submarino depois de submerso volte à superfície, seu peso deve ser menor que o empuxo e, uma vez na superfície, seu peso voltará a igualar-se ao empuxo, o qual irá diminuir devido à redução do volume de água deslocado pelo submarino, que nesta situação, terá uma parte do seu casco fora da água.

Os princípios físicos que determinam a estabilidade e o movimento de um submarino são objetos de estudo deste trabalho, possibilitando assim que os alunos aumentem o nível de conhecimento sobre o tema e a abrangência de seus conceitos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Geral

Proporcionar o ensino de vários conceitos de física de forma integrada, utilizando-se de um protótipo de submarino.

### 1.1.2 Específicos

- Construir um protótipo de submarino com seus acessórios, aplicando-o como material didático;
- Elaborar um manual didático para a aplicação das atividades em conformidade com o método proposto;
- Investigar a viabilidade da utilização de um protótipo de submarino para ensinar Física, nos vários tópicos que são abordados na disciplina, nas três séries do ensino médio.
- Vincular a teoria à prática, tanto para a fixação dos aspectos importantes dos conceitos, como também, preferencialmente, fazer uma análise quantitativa dos tópicos abordados;
- Enfatizar os conceitos físicos, causando uma mudança de visão da física para os alunos, buscando maior integração e melhor qualidade de aprendizado.
- Verificar através dos questionários se a utilização do protótipo proporcionou a integração dos conceitos trabalhados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente trabalho está embasado, em parte, na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e, em parte, na teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud, por dois motivos: o primeiro é que essas duas teorias se complementam para o propósito deste trabalho, e o segundo, é que a teoria de Vergnaud representa segundo Moreira (2004, p. 3):

Uma nova proposta para embasar trabalhos dentro do ensino da disciplina de Física, apesar de já ser muito aplicada em pesquisas sobre ensino de matemática. Enquanto a primeira se volta para o sistema cognitivo dos alunos, tendo como principal argumento o fato de se levar em consideração principalmente o que o aluno já sabe antes de aprender um novo conceito, a outra se volta principalmente para o modo que os conceitos são formados.

Todas as ciências têm uma linguagem bastante precisa em suas definições e conceitos, resultado de muitos anos de trabalho de observação dos fenômenos pelo homem, entre formulações de teses, testes, confirmações e refutações de ideias. Este longo processo disponibilizou para a humanidade uma quantidade e qualidade enorme de informações, que representam o conhecimento científico atualmente disponível, sendo este um processo contínuo. Crianças continuam nascendo e crescendo expostas a um complexo de novos aparelhos e situações, resultado da integração entre o conhecimento e o desenvolvimento de produtos tecnológicos.

Ao longo do desenvolvimento humano, a linguagem particular de cada uma das ciências foi lentamente moldada com a elaboração de leis e a criação de conceitos, termos e símbolos próprios, com os quais muitas pessoas se familiarizaram, e outras ainda devem se familiarizar, ao menos em parte, até o final da sua formação escolar básica. O ensino de ciências e, especificamente da Física no ensino médio tem, em parte, tais objetivos de formação, para que cada um dos alunos tenha uma melhor compreensão dos muitos fenômenos, naturais ou não, hoje conhecidos. Esta interação é necessária nesta fase entre os estudantes e os processos e produtos resultantes do citado desenvolvimento tecnológico de uma maneira geral, permitindo a eles poderem tratar melhor das especificidades nas suas áreas de estudos posteriores à escola básica.

O ser humano recebe muitas informações pela visão, mas os outros órgãos sensoriais e de processamento fazem o complemento necessário, para que possa relacionar-

se com o ambiente, começando assim a adquirir conhecimento através destes mecanismos desde muito cedo.

Na infância, para uma criança, o processo de transmissão e assimilação de conhecimentos é natural dentro de seu meio, resultante de uma interação com as coisas e pessoas, recebendo também destas, além de outras informações, os alertas sobre os perigos presentes no dia a dia, que nesta fase do desenvolvimento são consideradas muito relevantes pelo sistema cognitivo, o que facilita a retenção da informação. Mais tarde, com seu sistema cognitivo mais desenvolvido, pela busca natural de respostas a outros questionamentos, feitos às pessoas mais próximas ou não, há uma integração e ampliação dos conceitos anteriores e, todo este contexto será responsável pela transmissão de conhecimentos e valores próprios da cultura na qual o indivíduo está inserido. Vale mencionar uma ideia sobre os conceitos, por Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 73):

Vivemos, antes de tudo, num mundo de conceitos, e não num mundo de objetos, eventos e situações. A realidade que vivenciamos psicologicamente está relacionada somente indiretamente às propriedades físicas de nosso meio e aos nossos correlatos sensoriais. A realidade, falando de modo figurativo, é percebida através de um filtro conceitual ou categórico. Ou seja, o conteúdo cognitivo de um grupo de palavras, ou falada, ou escrita, que compõe uma mensagem é uma versão altamente simplificada, abstrata e generalizada da realidade à qual se refere no mundo físico e das experiências conscientes e reais que estas realidades evocam no narrador. Quando alguém, por exemplo, conta-nos que está vendo uma “casa”, esta pessoa não está comunicando uma experiência real, e sim uma versão altamente simplificada e generalizada dela - uma interpretação que reflete o consenso cultural em torno dos atributos essenciais (específicos e identificadores) de “casa”. A experiência consciente *real* do evento é infinitamente mais pormenorizada com respeito ao tamanho, forma, estilo, beleza e custo provável do que a mensagem comunicada pelo indivíduo através do uso genérico do termo “casa”.

Com relação à evolução dos parâmetros teóricos na área de educação, somente para uma referência cronológica, houve uma mudança na forma de se pensar o ensino, recentemente discutida e gradativamente aplicada em alguns segmentos educacionais, e que não aconteceu de maneira diferente no que se refere ao ensino de Física, segundo Rosa (2007, p. 6):

A teoria que imperava no Brasil até metade do século XX derivava do sistema americano, que valorizava mecanismos que resultariam em comportamentos observáveis dos indivíduos, que considerava que a aprendizagem ocorre por repetição e reforço. Este método foi questionado, em função de ter aparecido outro cujo foco valorizava os processos mentais, e no ensino de física começaram a surgir trabalhos que seguiam as teorias de Jean Piaget, David Ausubel e Levy Vigotsky, que utilizam a construção do conhecimento como referência, mudando o foco do pensamento que imperava, levando-se ao planejamento dos atos de ensinar a serem reprogramados, partindo-se de outra premissa para embasá-los.

Houve maior atenção por parte dos educadores também no Brasil, procurando implantar uma mudança importante ao se valorizar mais o sistema cognitivo do aluno. Segundo Pontes Neto (2006, p. 128), "É importante consignar que a teoria da aprendizagem significativa está sendo cada vez mais difundida em nosso país". Hoje, dentro de muitas disciplinas e especialmente em Física, a aprendizagem significativa é uma tendência bastante coerente, por considerar tais processos cognitivos, os quais necessitam ainda de investigações.

Mudanças efetivas e consistentes somente serão possíveis quando houver maior difusão, discussão e aplicação efetiva das teorias que tratam do tema. Os resultados obtidos destas aplicações no dia a dia da sala de aula, resultantes de um processo de mais difícil implantação e mais demorado, devem ser monitorados continuamente pelo seu executor.

Portanto, de uma maneira geral, atualmente mais atenção está sendo dada à forma como se processa a aprendizagem nos indivíduos. Utilizando-se estes conhecimentos a favor do processo ensino-aprendizagem, para o ensino de Física está se voltando o foco das pesquisas às teorias que enfatizam tal enfoque, o qual, na teoria da aprendizagem significativa, está voltado principalmente, para o fato dos novos conhecimentos se apoiarem em ideias gerais e importantes já presentes no aluno. Segundo Moreira (1999, p. 153):

A aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor* ou simplesmente *subsunçor*, (que é uma tentativa de apontar a palavra inglesa "subsumer", equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador), existente na estrutura cognitiva do aluno. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos e proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos mais gerais, mais inclusivos. Um conceito como força, por exemplo, já presente na estrutura cognitiva dos alunos, servirá de subsunçor para certos tipos de força, entretanto, este processo da "ancoragem", da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor.

Desta maneira, o aluno depende de seus conhecimentos prévios (subsunçores) para aprender e, o que ele aprende a partir de seus conhecimentos prévios, torna-se complemento dos mesmos. Estes novos conceitos acabam por serem inter-relacionados, formando ideias cada vez mais completas que se tornarão os novos subsunçores, que servirão de apoio para novas idéias a serem incrementadas e novos conceitos aprendidos acerca do mesmo tema. Assim, se por um lado, dentro da teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel, o professor deve valorizar o que o aluno já sabe, por outro, deve fornecer subsídios para que o mesmo consiga ampliar sua visão anterior. Ou seja, não basta resgatar o que o aluno já sabe, mas sim, ampliar gradativamente o conceito inicial que o aluno possui, criando condições para que isto aconteça. Sobre esta questão nos fala Moreira (2000, p. 3):

em última análise, só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos. David Ausubel já nos chamava atenção para isso em 1963. Hoje todos reconhecemos que nossa mente é conservadora, e que aprendemos a partir do que temos em nossa estrutura cognitiva.

Conforme já foi mencionado, foram duas as teorias que embasaram este trabalho, uma vez que as duas teorias, da aprendizagem significativa e dos campos conceituais se complementam, há de se esperar alguma semelhança em termos gerais e alguma diferença em termos específicos para que se possa fundi-las, proporcionando-se desta fusão uma base mais sólida. Assim, a teoria dos campos conceituais de Vergnaud, segundo Moreira (2004, p. 10):

Não é uma teoria de ensino de conceitos explícitos e formalizados, mas sim, uma teoria psicológica do processo de contextualização do real que permite localizar e estudar continuidades e rupturas entre conhecimentos do ponto de vista do seu conteúdo conceitual. Segundo ele, a definição de conceito para Vergnaud se dá através de três conjuntos (S,I,R), onde S é um conjunto de situações que dão sentido ao conceito, I é um conjunto de invariantes operatórios (objetos, propriedades, relações), sobre os quais repousa a operacionalidade do conceito, e R é um conjunto de representações simbólicas (linguagem natural, gráficos e diagramas, sentenças formais, etc), e, são respectivamente, referente, significado e significante.

Vergnaud também se utiliza do conceito de campo conceitual, que é um conjunto de situações e problemas em que, para seu tratamento, há necessidade de conceitos,

procedimentos e representações que estão interligados. O que levou Vergnaud ao conceito de campo conceitual foi, segundo Moreira (2004, p. 10), devido a três fatores:

1) um conceito não se forma de um só tipo de situação; 2) uma situação não se analisa com um só conceito; 3) a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo de muito fôlego que se estende ao longo de anos, às vezes uma dezena de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, entre concepções, entre procedimentos, entre significantes.

Assim como a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a teoria dos campos conceituais de Vergnaud valoriza igualmente o sistema cognitivo, porém, com outra abordagem, preocupando-se com a maneira, ou seja, como os conceitos são formados, interferindo no processo de aquisição do conhecimento, e para isso, enfatiza Moreira (2004, p. 8):

Vergnaud parte da premissa que o conhecimento está organizado em *campos conceituais* cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um período de tempo, através da experiência, maturidade e aprendizagem. Campo conceitual é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição. O domínio de um campo conceitual não ocorre em alguns meses, nem mesmo em alguns anos. Ao contrário, novos problemas e novas propriedades devem ser estudados ao longo de vários anos se quisermos que os alunos progressivamente os dominem. De nada serve tentar contornar as dificuldades conceituais; elas são superadas na medida em que são encontradas e enfrentadas, mas isso não ocorre num só golpe.

Assim, com os parâmetros contidos nestas teorias, e para melhor promover a aprendizagem em Física, o ideal é que o aluno se coloque em determinadas situações a serem propostas pelo professor, mediadas por este, nas quais as novas informações possam ser gradativamente incrementadas, com o objetivo de fazer com que este aluno possa encontrar um caminho para o aprendizado a partir de seus conhecimentos prévios, utilizando-se dos recursos de que já dispõe. Desta maneira, haverá no processo uma interação entre os conhecimentos preexistentes e o novo conhecimento, onde o aluno poderá encontrar soluções para os problemas a ele propostos, ao mesmo tempo em que faz e refaz mais relacionamentos cognitivos, ampliando o alcance do seu conceito inicial. Segundo Moreira (2000, p. 4):

Ele deve fazer o uso de significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo em que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo reconciliação integradora de modo a identificar as semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer, o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento.

Ao aluno, portanto, deverão ser propostas situações, colocando-o para interagir, porém, ainda segundo Moreira (2004, p. 11), “o conceito de situação empregado por Vergnaud não é o de situação didática, mas sim o de tarefa, sendo que toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas, para as quais é importante conhecer suas naturezas e dificuldades próprias”.

No ensino médio, na disciplina de Física, o trabalho com novos termos ou ressignificados para termos já conhecidos exigirá do aluno uma linguagem mais elaborada, que é necessária para que ele possa formar os novos conceitos ou reformular conceitos anteriores, que nesta fase escolar em Física são vistos com maior rigor técnico, como também em outras disciplinas.

Para este trabalho na área de Física, desde a interpretação das situações mais simples, do repouso ou do movimento de um corpo, da força resultante atuante no mesmo, sua causa e consequências, além da representação correta destas situações, para que, posteriormente, no estudo do empuxo, da energia e do rendimento de máquinas, o aluno possa trabalhar de forma que os conhecimentos sejam ampliados e cada vez mais integrados, através do uso do protótipo, desde a primeira até a terceira série.

Segundo as teorias utilizadas para o desenvolvimento do trabalho, esperou-se que acontecesse, num processo mental realizado pelo aluno, uma facilitação da interpretação dos conceitos básicos da disciplina de Física, para que ele pudesse entender melhor estes conceitos, além de outros mais complexos, por necessitarem de maior integração. Se o aluno conseguir interpretar os conceitos de forma mais integrada, tornará mais fáceis e efetivas as outras situações de resolução de problemas normalmente trabalhadas na disciplina para fixação dos conteúdos.

Portanto, se as teorias em questão enfatizam o que ocorre na mente do indivíduo com relação ao que ele é capaz de fazer com as novas informações que recebe, por outro lado, na escola há várias disciplinas, nas quais existe uma grande quantidade de informações a serem repassadas e assimiladas, sendo um desafio na disciplina de Física o de fazer com que o aluno primeiro queira conhecê-las, o que torna o ato de ensinar dependente deste embasamento teórico.



Na Física do ensino médio, foco deste trabalho, no que se referiu aos conhecimentos científicos trabalhados na disciplina, esperou-se que, com o citado embasamento houvesse maior compatibilidade entre a forma de abordagem do que se pretendia ensinar e a forma de organização do aprendizado pelos alunos.

Considerando os processos relativos ao modo de aprender das pessoas, onde o cérebro utiliza-se de um complexo sistema integrado que seleciona e guarda o que for considerado mais importante de maneira mais eficaz, faz com que ele descarte com o passar do tempo as informações irrelevantes ou com pouca integração com o que existe de mais consolidado na mente do indivíduo, e isto está, de certa maneira, relacionado com o maior ou menor tempo de retenção de uma informação ou da qualidade com a qual a informação é guardada. Sobre isto nos fala Moreira (1999, p. 152):

Ausubel valoriza a aprendizagem cognitiva, que resulta do armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende, e esse complexo organizado é entendido como estrutura cognitiva. Para ele, tal estrutura é entendida como um conteúdo total de idéias de certo indivíduo e sua organização; ou, conteúdo e organização de suas idéias em uma área particular de conhecimentos. É o complexo resultante de processos cognitivos, ou seja, dos processos por meio dos quais se adquire e se utiliza conhecimentos.

Em termos de conceitos físicos, há desde cedo para as crianças o contato com fenômenos como o efeito de uma força, o movimento e o repouso dos corpos, a eletricidade, o movimento e o repouso da água, a aceleração gravitacional, a luz, o som e outros. Tais conceitos são formados inicialmente por interações diretas dos indivíduos tanto pela utilização dos seus sentidos, assim como em função do seu desenvolvimento cognitivo e das suas capacidades motoras.

Nesta fase do desenvolvimento promovem-se concomitantemente as interações necessárias à sobrevivência, que são consideradas importantes pelo cérebro, proporcionando um alto grau de retenção da informação, fazendo com que as crianças adquiram uma quantidade de informações e modos de procedimento que já se transformaram, de alguma maneira, em conceitos gerais e conceitos que pertencem especificamente à Física, mesmo sem elas se darem conta disso nesta fase. Segundo os PCN+ (2002, p. 83):

Os alunos chegam à escola já trazendo em sua bagagem cultural vários conhecimentos físicos que construíram fora do espaço escolar e os utilizam na explicação dos fenômenos ou processos que observavam em seu dia-a-dia. Muitas vezes, constroem até mesmo modelos explicativos consistentes e diferentes daqueles elaborados pela ciência. Em relação aos movimentos, por exemplo, muitos acreditam que só há movimento com a ação de uma força, tendo dificuldade de associar a força à variação de movimento.

Por exemplo, voltando para uma época mais remota da vida de uma pessoa, numa fase inicial do desenvolvimento quando ainda engatinha, e começa a passar para a fase de dar os primeiros passos, acontece uma interação maior do que ela já possui até aquele momento, necessitando de outros aprendizados e integrações. Quanto ao aprendizado relativo à força gravitacional (peso), por exemplo, a criança começa a perceber a intensidade da força necessária para empurrar seu corpo para ficar em pé, e a rapidez proporcional com que acontecem os movimentos dependentes desta força (aceleração causada por ela), ou da aceleração gravitacional, que poderá causar-lhe uma queda rápida. Vale lembrar que a força peso está presente desde as primeiras horas de vida, e já proporcionou à criança outras interações que serão gradativamente complementadas.

A consciência da força que uma criança deve fazer para erguer-se, ou para erguer os objetos, aos poucos vai melhorando seus parâmetros, juntamente com seu desenvolvimento motor, até que ela descobre que uma mesa é “pesada”, e outro objeto menor, manipulável, não é. Também a distância que ela consegue lançar um objeto que conseguiu erguer, e ainda a força necessária para lançá-lo, é uma ampliação dos conceitos anteriores, ou ainda, ao tentar empurrar um objeto, às vezes conseguindo, às vezes não.

As razões para que tais efeitos ocorram é que não estão explícitas, e nem a criança estaria apta a aprender estas razões neste momento. É mais importante conhecer os efeitos nesta fase, e não as causas, pois é uma questão também de sobrevivência. Ainda, para a interpretação correta de tais efeitos faltam à criança muitos complementos cognitivos de interação, os quais lhe darão somente mais tarde as condições de suporte para o aprendizado de especificidades e aprofundamentos.

Desta forma, quando a criança já está maior e aprende a correr e a parar de correr, e depois, a perceber melhor o movimento de vários outros corpos, numa mistura que vai desde o movimento natural, que depende do peso (cuja causa não é percebida pela criança nesta fase), como por exemplo, ao jogar uma pedra ou uma bola para cima e saber aproximadamente em quanto tempo ela cai no chão novamente, até o movimento que depende de algum tipo de propulsão, como o movimento de bicicletas, automóveis, ou

algum brinquedo movido à corda ou à pilha, a formação dos conceitos relativos a tais processos vão melhorando.

Por exemplo, ao ver um trator com suas articulações móveis, adequando-se para empurrar terra, e empurrando-a, pode ser encantador para algumas crianças, porém, a percepção de tudo que foi citado é um processo idiossincrático, mas em geral, as possibilidades cognitivas são gradativamente melhoradas quanto às possibilidades de conexões e efetivação de novos aprendizados. Segundo Teixeira (2005, p. 82):

O conhecimento do senso comum ou popular é aquele adquirido assistematicamente, através das experiências de vida. Compõe as experiências empíricas, o modo comum, natural, pré-crítico e ametódico de aquisição conhecimento, no contato rotineiro ou ocasional com a realidade. Tem o objetivo de orientar ou capacitar o homem a viver em seu cotidiano, a reconhecer os fenômenos e os seres que compõem a sua realidade, para a solução de problemas. Desenvolve-se a partir da constatação de similaridades entre eventos e objetos, sem qualquer atividade mediadora que possa amparar seu grau de certeza. Este tipo de conhecimento sobrevive ao longo do tempo e é transmitido de indivíduo para indivíduo, de pais para filhos, dos mais velhos para os mais novos e assim sucessivamente. Está relacionado com a ciência e com ela pode sofrer modificações, uma vez que é a base sobre a qual se constroem as teorias científicas.

Passando agora para uma fase mais avançada do desenvolvimento, na qual um adolescente deve interpretar corretamente a origem do próprio peso, ou o peso das coisas como dependente da aceleração gravitacional, parece ser mais difícil que a interpretação de outras forças que agem nos corpos. Segundo Roland Garcia (2002, p. 167-168)

Nos séculos que vão de Aristóteles a Descartes, o movimento era concebido como um resultado da ação de uma força (que Aristóteles chama de potência) a qual requeria o contato direto entre o agente que gera a força e o corpo que se move por sua ação. A mudança de concepção que se produz com a Revolução científica de século XVII está centrada nesse ponto. Num processo para o qual contribuem Galileu e Descartes, mas que culmina com Newton, nesse momento acontece uma completa reconceitualização das noções de força e movimento. Na teoria aristotélica, a força produz o movimento e determina sua velocidade. Na nova concepção a força modifica o movimento e determina a aceleração (aumento de velocidade ou mudança de direção). Nisso consistiu a idéia revolucionária da lei da inércia, segundo a qual o movimento retilíneo com velocidade constante é um estado equivalente ao repouso, que não requer a ação de qualquer força para continuar indefinidamente. Note-se bem o grau de abstração necessário para chegar a esta lei, em aparente contradição com a experiência cotidiana, base sobre a qual Aristóteles apoiou sua teoria.

Os exemplos anteriormente citados referem-se à mecânica, mas isto ocorre também para outras áreas, da Física ou não. Tratando-se especificamente do desenvolvimento cognitivo de um indivíduo, ele é gradual, assim como o desenvolvimento muscular e ósseo e outros sistemas, que acompanham todo o processo até a fase adulta. Particularmente nos seres humanos, o desenvolvimento da linguagem verbal, fornece à pessoa, a cada dia, novas condições de ação e diferentes possibilidades de interpretação das mesmas situações anteriores, em cada novo estágio de seu desenvolvimento.

Desta maneira, como todo este processo é parte do desenvolvimento integral do adulto e acontece continuamente desde o nascimento, a criança em idade escolar chega nesta fase já com muitas informações e modos de procedimentos que foram aprendidos e incorporados ao seu sistema cognitivo e motor, e que, segundo as teorias, deverão ser ampliados, sempre a partir do último estágio relevante de conhecimentos naquela área, e desenvolvidos a partir de algum modo de procedimento já presente no indivíduo. Para tanto, Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 67) consideram que:

Embora o funcionamento cognitivo pré-verbal exista e caracterize a conduta e pensamento dos organismos inferiores e das crianças, desempenha um papel relativamente de menor importância na aprendizagem escolar. Para fins práticos, a aquisição de conhecimento acadêmico depende da aprendizagem verbal e outras formas de aprendizagem simbólica. De fato, devido à linguagem e à simbolização é que as formas mais complexas do funcionamento cognitivo tornaram-se possíveis.

O aspecto ora enfocado, onde a aquisição de conceitos começa a ocorrer ainda muito cedo, e que esses conceitos preliminares irão influenciar o aprendizado futuro, quando passa a ser visto pela teoria dos campos conceituais de Vergnaud, assume uma conotação um tanto diferente, da qual nos fala Moreira (2004, p. 11):

Para Vergnaud, muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações que fomos capazes de dominar ou de nossa experiência tentando modificá-las. As situações é que dão sentido ao conceito; as situações é que são responsáveis pelo sentido atribuído ao conceito; um conceito se torna significativo através de uma variedade de situações. Mas o sentido não está nas situações em si mesmas, assim como não está nas palavras e nem nos símbolos, é uma relação do sujeito com as situações e com os significantes. Mais precisamente são os esquemas.

Portanto, outra concepção que aparece aqui, e que foi utilizada por Vergnaud, introduzida por Piaget, é o conceito de esquema<sup>1</sup> que, segundo Moreira (2004, p. 12) é “a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações”. Os esquemas contêm conhecimentos, que são segundo Moreira (2004, p. 15), definidos pelas expressões “conceitos em ação” e “teoremas em ação”, e podem ser designados pela expressão “invariantes operatórios”, que são os conhecimentos contidos nos esquemas.

Por outro lado, para que seja formada uma conceituação adequada, conforme Ausubel, os subsunçores (concepções prévias) deverão existir. Porém, quando não existirem, eles poderão ser formados, para que possa se processar de maneira adequada a aprendizagem tornando-se significativa. Assim, quando a informação for totalmente nova, a formação de um primeiro conceito subsunçor pode ocorrer, e para tal, Moreira (1999, p.155) aponta duas possíveis respostas:

Uma é por aprendizagem mecânica<sup>2</sup>, que seria necessária quando um indivíduo adquire informações de uma área totalmente nova para ele, isto é, este tipo de aprendizagem ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. A partir do momento em que começa a ocorrer aprendizagem significativa sobre estes subsunçores, estes vão ficando cada vez mais elaborados e capazes de ancorar novas informações. A outra é que quando crianças pequenas, os conceitos são adquiridos por um processo conhecido como “formação de conceitos”, o qual envolve generalizações em instâncias específicas. Segundo ele, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que sirvam de âncora para a nova aprendizagem, e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente.

Deste modo, quando se trata do ensino formal, para que a aprendizagem ocorra e se torne significativa, outro pré-requisito importante que deve existir, além dos subsunçores, que fazem parte da estrutura cognitiva do indivíduo, é que existam os

---

<sup>1</sup> Um exemplo de esquema segundo MOREIRA, dado por Franchi (1999, p. 165), pode ser útil para ilustrar esses aspectos. Trata-se do esquema da enumeração de uma pequena coleção de objetos discretos por uma criança de cinco anos: por mais que varie a forma de contar, por exemplo, copos na mesa, cadeiras na sala, pessoas sentadas de maneira esparsa em um jardim, não deixa de haver uma organização invariante para o funcionamento do esquema: coordenação dos movimentos dos olhos e o gesto dos dedos das mãos, enunciação correta da série numérica, identificação do último elemento da série como o cardinal do conjunto enumerado (acentuação ou repetição do último “número” pronunciado). O esquema descrito utiliza-se de atividades perceptivomotoras, a significantes (as palavras e números) e a construções conceituais, como a correspondência biunívoca entre conjuntos de objetos e subconjuntos de números naturais. Recorre a conhecimentos que identificam o último elemento da série. Estes conhecimentos orientam o desenvolvimento da ação, sendo chamados de conhecimentos em ação. A ausência de uma conceituação adequada está no centro da origem dos erros sistemáticos cometidos pelos alunos.

<sup>2</sup> Ausubel (1999, p. 154) define como: Aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Não há relação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como contínuo. Desta forma, essa distinção não deve ser confundida com a distinção entre a aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção.

organizadores prévios, que, para Novak e Gowin, segundo Moreira (2000, p.5) “são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem, servindo de ponte entre o que o aprendiz já sabe, e o que deveria saber, para que este material seja potencialmente significativo”. Para o aluno que não possui uma concepção inicial do que vai ser aprendido, este material poderá criar esta concepção, utilizando-a como ponto de partida. A partir daí o aluno irá melhorar o conceito inicial que possui, utilizando-se para isto de um mecanismo de comparação e fixação de novas informações relevantes para se efetivar a aprendizagem. Este processo cognitivo, portanto, deverá ser considerado quando se deseja para o aluno uma aprendizagem significativa. Ainda segundo Ausubel, Novak e Hanesian (apud MOREIRA, 2000, p. 4), há uma ordem de acontecimentos cognitivos quando a aprendizagem significativa se processa, que são:

- A diferenciação progressiva: As idéias mais gerais devem ser apresentadas desde o início da instrução e, progressivamente, diferenciadas em termos de detalhes e especificidade.
- A reconciliação integradora: Explora as relações entre conceitos e proposições, e chama a atenção para as diferenças e semelhanças, reconciliando inconsistências reais e aparentes.
- A organização sequencial: Consiste em sequenciar tópicos ou unidades de estudo, de maneiras tão coerentes quanto possível, observados os dois princípios anteriores.
- A consolidação: Leva a insistir no domínio do que está sendo estudado antes de introduzirem-se novos conhecimentos. É decorrência natural da premissa de que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia na aprendizagem significativa.

Outro aspecto importante a ser considerado é que, segundo Moreira (2004, p. 17), os “invariantes operatórios (contidos nos esquemas, que são os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação) de Vergnaud, podem se tornar explícitos, sendo que a escola é que vai proporcionar ao aluno construir conceitos e teoremas explícitos e cientificamente aceitos a partir do conhecimento implícito”.

Todo o processo de aprendizagem, e especialmente da aprendizagem significativa, depende ainda de outra variável que é a disponibilidade do aprendiz. Nem sempre há a disposição para aprender, e quando isto acontece, compromete-se a ocorrência da aprendizagem, o que é outro fator relevante a ser considerado, pois, segundo Gowin (1981, apud MOREIRA, 2000, p. 5), “O aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. Tem que manifestar uma disposição para relacionar à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos do

currículo”, sendo este o ponto de partida deste trabalho, ou seja, primeiro procurar criar a predisposição para aprender, nos alunos que ainda não a possuem.

Desta maneira, quatro importantes fatores contribuem para a melhoria do processo de aprendizagem, cabendo ao professor desenvolvê-los, pois, segundo Ausubel (apud MOREIRA, 1999, p. 162), são:

1 - A identificação da estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, os conceitos a serem aprendidos, identificando os que sejam mais inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras, e organizá-los hierarquicamente de modo que, progressivamente, abranjam os menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos.

2 - Identificar quais os subsunçores (conceitos, proposições, idéias claras, precisas, estáveis) relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente este conteúdo.

3 - Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificamente relevantes (previamente identificados ao “mapear” e organizar a matéria de ensino), quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.

4 - Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitam a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa do professor aqui é a de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimentos, por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis. É óbvio que, para isso, deve levar em conta não só a estrutura cognitiva do aluno no início da instrução e tomar providências adequadas (por exemplo, usando organizadores, ou “instruções remédio”), se a mesma não for adequada.

No fundo, tudo o que foi dito até agora acerca do processo ensino-aprendizagem, e especificamente segundo a abordagem ausubeliana é, simplesmente, uma diferenciação da idéia central que caracteriza essa abordagem, ou seja: O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo. Enfatizou-se a importância da estrutura cognitiva preexistente e a necessidade de identificá-la, de alguma forma, a fim de ensinar com base no que foi identificado. Em função disso, deixou-se de fazer referências específicas a métodos instrucionais e técnicas de avaliação.

Assim, no contexto específico deste trabalho, foi realizada uma pesquisa inicial com os alunos da 1ª série envolvendo os tópicos a serem trabalhados nesta série, objetivando detectar o conhecimento inicial e a capacidade representacional relativos a alguns tópicos nesta série. Também foi realizada uma pesquisa com os alunos de 2ª e 3ª séries referentes aos mesmos tópicos, cujo objetivo foi detectar, além do conhecimento e a capacidade representacional, os problemas conceituais que estes alunos apresentam, referentes aos tópicos envolvidos.

No ensino médio, pelo fato destes alunos já terem passado por todo o processo de desenvolvimento já mencionado, entram agora numa fase importante da etapa escolar, em todas as disciplinas que a compõe. Especificamente na área de Física os alunos terão

novamente contato com vários tópicos já estudados, e por eles conhecidos ao menos nos seus atributos mais gerais, e estão numa fase na qual deverão estudar estes tópicos com enfoques mais específicos e aprofundados, que dependem de maior capacidade de representação e abstração. Para que cada aluno aprenda os novos conceitos nesse nível de desenvolvimento, há necessidade, principalmente, de um bom desenvolvimento do vocabulário e de uma capacidade representacional: Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 45):

Após os anos pré-escolares, o significado de grande parte das palavras novas é adquirido por definição ou encontrado através da descoberta em contextos apropriados, e relativamente explícitos. Neste caso, a equivalência representacional se estabelece na estrutura cognitiva entre sinônimos e antigos conceitos ou entre novas palavras-conceito e significados induzidos por suas respectivas definições ou contextos. Uma definição ou contexto adequado indica, por sua vez, os atributos essenciais do novo conceito expresso por palavras significativas ou pela combinação dessas palavras. Entretanto, somente a aprendizagem representacional que acompanha a aprendizagem de um conceito - principalmente o processo de estabelecer uma correspondência entre o significante e significado - pode ser legitimamente considerada parte da aprendizagem de vocabulário, uma vez que, independentemente do tipo de raciocínio, a aprendizagem de vocabulário é sinônimo de aprendizagem representacional.

Assim, no ambiente escolar, desde a pré-escola, seja pelo contato com professores e outros alunos, seja pelo método ou materiais de ensino utilizados, enfim, diante de todos os atos de ensino trabalhados na vida escolar, o aluno irá se utilizar dos recursos e informações de que dispõe para tentar compreender tudo que de novo lhe for mostrado. A cada nova informação adquirida deverá ocorrer um aprimoramento dos conceitos a ela relacionados anteriormente, fazendo-lhes complementos e acertos, e integrando-os melhor.

Aos conceitos anteriores presentes nos alunos, portanto, será dada uma maior abrangência de relacionamentos e ampliação de especificidades, fazendo com que se tornem um novo conceito, agora em outro nível, aprimorado, mas que poderão sempre ser modificados no futuro com o acréscimo de outras novas informações ou relacionamentos, resultantes do mesmo processo. Vale salientar o que diz Moreira (2004, p. 19):



As concepções prévias dos alunos têm sido consideradas como erros, *misconceptions*, concepções ingênuas, concepções alternativas, em relação às concepções científicas. Para Vergnaud, esta maneira de conceber o conhecimento prévio supõe a criança, o aluno ou o adulto aprendiz como incompletos, imperfeitos ou deficientes em comparação a adultos especialistas. Essa abordagem, segundo ele, é inadequada às questões de desenvolvimento cognitivo envolvidas. Seria muito mais frutífero considerar o sujeito como um sistema dinâmico, com mecanismos regulatórios capazes de assegurar seu processo cognitivo.

Como o ambiente escolar é o lugar onde, além de outras funções, organizam-se as informações para que sejam repassadas no momento correto, adequadas para cada faixa etária e aos objetivos do curso, da escola, das necessidades da sociedade, os professores, que promovem este processo, além de selecionarem previamente o conteúdo, poderão continuamente encontrar a melhor maneira de repassar estas novas informações, de forma a facilitar o processo de assimilação. Ainda, se tudo que se faz no ambiente escolar é antecipadamente pensado, e se o processo for considerando como prevêm as teorias e, principalmente, o sistema cognitivo dos alunos, cuja aprendizagem é o objetivo final, poderá se conseguir melhor qualidade de ensino, o que determinará melhor qualidade de aprendizado.

Devem ser respeitados, portanto, os parâmetros de adequação e receptividade para novas informações que têm os seres humanos, principalmente na forma gradual que acontece este processo mental para assimilação de novas informações, seja na educação de crianças em período pré-escolar, de crianças em idade escolar, adolescentes ou adultos, entendendo-se que nos dois últimos há uma interdependência entre si e, para estes, uma dependência da forma como a aquisição de conhecimentos se processou nos dois primeiros, mostrando que o processo é complexo e lento.

## 2.1 A QUESTÃO DO CONHECIMENTO E O ENSINO DE FÍSICA

O necessário planejamento de atividades a serem desenvolvidas em sala de aula é um aspecto importante, um fator que irá contribuir sobremaneira na tarefa de ensino. Tal argumento é corroborado pela fala de Moretto (1999, p. 96-97):

A escolha dos conhecimentos a serem repassados para as crianças ou adolescentes deve ser criteriosa, de forma que estes sejam coerentes com as necessidades sociais dos indivíduos. A escola deverá cumprir, portanto, seu papel conservador e transformador ao mesmo tempo, ou seja, selecionar criteriosamente os conhecimentos existentes, e também, preparar criticamente os jovens, capacitando-os a avaliar melhor o seu meio, as conquistas e os anseios de sua comunidade.

Quando se trata do ensino de Física, além dos conceitos específicos, faz-se necessário mostrar ao aluno também a base teórica e os princípios físicos de funcionamento aplicados em muitos produtos disponíveis atualmente, para que ele saiba reconhecer estes princípios e possa ir além, aplicando-os. Cabe ao professor, que é o personagem que norteia os trabalhos na sala de aula, realizar atividades que considerem estes princípios da tecnologia aplicada, tendo também a possibilidade de retirar daí o conhecimento prévio do aluno, e a partir do que ele já sabe, a nova aprendizagem seja facilitada.

Atualmente a linha de norte para o ensino de Física é a visão construtivista, a qual é citada também por Moretto (1999, p.103):

Há uma interação entre os principais participantes do processo, então representados pelo conhecimento, o professor e o aluno, com a diferença que, a interação prévia que ocorre entre o aluno e o conhecimento, é levada em consideração pelo professor, que nesta visão, tem o papel de mediador, não sendo um mero transmissor de conhecimentos. O ensino passa a ser um processo de elaboração de situações que favorecem a construção de novas relações de aprendizagem, com real significado para o aluno.

O papel do professor é, então, de capital importância no que se refere ao ato de ensinar, porque é a partir dele que se desencadeiam diariamente, em cada um dos alunos, os rumos para se efetivar boa aprendizagem. Portanto, os momentos que antecedem cada aula, a cada dia, carecem de pesquisa e atualização constante, para que este processo de ensino possa ser aplicado efetivamente. Assim, a visão do ensino com este enfoque também nas academias, formadoras de novos professores, poderia fornecer-lhes ferramentas para dar suporte ao que se espera dos alunos quando formados.

Para este profissional da educação, um novo perfil que esteja orientado pelas conclusões das discussões que estão acontecendo atualmente, para que ele saiba redefinir seu norte se for preciso, visando implantar e/ou proceder às melhorias necessárias no processo de ensino em particular e da educação como um todo, contribuindo para as melhorias do dinâmico processo de desenvolvimento tecnológico e social.

Em muitas escolas ainda há várias carências, e o professor, a qualquer tempo, deverá saber discutir e trabalhar com estes problemas, tentando criar soluções, porém, sempre buscando recursos para que possa proporcionar aos seus alunos o melhor meio para atingir seu objetivo, com o menor impacto que as carências possam causar. Novamente, segundo Moretto (1999, p. 115), que afirma:

Ao professor como mediador, cabe conhecer as competências associadas ao seu papel no processo, ou seja, conhecer as tecnologias associadas ao seu conteúdo, de modo que possa oferecer melhores condições de aprendizagem, estando estas vinculadas às características do aluno e da disciplina, sendo a maior função da escola ajudar o aluno a gerenciar a informação, e não meramente fazê-lo acumular dados.

Como mediador, cabe ao professor, portanto, o papel de seleção desde a forma de abordagem dos conteúdos, como também dos recursos que serão utilizados, ou a melhor maneira de aproveitá-los. É importante frisar que a cada dia novas tecnologias estão disponíveis, não só para o professor, mas também para o aluno. Entretanto, no que se refere aos novos meios disponíveis para o ensino, o professor deverá investigar estas inovações de modo a adquirir subsídios para adotar ou não as novas tecnologias como recurso de ensino, para abandonar ou não alguns recursos ou estratégias de ensino utilizadas até então, cabendo-lhe também uma decisão por unir o que há de melhor nas duas formas, decidindo pela mais abrangente e a mais eficaz forma de utilização.

## 2.2 AS COMPETÊNCIAS E O ENSINO DE FÍSICA

Para o que se espera de um aluno formado no ensino médio, técnico ou outro nível de ensino, um termo que aparece frequentemente é a competência, da qual em termos conceituais fala Galdeano (2007, p. 200), “Competência é uma palavra de senso comum, utilizada para designar pessoa qualificada para realizar algo”. Assim, de um aluno formado espera-se que tenha adquirido determinadas competências em determinado nível de ensino.

O professor, portanto, deve saber o que espera do aluno em sua área de atuação, e deve realizar esforços para que este adquira efetivamente tais competências. Também é o professor o responsável por encontrar meios adequados para atingir o que espera de seus alunos, em qualquer época, com os recursos disponíveis. Efetivamente é o professor quem

deve ser o detentor desta visão, ou pelo menos, fazer esforços efetivos para que o profissional por ele formado tenha o perfil esperado, independentemente do nível e local no qual esse profissional irá atuar, e desta maneira na área de Física, é importante procurar focalizar os objetivos, em parte, também para o mercado de trabalho.

Pode-se, assim, fazer com que o aluno adquira algumas competências para o mercado de trabalho, porque, de maneira geral, não haveria sentido educar se não fosse também para o trabalho e de maneira particular, cada disciplina pode dar sua contribuição. Ainda, com relação às competências para o trabalho há algumas definições, e o que diz Galdeano (2007, p. 201) é que, no mundo do trabalho, entre profissionais de recursos humanos, é comum a utilização do termo competência proposta por Parry (1996, p. 50):

Competência é o conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes que afetam a maior parte do trabalho de uma pessoa, e que se relacionam com o desempenho do trabalho; a competência pode ser mensurada quando comparada com padrões estabelecidos e desenvolvida por meio de treinamento. Esta definição pode ser considerada reducionista, pois a referência é a tarefa e o conjunto de tarefas prescritas a um cargo.

Outra vertente investigada para a definição de competência é a dos representantes do mercado de trabalho, que discutem formas de desenvolver competências em função da vivência, da formação profissional e educacional do trabalhador. O conceito da Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2002, p. 21), abaixo citado, esclarece melhor:

Os saberes necessários ao desempenho profissional, portanto, são passíveis de se modificarem com o tempo, mas as competências construídas devem capacitar os trabalhadores para a busca de novos conhecimentos, processo pelo qual, novas competências requeridas são desenvolvidas. É o princípio básico do aprender a aprender, que deve permear todo o processo educacional.

Ainda, outro conceito conforme Perrenoud (1993, p. 202), citado por Galdeano, “construir uma competência significa aprender a identificar e a encontrar os conhecimentos pertinentes de interferência na prática”. Com esta perspectiva, os professores necessitam de formação contínua e também uma visão crítica e reflexiva sobre seus erros e acertos no processo de ensino, visando à busca de qualidade também na formação do aluno como um profissional, isto é, enxergar em cada um dos alunos um profissional no futuro.

Em parte, é também dentro deste contexto que se deve trabalhar para atender aos objetivos propostos com a utilização deste trabalho, que prevê a integração de alguns

tópicos em Física, possibilitando-lhes que sejam mais completos na forma de apresentação, e mais efetivos quanto aos objetivos educacionais por ele propostos. Esta necessidade pode ser percebida no texto do MEC/OCEM (BRASIL, 2008, p. 47), que trata das competências, e descreve:

A concepção da noção de competências como problema de referência dos saberes escolares dá sentido aos conteúdos e vai além. A noção de competências deve ser entendida como uma possibilidade de colocar a relação didática em perspectiva. Devem-se evitar oferecer aos alunos conteúdos específicos fragmentados ou, em muitos casos, técnicas de resolução de exercícios, já que o retorno será isso mesmo: conteúdos reprodutivos, na melhor das hipóteses, de pouca utilidade fora dos bancos escolares.

No ensino médio, portanto, que é o nível foco deste trabalho e uma etapa final da formação básica, contempla a disciplina de Física ainda como disciplina com objetivos de formação geral neste nível de ensino, apesar dos vários aprofundamentos de conceitos e especificidades previstas e do rigor matemático com que estes conceitos devem ser estudados. Vale aqui lembrar que, especificamente com relação à disciplina de Física neste nível, segundo o documento do MEC/OCEM (BRASIL, 2008, p. 53):

O ensino desta disciplina destina-se principalmente àqueles que não serão físicos, e terão na escola uma das poucas oportunidades de acesso formal a este conhecimento. Há de se reconhecer, então, dois aspectos do ensino de física, na escola: a Física como *cultura* e como possibilidade de *compreensão do mundo*. Assim, o que a física deve buscar no ensino médio é assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo em que se habita. Não apenas a forma pragmática, como aplicação imediata, mas expandindo a compreensão do mundo, a fim de propor novas questões e, talvez, encontrar soluções.

É, portanto, uma disciplina que se encontra numa etapa final do processo formal de ensino geral, onde se deve buscar o equilíbrio entre os pormenores de um conceito e sua abrangência, para se poder atingir as competências desejadas nesta disciplina no final desta etapa.

## 2.3 A ORIENTAÇÃO PARA O TRABALHO E O ENSINO DE FÍSICA

Conforme já mencionado, o jovem na escola de ensino médio necessita também buscar uma orientação para seu trabalho no futuro, mesmo que ele não tenha ainda isto bem claro no momento. Todavia, a cada novo tópico de cada disciplina, no decorrer de cada série no ensino médio, em algum momento isto se processa em sua mente de forma sutil, tornando-se uma preocupação crescente ao término desta fase escolar, mesmo que a escola não tenha a orientação para o trabalho de forma explícita em seu currículo.

Portanto, se no final do ensino médio a realidade da maioria dos alunos é esta, ou seja, enquanto alguns estarão necessitando escolher uma área para ingresso num curso superior, a qual determinará uma área de atuação profissional, outros estarão procurando uma vaga no mercado de trabalho. É importante que esses alunos despertem para tal necessidade antes deste momento, pois é um dos aspectos de decisão para a sua vida, a qual irá implicar em bem-estar e desenvolvimento próprio quando bem acertada.

Estas decisões cabem não só à família, mas também à escola. Aliás, o futuro dos estudantes sempre foi uma preocupação da escola, ou dos educadores, mesmo de forma velada, mas deve ser maior esta preocupação, principalmente nas disciplinas de núcleo comum, com a integração dessas necessidades, onde a preparação para o trabalho poderá ser também um fator norteador de ações, mesmo pequenas, a serem desenvolvidas nestas disciplinas. Conforme o texto dos PCNs (2008, p. 46):

Devem-se assumir também as práticas como referências e formas de articular teoria e prática, pois, além das pesquisas científicas, fundamentais ou aplicadas, também as práticas domésticas, industriais, ideológicas, políticas e tecnológicas, bem como suas funções sociais, devem servir às escolhas didáticas. Busca-se proporcionar aos alunos a aquisição de elementos de compreensão e/ou manuseio de aparatos tecnológicos, de máquinas e dos processos de produção industrial e outras atividades profissionais. Essa pode ser uma forma de se entender a preparação para o trabalho da qual trata a lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional/1996 e as Diretrizes Curriculares Nacionais do ensino médio. A tecnologia merece atenção especial, pois aparece nos Parâmetros Curriculares como parte integrante da área das Ciências da Natureza. Observa-se que nos livros didáticos os conteúdos pouco têm a ver com a tecnologia atual, ficando essa, na maioria das vezes, como simples ilustração. Deve-se tratar a tecnologia como atividade humana em seus aspectos prático e social, com vistas à solução de problemas concretos. Mas isso não significa desconsiderar a base científica envolvida no processo de compreensão e construção dos produtos tecnológicos.

Aos personagens norteadores da escola moderna caberá, portanto, ter consciência do seu papel formador de conceitos básicos e universais, necessários ao cidadão consciente,

como também o papel de orientação do jovem que o direcione para um campo do saber profissional. Com este enfoque, segundo Gibson (1975, p. 47):

O professor tem oportunidades diárias de demonstrar atitudes, organizar experiências de aprendizagem e fornecer informações que contribuam para o desenvolvimento e orientação profissional da criança. É preciso, então, não deixar escaparem todas estas oportunidades que a profissão proporciona, e que também deve ser um dos objetivos explícitos da escola.

Com tanto volume de informações disponíveis atualmente para todos nos mais variados meios de comunicação, vindas das mais diversas fontes, é necessário que em algum lugar se proporcionem discussões sobre muitas destas informações e o grau de confiabilidade das mesmas, também em função de suas fontes, assim o lugar mais adequado é ainda, além da família, a escola.

Em que o ensino de Física especificamente pode contribuir neste sentido? Não se trata de aconselhamento individual para o trabalho e, também, não se trata de criar dentro da disciplina um programa de orientação profissional, mesmo porque este não é seu principal objetivo, mas sim, de aliar o ensino de Física à possibilidade de encaminhamento do aluno para um determinado rumo, quando este ainda não o tem e se mostra com potencial para tal. Isto poderá ser conseguido nesta disciplina, pelo aluno ao longo do tempo, quando se possibilita a ele ter um incentivo próprio somente por conta de ter aprendido satisfatoriamente o que se propõe na disciplina.

Desta maneira, ou o aluno escolhe uma profissão para trabalhar, que tenha características das ciências exatas, ou caminha para a refutação deste rumo com maior conhecimento de causa e, neste caso, estará ele buscando outro caminho com mais certeza, segurança e vontade em outras áreas, por ter tido maior contato com as particularidades do caminho a ser refutado, o que ele fará com maior propriedade.

Assim, cabe ao professor em alguns momentos de sua prática diária, portanto, utilizar-se de uma metodologia que proporcione a cada aluno, imaginar-se numa situação de atuação profissional, para que ele consiga formar uma melhor opinião acerca de determinadas áreas, tornando possível, ao final do ensino médio, tomar a decisão mais correta o quanto possível para si. Sobre este aspecto os PCNs (2000, p. 79) ainda enfatizam que:

O trabalho é o contexto mais importante da experiência curricular do ensino médio, de acordo com as diretrizes traçadas pela LDB em seus artigos 35 e 36. O significado desse destaque deve ser devidamente considerado: na medida em que o Ensino Médio é parte integrante da Educação Básica e que o trabalho é o princípio organizador do currículo, muda inteiramente a noção tradicional de educação geral acadêmica ou, melhor dito, academicista. O trabalho já não é mais limitado ao ensino profissionalizante. Muito ao contrário, a lei reconhece que, nas sociedades contemporâneas, todos, independentemente de sua origem ou destino socioprofissional, devem ser educados na perspectiva do trabalho enquanto uma das principais atividades humanas, enquanto campo de preparação para escolhas profissionais futuras, enquanto espaço de exercício de cidadania, enquanto processo de produção de bens, serviços e conhecimentos com as tarefas laborais que lhe são próprias.

No caso da Física, que tem uma característica específica da precisão das ciências exatas, para aqueles alunos que já têm certa afinidade com este tipo de disciplina, haverá uma maior tendência e facilidade para a escolha de uma profissão que carregue os atributos desta ciência. Para os alunos que ainda não têm tanta habilidade com os números, e nem com a interpretação das leis físicas, e considerando que isto pode ter sido gerado por falta de oportunidades, há uma possibilidade de corrigir este desvio neste momento, e então, estes alunos poderão até tomar uma decisão favorável à área de ciências exatas para sua profissão, pois a física proporciona a interpretação das leis que a regem em função da utilização da linguagem de símbolos que é a matemática, traduzindo-as em equações, possibilitando aos alunos uma melhor visão desta ciência. Também proporciona uma oportunidade para que alguns alunos mudem a visão da matemática, quando eles a têm com uma visão distorcida das etapas anteriores de seu processo de aprendizado.

Mais alguns parâmetros poderão ser norteadores da presente proposta, e Gibson (1975, p. 27) cita alguns princípios que são oportunos serem transcritos aqui, e apesar de estarem direcionados à implantação da orientação profissional no ensino fundamental, para o enfoque dado ao ensino médio atualmente, nada impede de se dar continuidade a estes princípios no ensino médio. Portanto:

1 - Deve-se propiciar aos alunos a oportunidade de desenvolver uma base imparcial a partir da qual possam tomar decisões educacional-profissionais posteriores. ...

2 - O desenvolvimento precoce e contínuo de atitudes positivas no aluno, em relação à educação, é ponto crítico. Embora a deterioração do campo da escolha profissional seja trágica, o fracasso em manter o contínuo interesse em seu desenvolvimento educacional ótimo é desastroso.

3 - ... Muito frequentemente, os alunos atingem o estágio em que devem tomar decisões educacionais, considerando as profissões apenas em termos de descrições de empregos. Na escola fundamental **[ou de ensino médio]** (grifo nosso), há a oportunidade de desenvolver horizontes profissionais de maior



amplitude. Essa abordagem mais ampla para uma eventual escolha profissional baseia-se no princípio de que “um caminho profissional é um caminho da vida”.

4 - Os alunos devem ser preparados para perceber a relação entre educação e profissão. Se os alunos devem desenvolver uma atitude e acreditar que a educação é relevante, precisam igualmente compreender o quanto ela é importante e conhecer as relações entre níveis de educação e possibilidades profissionais relacionadas. Eles devem, também, tornarem-se conscientes das profissões que se originam diretamente de certos campos do conhecimento.

5 - Os alunos precisam compreender o “onde” e “por que” eles estão num determinado ponto do “continuum” educacional, em certo momento. Não é suficiente para o aluno saber que, neste ano ele está na terceira série e, no próximo, estará na quarta, se tudo correr bem.

6 - O aluno deve ter oportunidade para testar seus conceitos, habilidades e papéis para desenvolver valores que poderão ter aplicação no futuro profissional.

Não se pretende com este apanhado esgotar o assunto educação profissional, e nem é este o objetivo principal, nem da disciplina de Física e nem deste trabalho, porém, é oportuna a abordagem do tema, pois no ensino técnico integrado ou médio, e especialmente dentro dos tópicos e das competências da Física, pode o professor assumir também o papel de orientador profissional sem, necessariamente, mudar radicalmente o enfoque de cada tópico trabalhado, e sem que use muito mais tempo de aula para tratar deste modo dos assuntos a serem abordados. É uma questão, muitas vezes, de aproveitar a oportunidade, ou se preferir, uma forma de contextualização, tornando com isto também mais abrangente e significativo o novo conhecimento para o aluno.

## 2.4 SUGESTÃO PARA PRODUÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM DIGITAIS

Atualmente, devido aos estudos que já ocorreram na área de ensino, e às novas tecnologias que surgiram, e que podem ser aplicadas para tal, possibilitou-se o uso da informática para este fim, agregando novos produtos desenvolvidos à área de ensino.

Com a produção de novos recursos didáticos objetivando melhorias nos métodos de ensino e utilizando, além dos recursos didáticos tradicionais como cartazes, mapas, maquetes, também dos softwares integrados a estes recursos para se produzirem simulações que substituíssem as situações reais, houve a necessidade de definição para tais materiais com este propósito, que são denominados de objetos de aprendizagem.

A definição de objeto de aprendizagem não é precisa, sendo algumas voltadas especificamente para a área de informática. Entre outras, a definição seguinte, de que “qualquer entidade digital ou não digital que possa ser utilizada, reutilizada ou referenciada,

durante o uso de tecnologias que suportem o ensino, e segundo o *Institute of Eletrical and Eletronics Engineers IEEE* (2005), é uma definição que poderá ser utilizada nesse contexto, ao objeto desse trabalho.

Desta maneira, considerando o protótipo um objeto de aprendizagem, em relação aos objetos digitais ele tem duas diferenças: a primeira é que ele é um objeto real, um modelo físico, e não uma simulação em computador, e a segunda está na forma de utilização, pois diferentemente dos objetos de aprendizagem digitais encontrados atualmente e bastante difundidos, onde cada um faz a simulação de uma pequena parte de um todo, a proposta metodológica deste trabalho é o diferencial de tornar o protótipo uma referência constante em sala de aula, gradativamente nos vários temas a serem trabalhados na disciplina, nas três séries do ensino médio.

Como o propósito de um objeto digital de aprendizagem não é o de substituir o professor em sala de aula, mas sim auxiliá-lo na tarefa de ensinar, o objetivo é que a proposta metodológica para o uso do protótipo poderá ser aplicada na metodologia de produção e de utilização de novos objetos digitais de aprendizagem, sendo uma nova forma integrada de enfoque sequencial dos conteúdos. Na disciplina de Física, a forma de se tratar os conceitos para atingir os objetivos pedagógicos é mais importante, e deverá ser avaliada pelo professor quando ele resolver lançar mão de qualquer novo recurso que tenha o propósito didático. Porém, há de se levar em conta que em termos de conceitos físicos, muitas máquinas e equipamentos se prestam para utilização nos vários tópicos trabalhados na disciplina, permitindo-se aplicar a presente proposta, integrando-a também aos recursos tecnológicos digitais como imagens em movimento na tela de um computador, geradas por equações específicas, onde o aluno possa interagir.

A utilização de um protótipo de submarino por várias vezes, desde a primeira série do ensino médio, possibilita ao aluno um conhecimento maior e gradativo sobre o mesmo ao longo da primeira série, e um relacionamento entre os conteúdos à medida que o aluno avança para as séries subsequentes. Com este procedimento, procura-se contemplar de maneira integrada os objetivos de cada tópico trabalhado na disciplina. No decorrer de cada série, o aluno estará trabalhando com novas situações e informações a respeito do tema proposto que é o protótipo, melhorando seus conceitos físicos quando as novas informações vão sendo acrescentadas aos seus conhecimentos iniciais, incrementando-os, o que vem a ser o propósito principal desta proposta de ensino.

Atualmente, existem vários objetos digitais de aprendizagem sendo produzidos e utilizados, sendo recursos bastante dinâmicos que proporcionam a interação entre alunos e

tais objetos, suprem uma necessidade que é constante de visualização de fenômenos e realização de atividades aplicadas. A produção de tais objetos digitais de aprendizagem, utilizando-se como referência também das teorias que embasaram o presente trabalho parece ser promissora para esta aplicação, pois o que se procura com tais recursos de ensino é garantir um melhor aprendizado, sendo o objetivo final o aluno interpretar melhor o que ele está estudando, fazendo os relacionamentos necessários, preferencialmente utilizando parâmetros de raciocínio e não simplesmente de memória.

### 3 METODOLOGIA

A presente pesquisa propõe, portanto, a utilização de um protótipo de submarino, no qual vários conceitos físicos serão abordados nas três séries do ensino médio, desde a parte inicial das transformações de unidades de medida, que é recorrente em outros conteúdos de Física, passando pela mecânica na primeira série; a hidrostática na segunda série e a eletricidade e o rendimento de máquinas elétricas na terceira série. Portanto, o diferencial deste trabalho é fazer o uso do protótipo, proporcionando uma junção das partes estudadas, possibilitando aumentar o significado destas partes para o aluno, facilitando para ele a necessária integração.

É neste contexto que esta proposta de trabalho foi idealizada, pensando em um objeto de estudo que pudesse compor um todo, que seria desmembrado em partes para estudo e que pudesse levar o aluno a compreender e aplicar melhor os conceitos e leis trabalhados em Física. Em função do embasamento teórico utilizado para o desenvolvimento do trabalho, o tema escolhido ainda deveria incentivar o aluno à discussão em sala de aula, e também fora dela, pois os alunos, numa conversa com seus colegas ou com membros de sua família sobre o tema, também estariam se utilizando de uma das maneiras de melhor conduzi-los a formular suas conclusões, tornando mais consistente o aprendizado.

O ponto de partida para o desenvolvimento deste trabalho foi a primeira série do ensino técnico integrado de nível médio na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no campus de Ponta Grossa, que tem cursos técnicos nas áreas de agroindústria e mecânica. Objetivou-se fazer neste nível de ensino uma pesquisa qualitativa, aplicada e interpretativa, visando propor a integração de alguns tópicos trabalhados em Física, cuja aplicabilidade poderá ser estendida às outras séries ou, desde que adequadamente adaptada, a qualquer outra disciplina ou nível de ensino.

Como inicialmente a idéia para desenvolver este trabalho era de utilizar-se de uma máquina ou equipamento para estudo, e a partir deste se trabalhar os vários conceitos físicos que pudessem ser integrados, a decisão pelo protótipo de um submarino foi em função de estar em construção um minissubmarino e o protótipo seria bastante abrangente neste quesito. Deveria também ser pequeno que pudesse facilmente ser manipulado em sala de aula. Outro veículo ou máquina poderia também ser o tema dentro da metodologia proposta.

Por exemplo, há muito de Física, ou mais especificamente de mecânica e hidráulica num trator, seja qual for o modelo, que contempla desde sistemas mais simples

aos mais complexos. Entretanto, a forma de aplicação desta proposta, utilizando o protótipo para o nível de ensino médio, é um enfoque a partir dos sistemas mais simples abrangendo o equilíbrio e movimento do mesmo em diferentes situações, passando para os mais complexos envolvendo a propulsão e o rendimento, procurando-se sempre evidenciar os aspectos mais importantes dos conceitos físicos básicos e seus inter-relacionamentos. O protótipo servirá de base, portanto, para se trabalhar tais conceitos de uma forma mais integrada, proporcionando ao aluno fazer mais facilmente a sua integração e reelaboração de seus conceitos.

O material desenvolvido para a realização deste trabalho foi:

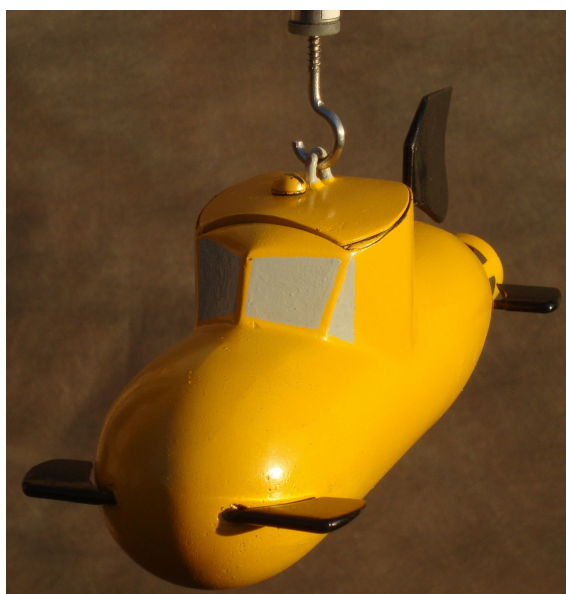
Um protótipo de um minissubmarino em escala 1:8 com as seguintes dimensões: 28 cm de comprimento x 7 cm de largura x 10 cm de altura, confeccionado com chapas de zinco, latão e cobre, cujo acabamento foi feito com esmalte sintético automotivo. Possui aproximadamente 600 gramas de massa (para flutuar na superfície) e propulsão feita por um motor elétrico, cuja fonte é uma bateria de 9V. Ainda, para auxiliar na medição da velocidade, há um anteparo com 4 cm de largura que pode ser acoplado ao mesmo. As fotografias 1, 2 e 3, assim como o desenho 1, mostram o aspecto geral do protótipo e suas dimensões.



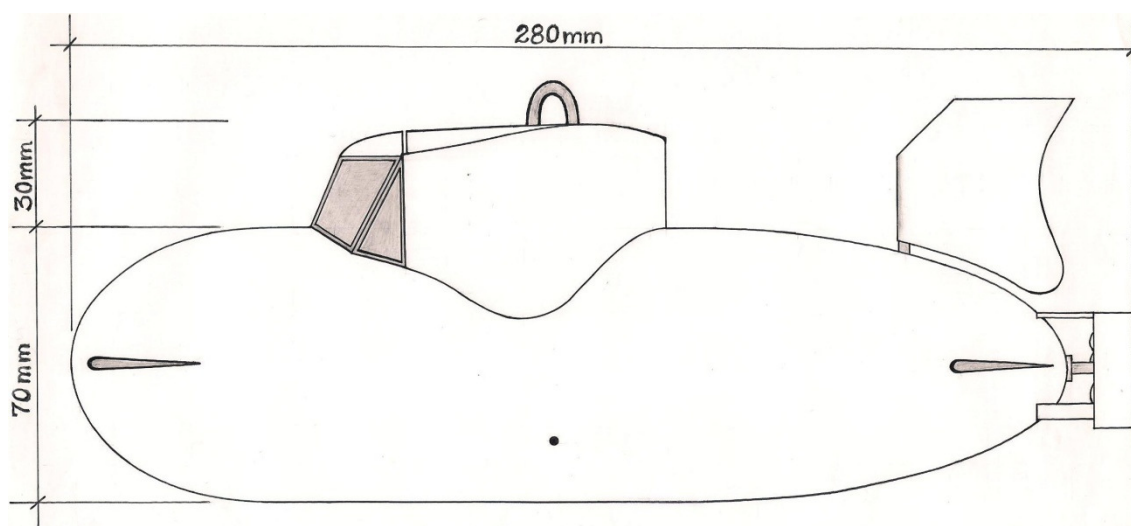
**Fotografia 1 - Protótipo**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 2 - Protótipo**  
**Fonte: Autoria própria**



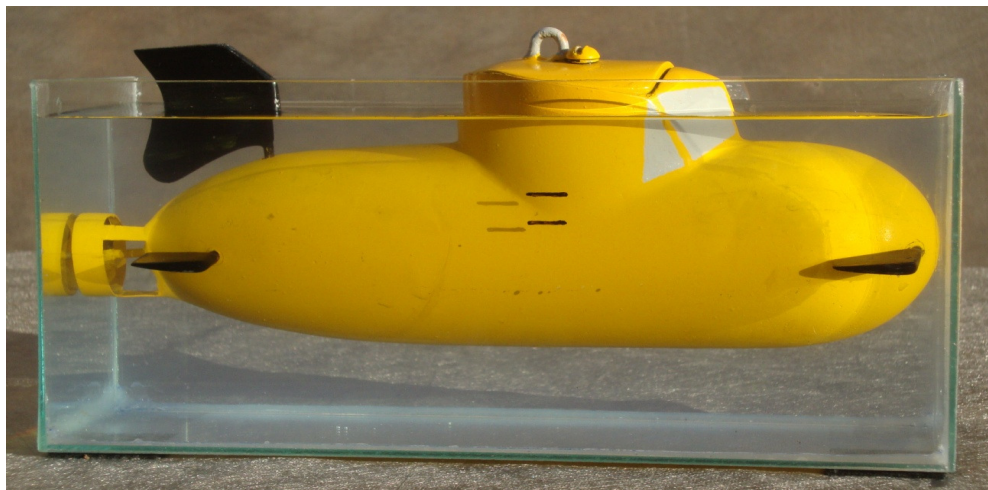
**Fotografia 3 - Protótipo**  
**Fonte: Autoria própria**



**Desenho 1 - Vista lateral do protótipo com dimensões**  
**Fonte: Autoria própria**

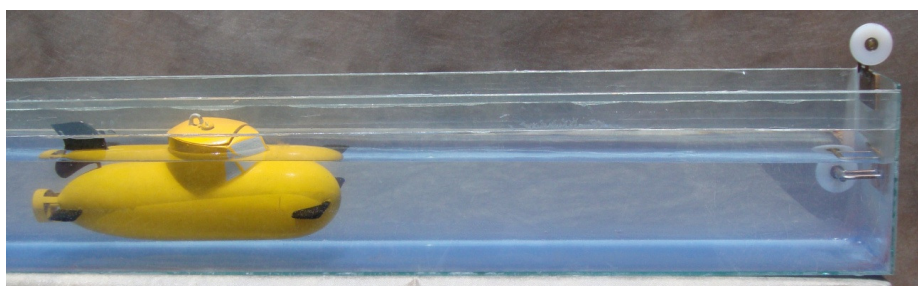
Um tanque pequeno: 28 cm de comprimento x 11 cm de largura x 13 cm de altura (medidas internas) confeccionado com vidro de 2 mm de espessura. O protótipo pode ser

colocado em seu interior sem muita folga lateral, de forma que o volume pode ser determinado com maior precisão.



**Fotografia 4 - Protótipo flutuando na água no tanque pequeno**  
**Fonte: Autoria própria**

Um tanque grande: 120 cm de comprimento x 15 cm de largura x 15 cm de altura (medidas internas), confeccionado com vidro de 3 mm de espessura, com reforço, possuindo duas roldanas instaladas numa das bordas para a passagem do fio de tracionamento do protótipo.



**Fotografia 5 - Protótipo flutuando na água, no tanque grande**  
**Fonte: Autoria própria**

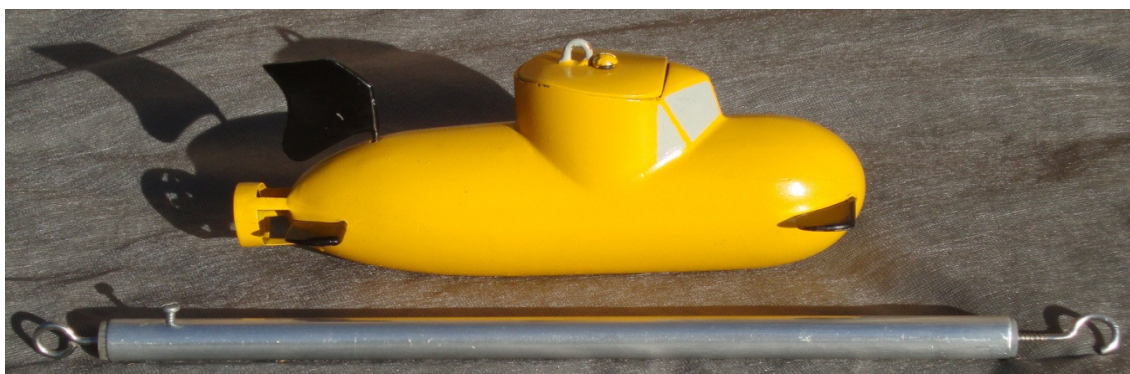
Um dinamômetro com capacidade para 11,5 N, que foi confeccionado com tubos de alumínio com diâmetros diferentes. Para o corpo foi utilizado um tubo com 18 mm de diâmetro externo, 16 mm de diâmetro interno e 38 cm de comprimento; para a escala foi utilizado um tubo com 15 mm de diâmetro externo, 13 mm de diâmetro interno e 30 cm de comprimento. Foi utilizada uma mola de aço com fio de 1 mm de diâmetro e espiras com 12 mm de diâmetro externo. A constante elástica da mola utilizada é de 41,7327 N/m, cuja deformação para uma força de 10 N é de 23,962 cm. Assim, foi determinado o tamanho da



escala para 11,5 N, que ficou em 27,5563 cm, a qual foi desenhada e dividida em intervalos de 0,1 N e posteriormente foi colada no tubo menor.



**Fotografia 6 - Dinamômetro**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 7 - Protótipo e dinamômetro**  
**Fonte: autoria própria**

Os acessórios utilizados para a realização das atividades foram:

- Pesos de chumbo para afundar o protótipo, fios, roldanas, prendedores.
- Uma balança digital com capacidade de 600 g, com precisão de 1 dg (1 decigrama)
- Uma régua de aço com 30 cm de comprimento
- Um cronômetro com precisão de milésimos de segundo e sensor de passagem ativado pelo corte de um feixe de raio infravermelho.
- Um anteparo com 4 cm de largura para ser acoplado ao protótipo e auxiliar na medição da sua velocidade.
- Uma fonte de luz estroboscópica com controle de frequência.

Para a realização da pesquisa foram aplicados dois questionários principais, sendo um no início do ano letivo, para 215 alunos e outro no final do ano letivo, para 80 alunos.

Foram aplicadas também outras verificações parciais, compostas por:

- Uma questão adicional ao primeiro questionário (questão 15), aplicada somente às turmas de 3ª série, para 57 alunos;



- Uma questão adicional, após a realização da primeira atividade na 1ª série, aplicada somente a essas turmas, para 83 alunos;
- Uma questão (1-b) do segundo questionário, aplicada também para uma turma de agroindústria de 3ª série, para 29 alunos.

O primeiro questionário foi aplicado no início do ano letivo, para as seis turmas dos cursos técnicos de mecânica e agroindústria, o que determinou uma população de 215 alunos nesta fase, onde todos foram consultados, e estavam assim distribuídos:

- 1ª Série:        41 alunos de mecânica  
                      42 alunos de agroindústria
- 2ª Série:        39 alunos de mecânica  
                      36 alunos de agroindústria
- 3ª Série:        23 alunos de mecânica  
                      34 alunos de agroindústria

Para o segundo questionário, aplicado no final do ano letivo, a população foi de 80 alunos das turmas mecânica e agroindústria da primeira série.

A coleta de dados foi composta de questões aplicadas aos alunos através dos seguintes instrumentos listados abaixo, em ordem cronológica de aplicação:

O primeiro questionário, denominado de primeiro questionário de verificação, contendo 14 questões iguais, foi aplicado às três séries no início do ano letivo. O questionário versava sobre a capacidade de flutuar de um submarino, acima ou abaixo da superfície; dos movimentos verticais, para cima ou para baixo, uniformes ou não; das forças envolvidas no processo e a representação destas forças; do atrito com a água quando em movimento.

O mesmo questionário anterior, porém, com uma questão adicional (questão nº 15), foi aplicado somente à terceira série, para 57 alunos. Os conceitos solicitados na pergunta adicional para a terceira série foram o trabalho físico e a potência mecânica.

Uma pergunta sobre a atividade 1 foi aplicada após o desenvolvimento da mesma, juntamente com a segunda avaliação normal da disciplina nas turmas de primeira série.

No final do ano letivo outro questionário foi aplicado, sendo denominado de segundo questionário de verificação, aplicado somente nas duas turmas de primeira série. O objetivo deste questionário foi a avaliação do trabalho desenvolvido nesta série ao longo do ano letivo. No mesmo questionário foi incluída uma questão (1 - b) para ser respondida

também pela turma de agroindústria da terceira série, cujo objetivo nesta série foi a coleta de dados para respaldar as sugestões dadas para a aplicação do trabalho na segunda e terceira séries.

A questão 1-b do segundo questionário de verificação foi elaborada com o objetivo de verificar a capacidade representacional dos alunos, vinculada aos conceitos adquiridos e/ou reelaborados ao longo da 1ª série.

Com o mesmo objetivo da questão 1-b do segundo questionário, uma nova avaliação desta capacidade foi feita separadamente no final do trabalho para a 1ª série.

Os instrumentos de coleta de dados são mais especificamente descritos e listados na sequência:

- No início do ano letivo de 2009 foi aplicado o primeiro questionário de verificação, para os alunos das três séries do ensino técnico de nível médio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, no campus de Ponta Grossa. O objetivo deste questionário foi fazer um diagnóstico inicial para saber de que forma os alunos guardaram alguns conceitos importantes de Física, e nesta visão, respaldada pelas teorias utilizadas no desenvolvimento do trabalho, mais adequada para a análise que se propôs para o desenvolvimento do mesmo.
- Em função deste primeiro questionário de verificação, foram identificados os tópicos que deveriam ser contemplados com o trabalho, assim como foram detectados os subsunçores dos alunos de primeira série e seus problemas conceituais. Também foram detectados os problemas conceituais dos alunos de segunda e terceira séries, para as quais foram sugeridas providências para começar a resolvê-los desde a primeira série em aplicações futuras desta proposta. Desta maneira, foram desenvolvidas as sugestões de atividades, produzindo-se os roteiros para a sua realização, das quais, posteriormente, algumas foram efetivadas em sala de aula nas duas turmas de primeira série, atendendo-se à sequência de trabalho da disciplina durante o ano letivo nesta série.
- Após a realização da atividade 1 com as turmas de primeira série, uma pergunta relativa ao conteúdo desta atividade foi incluída na segunda avaliação normal da disciplina. O objetivo foi fazer uma previsão das ações de redirecionamento para as atividades a serem desenvolvidas e trabalhadas nesta série, bem como para outras atividades a serem sugeridas.
- No final do ano letivo de 2009 foi aplicado o segundo questionário de verificação, com duas perguntas, para as duas turmas de primeira série dos cursos de agroindústria e mecânica, num total de 80 alunos. Nestas turmas foram desenvolvidas três atividades com o protótipo durante o ano letivo de 2009, as quais estão listadas a seguir após os

questionários. O objetivo deste segundo questionário foi o de verificar se os conceitos trabalhados na primeira foram entendidos.

- Também, como complemento, foi proposta a questão 1-b do segundo questionário aos alunos de uma turma de terceira série, com 29 alunos, do curso de agroindústria. A pergunta acima referida, para a terceira série, foi feita somente para uma turma pelo fato de, somente esta turma estar sob a responsabilidade do autor do presente trabalho no segundo semestre letivo de 2009.

- Com o mesmo objetivo da questão 1 - b do segundo questionário, uma questão adicional foi proposta aos alunos da 1ª série no final do trabalho, procurando-se avaliar a formação e a integração dos conceitos por estes alunos, contemplando alguns tipos de movimento do protótipo, vinculados à força resultante atuante no mesmo.

A seguir são listados os instrumentos utilizados na coleta de dados, denominados de primeiro e segundo questionários de verificação, além de outros instrumentos mencionados.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Campus de Ponta Grossa

Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia

Disciplina: Física I e II

Prof. Celso G. de Quadros

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_<sup>1ª</sup> e \_\_\_\_<sup>2ª</sup>\_\_\_\_

Aluno(a): \_\_\_\_\_

**Primeiro questionário de verificação:**

- 1) Diga o que é um submarino.
- 2) Explique como é que um submarino pode flutuar na superfície da água.
- 3) Faça um desenho mostrando as forças que agem num submarino quando ele se encontra parado, flutuando na superfície da água.
- 4) Quanto às forças aplicadas, explique como é que um submarino pode ficar parado (sem movimento vertical) quando totalmente submerso na água.
- 5) Faça um desenho mostrando as forças que agem num submarino referente à questão 4.
- 6) Supondo que você esteja segurando um objeto na mão, em repouso, faça um desenho mostrando as forças que agem no mesmo.
- 7) Para que um submarino, quando parado abaixo da superfície da água, entre em movimento vertical para cima, o que é preciso acontecer quanto às forças aplicadas no mesmo? Faça um desenho representando estas forças.
- 8) Para que um submarino, quando parado abaixo da superfície da água, entre em movimento vertical para baixo, o que é preciso acontecer quanto às forças aplicadas no mesmo? Faça um desenho representando estas forças.
- 9) Quando é que podemos dizer que um corpo tem aceleração?
- 10) Para o movimento vertical ou horizontal de um submarino há dois tipos básicos, que são: O MRU (Movimento Retilíneo Uniforme) e o MRUV (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado). Qual é a característica básica de cada um destes movimentos?
- 11) Com relação aos movimentos citados na questão 10, faça um desenho representando as forças que agem num submarino quando o movimento for:
  - a) Um MRUV para cima;
  - b) Um MRU para cima;
  - c) Um MRUV para baixo;
  - d) Um MRU para baixo.
- 12) Quando um submarino está em repouso, na superfície da água ou abaixo da superfície, quanto à *força resultante* que age no mesmo, qual é a principal condição para que ele permaneça em repouso?
- 13) Existe uma força vertical para cima agindo no casco de um submarino, quando ele se encontra na água, na superfície ou abaixo da superfície. Então responda:
  - a) Qual é o nome desta força;
  - b) De quais fatores depende esta força.
- 14) Considerando-se um submarino submergindo (afundando), a força citada na questão 13 aumenta com o aumento da profundidade? Sendo sua resposta afirmativa ou negativa, explique por quê.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Campus de Ponta Grossa

Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia

Disciplina: Física III

Prof. Celso G. de Quadros

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_3ª\_\_\_\_

Aluno(a): \_\_\_\_\_

### Primeiro questionário de verificação:

- 1) Diga o que é um submarino.
- 2) Explique como é que um submarino pode flutuar na superfície da água.
- 3) Faça um desenho mostrando as forças que agem num submarino quando ele se encontra parado, flutuando na superfície da água.
- 4) Quanto às forças aplicadas, explique como é que um submarino pode ficar parado (sem movimento vertical) quando totalmente submerso na água.
- 5) Faça um desenho mostrando as forças que agem num submarino referente à questão 4.
- 6) Supondo que você esteja segurando um objeto na mão, em repouso, faça um desenho mostrando as forças que agem no mesmo.
- 7) Para que um submarino, quando parado abaixo da superfície da água, entre em movimento vertical para cima, o que é preciso acontecer quanto às forças aplicadas no mesmo? Faça um desenho representando estas forças.
- 8) Para que um submarino, quando parado abaixo da superfície da água, entre em movimento vertical para baixo, o que é preciso acontecer quanto às forças aplicadas no mesmo? Faça um desenho representando estas forças.
- 9) Quando é que podemos dizer que um corpo tem aceleração?
- 10) Para o movimento vertical ou horizontal de um submarino há dois tipos básicos, que são: O MRU (Movimento Retilíneo Uniforme) e o MRUV (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado). Qual é a característica básica de cada um destes movimentos?
- 11) Com relação aos movimentos citados na questão 10, faça um desenho representando as forças que agem num submarino quando o movimento for:
  - a) Um MRUV para cima;
  - b) Um MRU para cima;
  - c) Um MRUV para baixo;
  - d) Um MRU para baixo.
- 12) Quando um submarino está em repouso, na superfície da água ou abaixo da superfície, quanto à *força resultante* que age no mesmo, qual é a principal condição para que ele permaneça em repouso?
- 13) Existe uma força vertical para cima agindo no casco de um submarino, quando ele se encontra na água, na superfície ou abaixo da superfície. Então responda:
  - a) Qual é o nome desta força;
  - b) De quais fatores depende esta força.
- 14) Considerando-se um submarino submergindo (afundando), a força citada na questão 13 aumenta com o aumento da profundidade? Sendo sua resposta afirmativa ou negativa, explique por quê.
- 15) Quando um submarino está totalmente submerso e tem movimento uniforme horizontal, quanto maior é a velocidade constante desenvolvida, maior é a potência de propulsão necessária para mantê-lo nessa velocidade. Qual é o fator que determina a necessidade de maior potência de propulsão?

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Campus de Ponta Grossa

Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia

Disciplina: Física I e III

Prof. Celso G. de Quadros

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

Série: 1ª e 3ª \_\_\_\_\_

Aluno(a): \_\_\_\_\_

### Segundo questionário de verificação:

Obs: Na 3ª série foi aplicada somente a questão 1 - b

Questão 1: Um protótipo de submarino encontra-se em movimento uniforme e vertical para baixo:

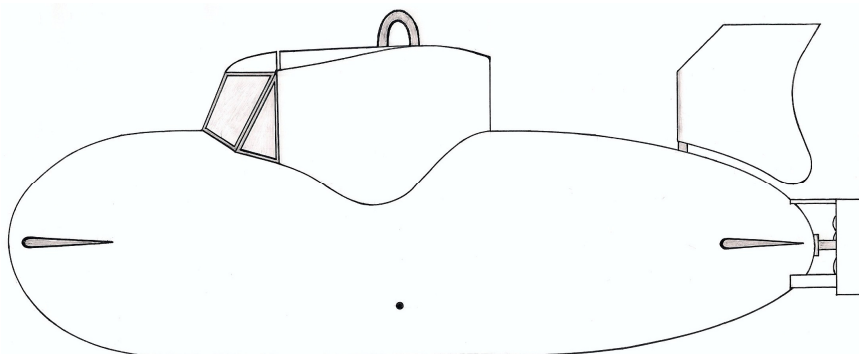
a) Qual é, ou quais são, a(s) força(s) vertical(ais) atuante (s) no protótipo?

( ) Peso ( P )

( ) Empuxo ( E )

( ) Resistência da água ( R )

b) indique no desenho a(s) força(s) atuante(s) marcada(s) acima, representando o sentido correto de atuação da(s) mesma(s). (coloque a força peso no ponto indicado no desenho, que é o centro de gravidade do protótipo)



c) A(s) condição(ões) de equilíbrio para a situação de movimento uniforme mencionada é (são):

( )  $P = E$

( )  $P = E - R$

( )  $P = R$

( )  $E = R$

( )  $P = E + R$

( )  $P = R - E$

Questão 2: Se o movimento fosse uniforme e vertical para cima, seria correto afirmar que:

( )  $P = E$

( )  $P < E$

( )  $E = P + R$

( )  $E = R$

( )  $P = E + R$

( )  $P = R$

Complementando, juntamente com a segunda avaliação normal da disciplina, para as duas turmas, de mecânica e agroindústria de 1ª série, foram colocadas duas perguntas com o objetivo de fazer uma avaliação parcial do trabalho, após a realização da atividade 1 com as citadas turmas. A seguir são mostradas as duas perguntas e a atividade 1, à qual as perguntas se referem. Ainda, após a atividade 1, são listadas as outras duas atividades, 2 e 3, realizadas com as turmas de primeira série durante o ano letivo:

Para a turma de mecânica: A massa do protótipo de um submarino é de aproximadamente 1 kg para que ele flutue abaixo da superfície. Nesta situação, quantos centímetros cúbicos ( $\text{cm}^3$ ) de água são deslocados por ele? Considere para a água nesta situação,  $1\text{g} = 1\text{cm}^3$

Para a turma de agroindústria: O protótipo de um submarino com 500 g de massa encontra-se flutuando na superfície da água, com a metade do volume de seu casco fora da água. Qual é a massa de água deslocada por ele? Considere para a água nesta situação,  $1\text{g} = 1\text{cm}^3$

A questão adicional proposta aos alunos de primeira série, num total de 43 alunos, no final do ano letivo, foi a seguinte:

Faça um desenho representando as forças que agem no protótipo quando em:

- a) MRUV para cima
- b) MRU para cima
- c) MRUV para baixo
- d) MRU para baixo

**Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR**

**Disciplina: Física I**

**Submarino - Atividade 1: Medidas**

Um protótipo de submarino será colocado na água por três vezes, sendo que na primeira e segunda vez ele ficará flutuando na superfície e na terceira ele ficará em repouso totalmente submerso.

**Objetivos:**

- Medir massa com balança e determinar volume e massa através de medidas e cálculos;
- Comparar a massa de água deslocada pelo protótipo com a massa do mesmo, nas três situações de equilíbrio propostas.
- Possibilitar ao aluno compreender que as massas (do protótipo e da água deslocada por ele), propostas para serem comparadas, são iguais.
- Possibilitar ao aluno a percepção de erros que podem ser cometidos ao se fazer uma medida.

**Materiais utilizados:** - Um tanque de água pequeno

- Um protótipo de submarino
- Uma régua
- Uma balança com precisão de 1 dg
- Pedacos de chumbo para lastro (material utilizado para garantir a estabilidade do protótipo)

**1º Caso:** O protótipo ficará com aproximadamente 60% do casco submerso.

Nível inicial da água = \_\_\_\_\_ cm

Nível final da água = \_\_\_\_\_ cm

Área da base do aquário = \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup>

**Massa do protótipo ( $m_1$ )** = \_\_\_\_\_ g (deverá ser medido com a balança)

**Massa de água deslocada pelo protótipo ( $m_2$ )** = \_\_\_\_\_ g (determine através de cálculos)

- O volume de água de um paralelepípedo é o produto das dimensões, que será utilizado para determinar o volume de líquido deslocado:  $V = a.b.c$

- Para a água, será considerada a massa específica de 1 g a cada centímetro cúbico. (1g/cm<sup>3</sup>)

**2º Caso:** O protótipo ficará com a maior parte do casco submerso, tendo somente a cabine acima do nível da água.

Nível inicial da água = \_\_\_\_\_ cm (mesmo valor do 1º caso)

Nível final da água = \_\_\_\_\_ cm

Área da base do aquário = \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup> (mesmo valor do 1º caso)

**Massa do protótipo ( $m_3$ )** = \_\_\_\_\_ g (deverá ser medido com a balança)

**Massa de água deslocada pelo protótipo ( $m_4$ )** = \_\_\_\_\_ g (determine através de cálculos)

**3º Caso:** O protótipo ficará totalmente submerso em repouso.

Nível inicial da água = \_\_\_\_\_ cm (mesmo valor dos casos anteriores)



Nível final da água = \_\_\_\_\_cm

**Massa do protótipo ( $m_5$ )** = \_\_\_\_\_g (deverá ser medido com a balança)

**Massa de água deslocada pelo protótipo ( $m_6$ )** = \_\_\_\_\_g (determine através de cálculos)

As outras duas atividades (2 e 3), realizadas com as turmas de primeira série, são listadas a seguir:

**Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR****Disciplina: Física I****Submarino - Atividade 2: Movimento Uniforme**

Um protótipo de submarino será inicialmente colocado na água, flutuando na superfície, somente com a cabine acima do nível de água, quando então será puxado por quatro vezes, por forças diferentes, medindo-se as velocidades atingidas. Haverá movimento uniforme com uma velocidade constante (a força contrária ao movimento, de resistência da água, torna-se igual à força de tração aplicada ao protótipo, e isto irá gerar uma força resultante igual a zero no mesmo, e um MRU), porém, com velocidade diferente em cada uma das quatro situações, em função do valor diferente da força aplicada e da resistência da água.

Para a realização desta atividade, corpos com massas diferentes serão suspensos por um fio, que passa por duas roldanas e está ligado ao protótipo, puxando-o com uma força horizontal. Um cronômetro irá medir o tempo de passagem do protótipo num determinado espaço (num lugar onde a velocidade esteja estabilizada), podendo-se com este procedimento determinar sua velocidade constante.

**Objetivos:**

- Medir a velocidade de um móvel com o uso de um cronômetro;
- Fazer uma tabela que mostre o espaço percorrido pelo protótipo a cada segundo;
- Construir e interpretar o gráfico do movimento uniforme.
- Construir e interpretar o gráfico que mostre a velocidade atingida em função da força aplicada para o movimento uniforme.

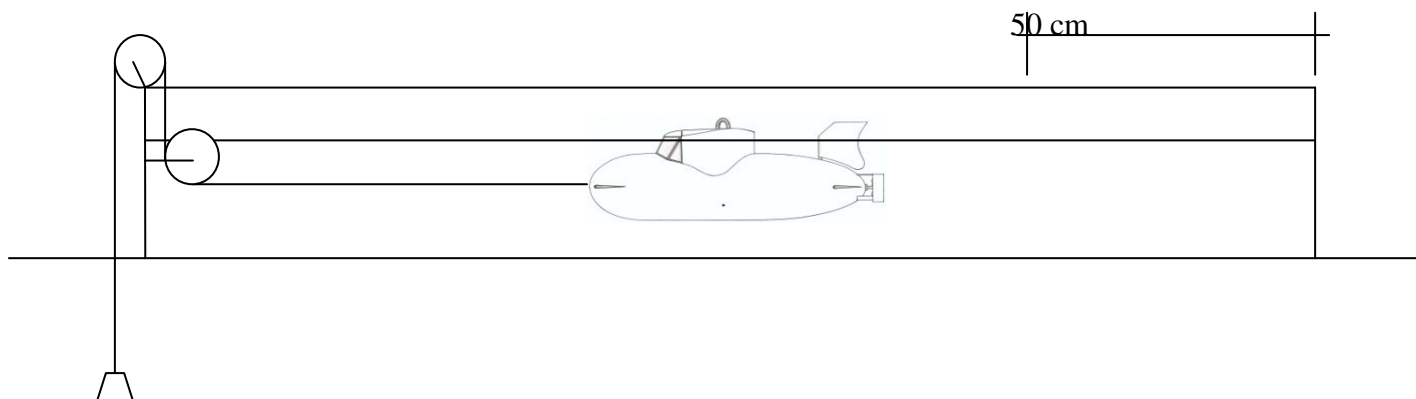
**Materiais utilizados:**

- Um tanque de água grande
- Um protótipo de submarino
- Um cronômetro com sensor de passagem
- Pedacos de chumbo para lastro (material utilizado para garantir a estabilidade do protótipo)
- Grampos de roupa que serão suspensos no fio que puxa o protótipo.

**Procedimentos:**

- 1 - Meça as quatro massas e coloque-as suspensas no fio, uma de cada vez, em cada uma das situações abaixo.
  - Coloque o sensor a 50 cm de distância da extremidade oposta à das roldanas conforme figura abaixo.
  - Instale no protótipo o anteparo para a medição de tempo, suspenda os pesos suspensos e largue o protótipo. Meça o tempo de passagem do anteparo pelo sensor, nas quatro situações seguintes:

Obs: O anteparo ligado ao protótipo tem 4cm de largura.



- a)  $m_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  g  $P_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  gf  $t_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  s  $v_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  cm/s  $v_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  m/s
- b)  $m_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  g  $P_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  gf  $t_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  s  $v_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  cm/s  $v_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  m/s
- c)  $m_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  g  $P_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  gf  $t_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  s  $v_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  cm/s  $v_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  m/s
- d)  $m_4 = \underline{\hspace{1cm}}$  g  $P_4 = \underline{\hspace{1cm}}$  gf  $t_4 = \underline{\hspace{1cm}}$  s  $v_4 = \underline{\hspace{1cm}}$  cm/s  $v_4 = \underline{\hspace{1cm}}$  m/s

2 - Faça a equação horária do movimento para cada uma das velocidades e preencha a tabela abaixo. Considere o espaço inicial  $e_0 = 0,5$  m para as quatro equações.

$e_1 =$

$e_2 =$

$e_3 =$

$e_4 =$

t (s)	$e_1$ (m)	$e_2$ (m)	$e_3$ (m)	$e_4$ (m)
0				
1				
2				

3 - Construa no mesmo par de eixos o gráfico da posição em função do tempo, para cada uma das velocidades atingidas pelo protótipo. Utilize um intervalo de 0 a 2 s de movimento, conforme tabela acima. Considere  $e_0 = 0,5$  m (distância de um dos lados do aquário até o primeiro sensor, onde inicia a contagem de tempo)

4 - Preencha a tabela abaixo e construa o gráfico, que mostra velocidade constante atingida em função da força aplicada, em cada uma das quatro situações acima.

Sequência	P (gf)	v (cm/s)
1		
2		
3		
4		

Conclusões: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

### Disciplina: Física I

#### Submarino - Atividade 3: Ação de forças, incluindo a força peso e o empuxo.

##### Parte 1:

Será regulada a massa de um protótipo de submarino para que ele possa flutuar na superfície da água. O peso será medido e as condições de equilíbrio do protótipo em repouso serão determinadas. Para isto, o protótipo será sustentado por um único cabo, sendo mantido em repouso. Deverá também ser feito um desenho onde sejam representadas e nominadas corretamente as forças atuantes nesta situação, assim como a direção, o sentido e a intensidade das mesmas, embasando-se nas leis de Newton.

##### Parte 2:

O protótipo será colocado na água flutuando na superfície, pois sua massa foi regulada para isso no procedimento 1. Deverá ser feito um desenho onde sejam representadas e nominadas as forças atuantes nesta situação, assim como a direção, o sentido e a intensidade das mesmas, embasando-se nas leis de Newton.

##### Objetivos:

- Analisar direção e sentido de atuação de forças, representando-as corretamente;
- Determinar as condições de equilíbrio de um corpo em repouso;
- Interpretar peso como uma força vertical para baixo;
- Interpretar empuxo como uma força vertical para cima.

**1ª Lei de Newton: A resultante das forças que atuam num corpo em repouso ou em MRU é nula.**

**3ª Lei de Newton: A toda ação corresponde uma reação na mesma direção, mesmo módulo e sentido contrário.**

Materiais utilizados:

- Um tanque de água pequeno
- Um protótipo de submarino
- Um dinamômetro
- Pedacos de chumbo para lastro (material utilizado para garantir a estabilidade do protótipo)

##### Procedimentos:

##### Parte 1:

- 1 - Coloque o protótipo na água e regule a massa até que ele flutue na superfície;
- 2 - Retire-o da água e determine o peso para esta situação, utilizando-se de um dinamômetro:

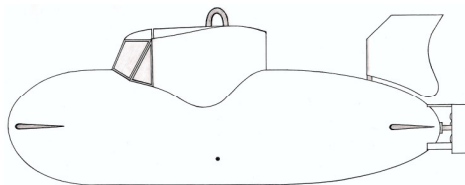
$$P = \text{_____} \text{N}$$

- 3 - Determine a massa do protótipo através da equação do peso.

$m = \text{_____ kg} = \text{_____ g}$

4 - Suspenda o protótipo por um fio, o qual aplicará no mesmo uma força de tração (T), vertical para cima, mantendo-o em repouso;

5 - Faça um desenho onde apareçam as forças atuantes na situação 4, representando corretamente a direção e sentido destas forças;



6 - Determine o valor das forças atuantes aplicando as **leis de Newton (1ª e 3ª)**.

$P = \text{_____ N}$ ;  $T = \text{_____ N}$

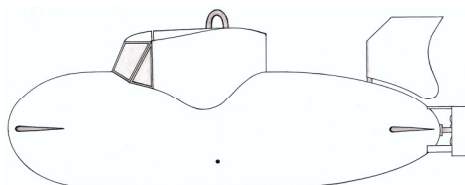
Parte 2:

1 - Suspenda o protótipo pelo dinamômetro e, lentamente, coloque-o na água até que o mesmo flutue na superfície (Observe que a força indicada no dinamômetro irá gradativamente diminuir)

2 - Determine o nome da força que é aplicada pela água no protótipo, verticalmente para cima, que o mantém em equilíbrio e não permite que o mesmo afunde.

Força vertical para cima = \_\_\_\_\_ que utiliza como símbolo a letra \_\_\_\_

3 - Faça um desenho onde apareçam as forças atuantes nesta situação.



4 - Determine o valor das forças aplicando as **leis de Newton (1ª e 3ª)**.

$P = \text{_____ N}$ ;  $E = \text{_____ N}$

5 - Compare a força T (da parte 1) com a força E (da parte 2). Estas forças são iguais?  
\_\_\_\_\_.

7 - Compare a força peso (P) com o empuxo (E). Estas forças são iguais? \_\_\_\_\_.

Conclusão: \_\_\_\_\_.

Responda às seguintes perguntas:

- Um corpo qualquer tem 5 kg de massa. Determine a intensidade, a direção e o sentido da força vertical necessária para sustentá-lo em repouso no ar.

Intensidade = \_\_\_\_\_ N ; Direção = \_\_\_\_\_ ; Sentido = \_\_\_\_\_.

- Se o mesmo corpo da questão 1 for colocado na água e flutuar na superfície, qual será a intensidade, a direção e o sentido da força aplicada pela água, que não permite que o corpo afunde?

Intensidade = \_\_\_\_\_ N ; Direção = \_\_\_\_\_ ; Sentido = \_\_\_\_\_.

Nome da força = \_\_\_\_\_

- Um cubo está sendo sustentado em repouso no ar. Forças horizontais estão sendo aplicadas por dois dedos, cada um em uma face, em faces opostas. Faça um desenho representando as citadas forças e determine as condições de equilíbrio do cubo para esta situação.

### 3.1 PARÂMETROS UTILIZADOS PARA A ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

Buscando-se fazer uma pesquisa predominantemente qualitativa, a análise das respostas foi feita tendo como suporte as teorias de David Ausubel, da aprendizagem significativa, e também de Gerard Vergnaud, da formação de conceitos. Os questionários, de forma geral, deveriam proporcionar a verificação do nível qualitativo de conhecimento dos alunos acerca do tema, especificamente com relação aos conceitos e leis a ele aplicados, além de oferecer suporte ao trabalho naqueles pontos específicos que necessitassem de um novo encaminhamento de procedimentos, didáticos ou metodológicos.

Desta forma, um ponto importante que se refere à análise dos resultados neste trabalho é a função diagnóstica quanto aos problemas conceituais apresentados pelos alunos. Neste caso é necessário interpretar os dados com uma visão além da estatística, e Segundo Santana (1999, p. 73):

na interpretação dos resultados é preciso estabelecer um referencial comparativo. Uma nota pode estar fundamentada numa medida baseada em norma ou critério. Segundo Medeiros (1976), usam-se normas quando queremos comparar indivíduos para classificá-los dentro do próprio grupo, e recorremos a critérios se quisermos averiguar o grau de consecução de metas prefixadas. Ainda que a norma refira-se a resultados práticos, os critérios preocupam-se com metas ideais. As normas são descrições realistas do “que é”, e os critérios traduzem reações desejadas apontando “o que deveria ser”.

Assim, as análises das respostas dos questionários de verificação foram feitas com critérios, priorizando os conceitos presentes nos conhecimentos demonstrados pelos alunos presentes nas respostas apresentadas e, também, quando foi considerado viável, a possível causa dos problemas conceituais verificados.

Tanto o primeiro quanto o segundo questionário de verificação, excluindo-se a questão 15 da terceira série, tiveram valor máximo igual a 10, permitindo uma parametrização para auxiliar a análise, porém, enfatizando que foi para a qualidade dos conceitos é que foi dada a maior importância. Cada um dos alunos recebeu uma nota para sua classificação, entretanto, a nota recebida por eles não fez parte da avaliação na disciplina de Física em 2009.

Na correção dos questionários, cada uma das respostas dadas foi classificada por um dos três parâmetros a seguir, que são: (S) Satisfatória, (P) parcialmente correta ou incompleta, ou ainda, (I) insatisfatória, encontrando-se o percentual correspondente para cada um dos três tipos de resposta, conforme mostrado nos quadros 3, 4 e 8, proporcionando uma apresentação quantitativa dos dados. Da mesma forma, todas as turmas receberam uma média, as quais se encontram nos quadros 5, 6, 7, 9 e 10.

Havia certa evidência, conforme já mencionado, de que os alunos da primeira série, em sua maioria, não sabiam responder a todas as perguntas do primeiro questionário com detalhes. Porém, partindo do pressuposto de que todos conheciam um submarino, e sabiam que ele pode flutuar ou afundar também, assim como tinham noção de força e movimento, e que todos de alguma forma já haviam adquirido, mesmo não expressando estas idéias com o rigor da ciência, o principal objetivo foi o de descobrir o que eles sabiam sobre a temática neste momento, sendo este conhecimento mínimo, o conhecimento prévio que interessava inicialmente, especificamente nesses alunos.

Outro pressuposto é que as outras duas séries (2ª e 3ª) teriam, em média, por estar num estágio mais avançado, um nível maior de conhecimento dos conceitos e leis físicas, porém, o interesse a princípio, foi o mesmo da primeira série, ou seja, avaliar como está estruturado este conhecimento, e o que poderia ser mudado na abordagem posterior dos conceitos para as turmas de primeira série, proporcionando-lhes melhorias na formação dos conceitos para estes alunos, e uma melhor integração e retenção destes conceitos.

Nas turmas de 1ª série, como o questionário foi aplicado no início do primeiro semestre, os alunos já sabiam que trabalhariam logo com algumas atividades relacionadas ao protótipo, percebeu-se de maneira geral uma grande empolgação em responderem a cada uma das questões, apesar de ser esta uma avaliação intuitiva. Para estes alunos, mesmo que

eles não soubessem responder adequadamente a algumas perguntas, mesmo assim, conseguiram um bom rendimento e demonstraram conceitos iniciais, apesar de serem turmas de alunos ainda com pouca base teórica dos conceitos específicos de Física trabalhados neste nível. Conforme Moreira (2004, p. 21):

As concepções prévias dos alunos contém teoremas e conceitos-em-ação que não são verdadeiros teoremas e conceitos científicos, mas que podem evoluir para eles. Porém, o hiato entre os invariantes operatórios dos alunos e os do conhecimento científico é grande, de modo que a mudança conceitual poderá levar muito tempo. Por outro lado, pode ocorrer que certos conceitos possam ser construídos somente se certas concepções prévias forem abandonadas. Quer dizer, o conhecimento prévio pode funcionar como obstáculo epistemológico. Neste caso a ação mediadora do professor é também imprescindível.

A análise dos questionários estruturada da forma aqui apresentada, assim como as propostas de melhorias sugeridas, está pautadas na tentativa de potencializar a aprendizagem, objetivando que se torne significativa, mesmo conhecendo as dificuldades de implantação efetiva deste processo, entretanto, tentando encontrar uma solução para um encaminhamento adequado de uma parte fundamental do conteúdo da disciplina de Física no ensino médio, que é a força, o movimento e a energia.

### 3.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA 1ª SÉRIE

Os objetivos foram diferentes para o mesmo questionário aplicado nas três séries, e assim foram também previstas as seguintes considerações para a aplicação do primeiro questionário de verificação:

- O que se esperou dos alunos do início da primeira série foi que eles respondessem a poucas perguntas corretamente, pois, seria suficiente para eles demonstrarem algum conhecimento inicial, e somente este conhecimento seria o que interessava a princípio. Na primeira série este questionário teve, principalmente, a função de avaliação inicial dos conceitos subsunçores que os alunos tinham sobre o tema. Estes alunos poderiam também responder às perguntas com ideias corretas, porém, sem o rigor com que a Física trabalha os conceitos e definições neste nível de ensino, e isto seria considerado como significativo para nortear o desenvolvimento posterior das ações.



- Os alunos de cada série tinham possibilidades diferentes para responder a todas as perguntas do questionário e conceitos diferentes sobre os temas tratados. Os alunos que estavam respectivamente na segunda e terceira séries em 2009, os quais não estudaram a primeira série com a metodologia então proposta, poderiam fornecer os subsídios necessários e mais confiáveis, para se proceder alguma mudança de procedimento no decorrer da aplicação desta proposta de trabalho ainda na primeira série, assim como respaldar as sugestões a serem dadas para o trabalho dentro desta proposta, para a segunda e terceira séries.

- Desta forma, o que se esperou dos alunos do início da segunda série é que eles respondessem às questões básicas, envolvendo o conceito de força e movimento, com um maior respaldo dos conceitos e leis trabalhados na Física da primeira série e, também, a utilização de uma linguagem mais adequada, possibilitando-lhes um melhor rendimento geral em relação aos alunos da primeira série. Como estes alunos, por estarem no início do semestre no momento da aplicação do questionário, ainda não haviam tido contato com alguns tópicos pertencentes à segunda série solicitados em algumas questões, responderiam às questões relacionadas a estes tópicos utilizando os recursos que dispunham até então, tecnicamente recebidos na primeira série, mas que poderiam ter sido melhorados.

- O que se esperou dos alunos do início da terceira série é que eles respondessem a todas as questões propostas, principalmente com melhor domínio conceitual, o que lhes proporcionaria um maior rendimento que as outras duas séries. Se assim não fosse, alguns procedimentos para correção deveriam ser sugeridos para que os problemas detectados fossem corrigidos desde a primeira série.

Com relação à questão 15 do primeiro questionário de verificação, a qual somente os alunos de terceira série responderam, versando sobre hidrostática e, principalmente, sobre o movimento do protótipo quanto à energia elétrica e potência necessárias, sendo um conteúdo que estes alunos ainda não haviam trabalhado nesta série, estes deveriam utilizar-se dos conceitos de energia e potência já vistos em mecânica na primeira série e algum melhoramento destes conceitos conseguidos ao longo da segunda série. O objetivo desta questão foi o de verificar, além dos conceitos presentes, também a retenção dos conceitos solicitados. Na terceira série, tais conceitos deveriam ser resgatados por estes alunos quando, nesta série, no segundo semestre ano letivo de 2009, fossem trabalhados os tópicos de eletricidade referentes a geradores e receptores elétricos, finalizando-se com o rendimento destes dispositivos.

O quadro 1, a seguir, mostra a ordem de dificuldades encontradas pelos alunos da 1ª série.

<b>ORDEM DE DIFICULDADE (DA MAIS FÁCIL PARA A MAIS DIFÍCIL)</b>	<b>QUESTÃO</b>	<b>CONHECIMENTO SOLICITADO</b>
1ª	1	Definição de submarino
2ª	9	Conceito de aceleração (quanto à variação de velocidade, e não de campo gravitacional que determina o peso)
3ª	6	Representação de forças num corpo em repouso no ar - Direção, sentido, intensidade e ponto de aplicação.
4ª	7	Força resultante atuante num corpo em movimento acelerado vertical para cima
5ª	8	Força resultante atuante num corpo em movimento acelerado vertical para baixo
6ª	10	Características do MRU e do MRUV
7ª	3	Representação das forças atuantes num corpo em repouso quando flutuando na água
8ª	12	Força resultante num corpo em repouso
9ª	13	a - Reconhecimento do empuxo como força b - Massa específica, volume de líquido deslocado por um corpo e peso
10ª	5	Representação das forças que agem num corpo em repouso quando totalmente submerso
11ª	4	Força resultante atuante num corpo em repouso quando totalmente submerso
12ª	11	Força resultante atuante num corpo em MRU e em MRUV
13ª	2	Força resultante num corpo em repouso quando flutuando na água
14ª	14	Empuxo e diferença de pressão hidrostática

**Quadro 1 - Questões do questionário representadas em ordem crescente de dificuldade, para a 1ª série, conforme constatação da análise do percentual de respostas corretas.**

**Fonte: Autoria própria**

A análise a seguir mostra os resultados obtidos pelos alunos da 1ª série, o que representou um universo de 83 alunos.

As questões nas quais os alunos tiveram menor dificuldade, da menor para a maior, foram as questões: 1, 9, 6, 7, 8, 10, 3 e 12; de média dificuldade foram as questões: 2 e 5. As questões 2, 3 e 5 foram agrupadas por tratarem do mesmo tipo de raciocínio para resolução; e as questões com grande dificuldade foram as questões: 4, 11, 13, 14. A análise a seguir foi feita obedecendo a esta sequência.

Na análise a seguir, que foi embasada nas teorias de David Ausubel e Gerard Vergnaud, aparecem os termos *subsunçor*, assim como os termos *conceitos-em-ação* e *teoremas-em-ação*, creditados respectivamente aos autores acima citados.

Questão 1: Diga o que é um submarino.

Nesta questão observou-se que os alunos tiveram um índice muito bom de respostas satisfatórias ( $S = 75,9\%$ ) e de respostas parcialmente corretas ( $P = 21,65\%$ ). As dificuldades que ocorreram foram em função de que alguns alunos não sabiam definir muito bem um submarino, colocando-o como *objeto*, *máquina*, ou *coisa*, mas a maioria soube responder sobre a sua utilidade ou como navega. Alguns alunos não escreveram que um submarino pode navegar abaixo da superfície da água.

Um conceito-em-ação identificado, que o submarino é um veículo que pode navegar debaixo d'água, estava presente na maioria das respostas, e este conhecimento é um subsunçor inicial, e apesar de superficial, facilitaria a aprendizagem futura. Na sequência do trabalho foram agregados a estes conhecimentos novos parâmetros que melhoraram tanto a definição quanto o entendimento dos alunos, da forma como ocorre o equilíbrio e a locomoção do submarino, na superfície da água ou abaixo da superfície. A previsão de melhoramento conceitual relativo a esta questão é que, ao final da primeira série, utilizando-se a metodologia proposta, os alunos sejam capazes de entender a forma de estabilização e movimento deste veículo, utilizando-se corretamente de vários conceitos físicos, tratando o empuxo como uma força vertical para cima, sem tratar especificamente da equação do empuxo, que é um assunto a ser tratado posteriormente.

Questão 9: Quando é que podemos dizer que um corpo tem aceleração?

Esta questão solicitou o conceito de aceleração, apresentando um bom percentual de acerto ( $S = 60,3\%$ ) e, como está relacionada ao movimento, ficou mais fácil para os alunos fazerem uma ligação com seu mundo observável e com o que aprenderam até então sobre mudança de velocidade. Um conceito-em-ação detectado, que é também um subsunçor, foi o da variação da velocidade, e outro é o da velocidade constante, que os alunos utilizaram para fazer a diferenciação. Com relação à aceleração, muitos alunos até então não fizeram avaliação numérica, o que será trabalhado em abordagens futuras do tema nesta série, enfatizando este aspecto, relacionando a teoria com o que é facilmente

perceptível pelo aluno para este tipo de movimento, quanto à variação de velocidade, além da ênfase que deverá ser dada na unidade de aceleração, e não somente na equação. Utilizando-se a unidade (km/h)/s (quilômetro por hora a cada segundo), além da unidade  $\text{m/s}^2$  que pertence ao Sistema Internacional - SI, possibilitando ao aluno fazer a ligação do que ele previamente conhece com o que deverá aprender.

Questão 6: Supondo que você esteja segurando um objeto na mão, em repouso, faça um desenho mostrando as forças que agem no mesmo.

Esta questão solicitou o conceito de forças agindo num corpo em repouso e sua representação. Por ser de fácil imaginação a situação, e por ser algo do dia a dia também, muitos alunos acertaram a representação destas forças ( $S = 53,1\%$ ), porém, um teorema-em-ação que não se fez presente em todas as respostas foi o de que, quando um corpo encontra-se em repouso na situação proposta, a força resultante é zero e as duas forças devem ser iguais. Alguns conceitos-em-ação e subsunçores importantes que apareceram foram: o peso é uma força vertical para baixo e a força exercida pela mão é uma força vertical para cima, porém, há ainda uma confusão que deve ser levada em conta, sobre a força peso, que foi chamada de “*gravidade*” por alguns alunos, o que foi originado possivelmente pela interpretação incorreta da aceleração gravitacional, para a qual foram previstas ações para correção no futuro.

Para resolver esta questão, ao se trabalhar a primeira e a terceira leis de Newton, os alunos deverão ser solicitados a praticar a representação de um sistema igual ao proposto nesta questão, da forma mais simples, iniciando com apenas duas forças verticais atuando num corpo, vinculando ao repouso o conceito de que duas forças contrárias devem ser iguais para que a força resultante neste corpo seja igual a zero. Esta ação deve contribuir para a resolução dos problemas aqui detectados, melhorando a compreensão desta situação pelos alunos, assim como em situações que parecem ser mais complexas, que se utilizam do mesmo princípio, como por exemplo, no equilíbrio vertical do protótipo, onde a força peso é igual ao empuxo.

Questão 7: Para que um submarino, quando parado abaixo da superfície da água, entre em movimento vertical para cima, o que é preciso acontecer quanto às forças aplicadas no mesmo? Faça um desenho representando estas forças.

Esta questão é relativa ao movimento uniformemente variado, e teve um índice razoável de acertos ( $S = 52\%$ ) para uma turma que não teve ainda, na 1ª série, nada sobre o MRUV. A maioria ( $S = 52\%$  e  $P = 28,75\%$ , perfazendo  $80,75\%$ ) mostrou uma tentativa de resolução, o que determinou um grande número de acertos. Os alunos que tiveram acerto parcial, na grande maioria, representaram uma só força vertical para cima, esquecendo-se do peso, ou representaram duas forças, sem indicar que a força vertical para cima deveria ser maior.

Novamente temos o movimento que é um tema recorrente no dia a dia dos alunos, com o qual ele já está bastante familiarizado, porém, a causa do aumento de velocidade para muitos não é tão evidente assim. Para que melhorem a interpretação deste conceito, é necessário que estabeleçam o vínculo entre força resultante diferente de zero e o MRUV, ao se trabalhar a segunda lei de Newton, em dinâmica. Também é importante o conceito de força resultante igual a zero para o movimento uniforme, que também não é um conceito tão evidente aos alunos quanto se imagina, o qual será um subsunçor importante, o qual os alunos se utilizarão para fazer a diferenciação entre um tipo de movimento e outro. Um teorema-em-ação importante do qual muitos alunos se utilizaram é que, quando um corpo está em MRUV, a força resultante atuante é diferente de zero, o que determinou o acerto parcial de algumas respostas.

Questão 8: Para que um submarino, quando parado abaixo da superfície da água, entre em movimento vertical para baixo, o que é preciso acontecer quanto às forças aplicadas no mesmo? Faça um desenho representando estas forças.

Esta questão é semelhante à questão 7, e solicitou basicamente o mesmo conhecimento, porém, como o movimento é vertical para baixo, o aluno deveria saber interpretar esta nova situação, invertendo o sentido da força resultante. Os percentuais mostram o mesmo nível de acerto ( $S = 50,8\%$  e  $P = 26,35\%$ , perfazendo  $77,15\%$ ), e uma tentativa de resolução num mesmo nível, além dos mesmos conceitos subsunçores contidos na resposta anterior e dos erros originados da mesma forma, portanto, não necessitando comentários adicionais. Em abordagens futuras do tema, é necessário adotar os mesmos procedimentos de trabalho já mencionados na análise da questão anterior, procurando-se atingir os objetivos propostos neste tópico de ensino, presentes nesta questão.

Questão 10: Para o movimento vertical ou horizontal de um submarino há dois tipos básicos, que são: O MRU (Movimento Retilíneo Uniforme) e o MRUV (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado). Qual é a característica básica de cada uma destes movimentos?

Esta questão refere-se novamente ao movimento que é familiar para os alunos, solicitando as características do MRU e do MRUV, que não é tão evidente para muitos. Uma parcela significativa dos alunos ( $S = 44,65\%$  e  $P = 14,45\%$ , perfazendo  $59,1\%$ ) conseguiu um bom rendimento nesta questão, porém, em se tratando de características específicas, uma grande parcela necessita assimilar melhor o conceito, o que ainda não aconteceu. Entretanto, não se pode dizer que os alunos não têm nenhuma noção, ou seja, nenhum conceito-em-ação ou subsunçor neste momento. Por exemplo: quando os alunos que acertaram a característica do MRUV, disseram que a aceleração é constante, ou que a velocidade é variável, pode ser que eles não tivessem a noção exata da quantificação da variação da velocidade, ou do significado da variação de velocidade, representada pelas unidades  $m/s^2$ , ou  $(km/h)/s$  (quilômetro por hora a cada segundo). Contudo, o conceito inicial que alguns demonstraram ter, ajudou-os a agregar mais esta informação no futuro, tornando-a mais relevante e vinculada.

O que os alunos necessitam, portanto, é uma oportunidade para que uma integração aconteça. Exemplificando: dentro de cinemática, ao se trabalhar o conceito de aceleração e suas unidades, eles possam também fazer o vínculo necessário entre a aceleração igual a zero, que pertence ao MRU, e ainda, a velocidade variável ou, aceleração diferente de zero, que pertence ao MRUV. É preciso, portanto, que o aluno quantifique e interprete esta quantificação através do trabalho com as unidades, podendo-se acrescentar o parâmetro diferencial de aceleração de maneira significativa. Dois conceitos-em-ação e também subsunçores que estavam presentes nas respostas de alguns alunos foram, portanto, o da velocidade constante para o MRU e o da velocidade variável para o MRUV.

Questão 12: Quando um submarino está em repouso, na superfície da água ou abaixo da superfície, quanto à *força resultante* que age no mesmo, qual é a principal condição para que ele permaneça em repouso?

Esta questão solicitou o conceito de força resultante igual a zero para uma situação de repouso. Houve uma grande tentativa em responder corretamente a questão ( $S = 35,05\%$  e  $P = 30,05\%$ , perfazendo  $65,1\%$ ), que esbarrou em alguns casos na falta de parâmetros.

Porém, considerando os alunos que acertaram total ou parcialmente, houve entre as respostas algumas idéias parcialmente transcritas a seguir, e que podem ser consideradas como conceitos subsunçores, porém, falta para alguns um maior embasamento e integração, mesmo como conceitos iniciais, como por exemplo: “*forças constantes*”; “*força resultante igual a zero*”; “*forças iguais*”; “*força neutra*”; “*força nula*”; “*o empate entre as forças*”; “*equilíbrio entre as forças*” e “*força igual agindo opostamente à primeira*”. Do exposto dá para perceber o esforço, e igualmente um teorema-em-ação existente, que é o da força resultante igual a zero para a situação de repouso, porém, este conhecimento necessita de ajustes, para os quais foram previstas ações que deverão ser trabalhadas para se conseguir melhorias neste quesito ao longo da primeira série principalmente.

Outra constatação é que a linguagem específica normalmente utilizada na área de Física nem sempre está presente nas respostas, porém, a noção de situação de repouso em função de uma força resultante igual a zero, muitos alunos demonstraram ter. Problemas detectados aqui, para serem equacionados, exigem que o aluno compreenda o modo de ação de forças atuantes num corpo, principalmente os elementos de orientação como a direção e o sentido, além do ponto de aplicação e da força resultante na situação de equilíbrio, que é visto em estática.

As questões 2, 3 e 5 foram agrupadas por tratarem do mesmo tipo de raciocínio para sua resolução, ou seja, conceito de força resultante igual a zero e repouso, além da necessidade de saber representar corretamente as forças, que são grandezas vetoriais e necessitam de orientação, ou seja, de direção e sentido.

Questão 2: Explique como é que um submarino pode flutuar na superfície da água.

Questão 3: Faça um desenho mostrando as forças que agem num submarino quando ele se encontra parado, flutuando na superfície da água.

Questão 5: Faça um desenho mostrando as forças que agem num submarino referente à questão 4.

Questão 2:	S = 2,45 %	Questão 3: S = 39,65 %	Questão 5: S = 31,4 %
	P = 87,95 %	P = 55,6 %	P = 53,05%
	I = 9,6 %	I = 4,75 %	I = 15,55 %

Agrupamento 2,3,5:  $S = 24,5 \%$

$P = 65,53 \%$

$I = 9,97 \%$

Este agrupamento evidencia que a maioria dos alunos ainda apresenta lacunas em seus conceitos, o que era esperado, pois eles ainda estão sendo construídos. Pelo fato de muitos deles acertarem parcialmente a resposta ( $P = 65,53\%$ ), mostra o conceito básico de força presente, embora haja algumas falhas na representação quando vinculadas ao repouso, gerando uma força resultante, o que causou grande parte dos erros constatados.

Ações para minimizar o problema foram desenvolvidas, proporcionando uma oportunidade aos alunos para representação das forças solicitadas, passando posteriormente para sistemas mais complexos, com maior número de forças. O conceito-em-ação que deveria estar presente, que os alunos deverão assimilar melhor na primeira série, é o da força vertical para cima ser igual ao peso na situação de repouso proposta, e também o teorema-em-ação correspondente, da força resultante igual a zero. Com estes conceitos adequadamente assimilados os alunos terão melhores condições de analisar corretamente os sistemas formados com ação de mais de duas forças atuando na mesma direção num corpo em repouso, podendo ser estendido o mesmo conceito para sistemas contendo forças que atuam também em outras direções, nos quais o principal acréscimo é a decomposição destas forças.

Questão 4: Quanto às forças aplicadas, explique como é que um submarino pode ficar em repouso (sem movimento vertical) quando totalmente submerso na água.

Esta questão solicitou o conceito de repouso e força resultante igual a zero também. Entre as respostas corretas e as parcialmente corretas ( $S = 25,4\%$  e  $P = 38,55\%$ , perfazendo  $63,95\%$ ), apareceram algumas idéias presentes nas respostas, que são subsunçores, nas quais estão presentes também alguns conceitos-em-ação, mas que devem ser melhorados. Algumas respostas foram parcialmente transcritas, como por exemplo: *“resultante zero”, “densidade igual da água”, “empuxo igual à força de gravidade”; “densidade constante”; “um sistema que o deixa mais pesado”; “todas as forças se anulam”; “todas as forças têm o mesmo impacto sobre o submarino”; “peso e normal opostos e com intensidades iguais”; “faz maior força contra a água”; “entrando água em câmaras de submersão”; “empuxo e gravidade se igualam”; “pressão existente dentro*



*dele*"; *"as forças que existem nele são opostas"*; *"mesma quantidade de força aplicada acima e embaixo"*; *"as forças ficam neutras"*; *"a gravidade é maior que o empuxo"*; *"as forças que atuam sobre ele são nulas"*; *"as forças resultantes estiverem anuladas"*; *"mantendo a densidade estável"* e *"controlando sua densidade"*. Apesar de algumas idéias incompletas e outras equivocadas, demonstra-se novamente um conhecimento inicial, resgatado pelo autor da resposta na tentativa de responder corretamente, pois este foi o vínculo que ele conseguiu fazer no momento por faltar-lhe outros vínculos mais consistentes.

Consideradas pela linguagem da Física, algumas das respostas dadas usaram termos inadequados, como por exemplo, como já foi dito, "gravidade" para representar peso. Especificamente para este conceito, o que importa é que, para o aluno neste momento, entender gravidade como peso, para ele está correto, pois o conceito que ele aprendeu para "gravidade" foi o conceito de peso. O erro nesta questão pode ser considerado apenas de forma de expressão inadequada, que pode ser utilizada nesta fase inicial do ensino médio pelo aluno.

Novamente, em estática é possível resolver ou minimizar este problema, enfatizando que peso é uma força, e que nem sempre o aluno o entende como tal, por isso este conceito deverá ser sempre reforçado. A partir desta análise, outros conceitos são importantes para serem novamente abordados, os quais ajudarão a melhorar a formação dos conceitos solicitados nesta questão, como: força resultante igual a zero, vinculando à representação das forças envolvidas o ponto de aplicação das mesmas, enfatizando o modo de ação das forças num corpo e/ou as forças exercidas por um corpo. Foram igualmente previstas ações nas atividades propostas com estes objetivos.

É importante a assimilação da direção e sentido de atuação de uma força, que é uma grandeza vetorial, devendo ser adequadamente entendida e representada pelos alunos.

Questão 11: Com relação aos movimentos citados na questão 10 (MRU e MRUV), faça um desenho representando as forças que agem num submarino quando o movimento for:

- a) Um MRUV para cima;
- b) Um MRU para cima;
- c) Um MRUV para baixo;
- d) Um MRU para baixo.

Esta questão solicitou um vínculo entre os dois tipos de movimento, MRU e MRUV, verticais, e a representação das forças que geram estes movimentos, conforme já mencionado. Já era esperado que os alunos da 1ª série, no início do primeiro semestre não soubessem representar corretamente o que foi solicitado ( $S = 8,5\%$ ,  $P = 9,65\%$  e  $I = 81,85\%$ ). Dentro da mecânica, em dinâmica, os conceitos envolvidos nesta questão são de difícil compreensão, sendo necessário trabalhá-los por etapas, melhorando-os gradativamente. Para o MRU, por exemplo, seja ele para cima ou para baixo, alguns alunos que representaram as forças, consideraram-na maior no sentido do movimento do corpo, o que na realidade não acontece. Esta é uma falha conceitual que deverá ser gradativamente corrigida, proporcionando-se a diferenciação adequada desta situação inicialmente dentro da cinemática, passando-se a reforçar o mesmo conceito em estática e em dinâmica, utilizando-se como base a aplicação das leis de Newton, pois entre o aluno saber o que dizem as leis e saber aplicá-las corretamente, há uma grande diferença.

Com Relação ao MRUV foi maior o índice de acertos na representação das forças, contudo, há necessidade de ajustes em função da confusão que muitos ainda fazem com o MRU conforme já mencionado, podendo-se ter esta confusão, mascarado as respostas consideradas corretas. Dentro da estática é importante não esquecer a necessidade de proporcionar a oportunidade de representação das forças pelos alunos, o que lhes dará maior suporte para que criem vínculos significativos e melhorem seus conceitos.

Questão 13: Existe uma força vertical para cima agindo no casco de um submarino, quando este se encontra na água, na superfície ou abaixo da superfície. Então responda:

- a) Qual é o nome desta força
- b) De quais fatores depende esta força

Esta questão solicitou o conhecimento da existência do empuxo, para corpos imersos em fluidos, e também, os fatores de dependência desta força. Para esta questão igualmente não se esperava um alto índice de acerto para estes alunos. Houve alguns alunos que acertaram ( $S = 33,9\%$ ), porém, a maioria teve dificuldades ( $P = 22,9\%$  e  $I = 43,7\%$ , perfazendo  $66,6\%$ ). Para os que tiveram resposta parcialmente correta, os erros detectados foram mais em função do item b desta questão, que solicitou conceitos sobre a dependência da força de empuxo. É também possível dizer que os alunos que responderam tinham alguma noção da resposta do item b, quanto à dependência citada, o que demonstra alguns

conceitos subsunçores presentes, mesmo adquiridos intuitivamente por alguma interação com sistemas semelhantes, como também alguns conceitos-em-ação que estão necessitando de ajustes. Estas constatações podem ser percebidas na transcrição parcial de algumas idéias encontradas nas respostas: *“Peso e tamanho”*; *“fluído que age no corpo”*; *“densidade da água”*; *“força que ele faz para baixo e sua massa”*; *“tamanho do submarino”*; *“do tamanho da embarcação”*; *“do ar embaixo da água”*; *“quantidade de água deslocada”*; *“pressão da água”*; *“densidade do submarino”*; *“profundidade”*; *“força gravitacional”* e *“da quantidade de sal na água”*.

Como se pôde perceber nas transcrições acima, algumas idéias incompletas ou erradas citadas determinaram os erros das respostas, entretanto, alguns alunos estão necessitando apenas de complementos. Deve-se novamente lembrar que são alunos de início de primeira série, e que apresentaram os conceitos iniciais sobre o que foi solicitado. Os conceitos referentes à questão, portanto, estão evoluindo, e as idéias não são idéias totalmente erradas, mas sim, desvinculadas de outros conceitos e vínculos igualmente importantes que já foram solicitados nas outras questões, para os quais foram previstas atividades que os integrem.

Como o empuxo é um tópico da segunda série, as ações para corrigir estes problemas conceituais, que são básicos para outras situações, devem começar ainda na 1ª série, em unidades de medida, em cinemática, estática e dinâmica, corrigindo ou melhorando conceitos como: volume de um corpo; massa, aceleração gravitacional; o peso como uma força vertical para baixo e dependente da aceleração gravitacional, diferenciando-o de massa; o peso de um corpo que flutua igual ao peso do líquido deslocado por ele, ou seja, a força resultante é igual a zero numa situação de repouso.

Na segunda série, o empuxo como uma força vertical para cima, resultante da diferença de pressão do fluido entre a parte inferior e superior do corpo deve ser enfatizado, e a equação deverá ser deduzida a partir do conceito, já visto na primeira série, na qual a massa do corpo que flutua é igual à massa do fluido deslocado por ele. O repouso como resultado da força resultante igual a zero deverá ser revisto. Desta maneira ficará mais fácil o resgate destes conceitos na segunda série e também a evolução para interpretação das condições que determinam o empuxo.

Na segunda série, um princípio que deverá se tornar um teorema-em-ação importante é de que “todo corpo mergulhado num fluido recebe uma força vertical de baixo para cima”, conhecido por “princípio de Arquimedes”. Entretanto, entre apresentar o princípio ao aluno, e este entendê-lo em sua plenitude, há uma distância conceitual que

deverá ser reduzida com algumas ações já mencionadas a serem desenvolvidas ainda na primeira série, integrando-as na segunda. Para que o aluno possa compreender melhor este aspecto solicitado referente ao empuxo, faz-se necessário que ele já tenha alguns conceitos subsunçores importantes, que se tornarão conceitos-em-ação, todos mais adequadamente formados ainda na primeira série, assim como os conceitos sobre os modos de ação de forças, a direção e seu sentido, e ainda da força resultante atuante nos corpos e seus efeitos.

Na segunda série o aluno necessita, portanto, ampliar o conceito de força aplicada pela água num corpo (que depende do conceito de pressão), porém, ele já deverá saber que a força resultante que age num corpo pela ação da água fará o mesmo efeito da força resultante vista no estudo da mecânica.

Questão 14: Considerando-se um submarino submergindo (afundando), a força citada na questão 13 aumenta com o aumento da profundidade? Sendo sua resposta afirmativa ou negativa, explique por quê.

Esta questão solicitou a interpretação correta do empuxo e da sua relação de dependência para um corpo totalmente submerso e em profundidades diferentes. O conceito do empuxo como sendo uma força resultante da diferença de pressão do fluido entre a parte superior e inferior do corpo submerso seria bastante útil aqui. Foi a questão mais problemática para os alunos da 1ª série, um resultado já esperado para esta série nesta questão, na qual ninguém acertou satisfatoriamente ( $S = 0$ ).

Entre as respostas que puderam ser consideradas como parcialmente corretas ou incompletas ( $P = 38,55\%$ ) houve para algumas respostas alguns conceitos-em-ação detectados, que são transcritos, como: *“A densidade da água é sempre a mesma”(foi considerado correto, desprezando-se o aumento da salinidade no mar em grandes profundidades); “o empuxo diminui, pois se aumentasse o objeto subiria”; “diminui, pois o volume de água abaixo do submarino fica menor”; “não, o que aumenta é a força que empurra o submarino para baixo”; “diminui porque aumenta a pressão sobre o submarino”; “sim, quanto mais perto da crosta terrestre, maior a gravidade” e “não, porque essa força é que puxa ele para cima”*. Muitos alunos também responderam que há aumento do empuxo porque a pressão aumenta com o aumento da profundidade, o que na realidade não acontece, gerando a grande parte das respostas consideradas erradas ( $I = 61,45\%$ ). O conceito de diferença de pressão hidrostática ajudaria a resolver este problema, mas antes disso, existem outros conceitos já mencionados e igualmente importantes a serem

trabalhados e melhorados na primeira série, para que o aluno possa interpretar esta questão de forma significativa quando da oportunidade de estudá-la.

### 3.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO DA 2ª E 3ª SÉRIES

O quadro 2 a seguir mostra a ordem de dificuldades encontradas pelos alunos da 2ª e 3ª séries juntas.

ORDEM DE DIFICULDADE (DA MAIS FÁCIL PARA A MAIS DIFÍCIL)	QUESTÃO	CONHECIMENTO SOLICITADO
1ª	1	Definição de submarino
2ª	10	Características do MRU e do MRUV
3ª	9	Conceito de aceleração (quanto à variação de velocidade)
4ª	6	Representação de forças num corpo em repouso no ar - Direção, sentido, intensidade e ponto de aplicação.
5ª	12	Força resultante num corpo em repouso
6ª	7	Força resultante atuante num corpo em movimento acelerado vertical para cima
7ª	8	Força resultante atuante num corpo em movimento acelerado vertical para baixo
8ª	13	a - Reconhecimento do empuxo como força b - Massa específica, volume de líquido deslocado por um corpo e aceleração gravitacional.
9ª	5	Representação das forças que agem num corpo em repouso quando totalmente submerso
10ª	4	Força resultante atuante num corpo em repouso quando totalmente submerso
11ª	3	Representação das forças atuantes num corpo em repouso quando flutuando na água
12ª	2	Força resultante num corpo em repouso quando flutuando na água
13ª	11	Força resultante atuante num corpo em MRU e em MRUV
14ª	14	Empuxo e diferença de pressão hidrostática

**Quadro 2 - Questões do questionário representadas em ordem crescente de dificuldade, para a 2ª e 3ª séries juntas, conforme constatação da análise do percentual de respostas corretas.**

**Fonte: Autoria própria**

O questionário foi aplicado na 2ª e 3ª séries no início do ano letivo de 2009. A análise das questões foi feita em conjunto para as duas séries, representando um universo de 132 alunos. O motivo da junção foi o objetivo do questionário nestas séries, o qual foi o de detectar os problemas, cujas ações, para procurar resolvê-los, foram desenvolvidas ainda nas turmas de primeira série no mesmo ano letivo, nas quais o trabalho foi aplicado dentro da metodologia proposta.

Procedeu-se deste modo porque estes alunos de 2ª e 3ª séries já tiveram todo o conteúdo de mecânica na 1ª série, com exercícios aplicativos que envolveram mais do que está sendo solicitado neste questionário, porém, eles não utilizaram o protótipo como referência, nem a metodologia agora proposta, durante as suas primeiras séries nos anos de 2008 e 2007, respectivamente. Assim, poderiam ser detectados os problemas recorrentes, originados na primeira série, para os quais se procura uma solução com a aplicação desta proposta de trabalho para os alunos das três séries do ensino médio.

Quanto à obtenção e retenção do conhecimento, a pesquisa justifica-se para os alunos de segunda e terceira séries pelo motivo de, no momento de sua realização, ter passado mais de um ano que os alunos da terceira série tiveram contato com grande parte do que está sendo solicitado no questionário, e os alunos da segunda série tiveram contato com este conteúdo, no mínimo, num intervalo de seis meses, e neste intervalo alguns conceitos podem ter sido esquecidos ou reformulados.

#### Questão 1: Diga o que é um submarino

Esta questão é uma avaliação inicial e foi aplicada a todos com o objetivo de verificar se os alunos já tinham uma idéia sobre o tema submarino. Para estes alunos da 2ª e 3ª séries especificamente, procurou-se verificar o que eles iriam acrescentar em relação aos alunos de primeira série, os quais não tiveram muitos problemas com esta questão. Como aquelas respostas, houve também aqui definições do submarino, como por exemplo, nas transcrições parciais a seguir: *“algo parecido com navio, mas que pode afundar”*, ou *“um objeto que pode navegar debaixo da água”*. De uma maneira geral, muitos alunos (S = 74,325%) sabiam que o submarino é um veículo submersível (ou que pode afundar e navegar abaixo da superfície da água - expressão usada por alguns), e expressaram esta capacidade, mas uns poucos (P = 22,35 %) não a expressaram. Este conhecimento, considerado como prévio para estes alunos neste momento foi, de alguma maneira, construído antes do ensino médio, em parte na 1ª série para os alunos que agora se encontram na 2ª série, e na 1ª e 2ª séries para os alunos que agora se encontram na 3ª série.

Portanto, a definição de submarino e sua forma de navegação é clara para os alunos, porém foram detectados problemas quanto ao seu funcionamento. De uma maneira geral, um número maior de alunos se utilizou da linguagem usual no ensino de Física do ensino médio, na maioria das respostas.

As questões 2, 3, 4, 5, 10 e 11, analisadas a seguir, que se referem à força e movimento especificamente, foram inicialmente analisadas separadamente e, em seguida, agrupadas duas a duas na mesma ordem. Estes pares de questões necessitam de elaborações mentais diferentes para sua resolução integral. Enquanto as questões 2, 4 e 10 solicitam descrição, as questões 3, 5 e 11 solicitam um diagrama.

A questão 2: Explique como é que um submarino pode flutuar na superfície da água.

Nesta questão os percentuais mostram poucos alunos ( $S = 22,025\%$ ) que responderam corretamente, e que a maioria ( $P = 64,625\%$ ) dos alunos não soube explicar corretamente esta questão. Há uma ação a ser desenvolvida e melhorada aqui, que será especificada quando se fizerem as outras proposições de ações parciais de mudança de estratégia de ensino, detectadas nas outras questões mais específicas deste questionário.

Como esta pergunta é aberta, foi aceita como correta a resposta que mostrasse a força peso e a força exercida pela água (mesmo sem chamá-la de empuxo) como duas forças iguais. Houve alguns que responderam corretamente pelos dois caminhos citados, no entanto, o percentual baixo de acertos mostra que é necessário rever como os alunos estão elaborando estes conceitos e o nível de interligação dos subsunçores existentes em sua estrutura cognitiva. Alguma melhoria foi proposta em função desta constatação, o que será sugerido na sequência conforme já mencionado, mas parte do problema está na formação de conceitos importantes da mecânica, para os quais foram feitas algumas sugestões na análise dos questionários da primeira série.

A questão 3: Faça um desenho mostrando as forças que agem num submarino quando ele se encontra parado, flutuando na superfície da água.

Nesta questão foi solicitado o conceito de repouso e força resultante igual a zero, e os percentuais mostram que poucos ( $S = 35,775\%$ ) responderam satisfatoriamente, e que a maioria ( $P = 57,425\%$  e  $I = 6,8\%$ , perfazendo  $64,225\%$ ) não consegue representar a situação corretamente. Para os alunos que acertaram a questão 2, o que pode ser interpretado como possuidores de conceitos-em-ação corretos, a representação das forças ficou mais fácil. Nesta questão foi aceita como correta a representação de duas forças verticais, de sentidos contrários e iguais, não necessariamente indicando-as como peso e empuxo. Houve desenhos nos quais as forças foram nominadas de  $F_1$  e  $F_2$  ou  $F_A$  e  $F_B$ ,

porém, a indicação deveria mostrar que são forças iguais. Se isto foi representado, a resposta foi considerada correta.

Por esta análise, conclui-se que a representação da atuação de forças através de vetores dentro da mecânica, no estudo das grandezas vetoriais, é realmente um tópico importante a ser revisto no ensino de Física de primeira série, principalmente os casos mais simples, que não exigem a decomposição destas forças, para que o aluno possa entender melhor os efeitos de uma força ou de uma força resultante agindo num corpo em repouso. Para interpretar corretamente a origem da força de empuxo, necessitar-se-á, além dos conceitos citados, o conceito de forças decompostas, pressão hidrostática e, principalmente, a diferença de pressão hidrostática adequadamente entendidos.

O agrupamento 2-3:  $S = 28,9 \%$

$P = 61,025 \%$

$I = 10,075 \%$

Quando as respostas das duas questões são vistas juntas, mostram que a maioria ( $S = 28,9 \% + P = 61,025 \% = 89,925 \%$ ) tentou responder. Alguns conseguiram uma resposta satisfatória, utilizando o que tinham de conceitos e relacionamentos disponíveis. Entretanto, a maioria ( $71,1 \%$ ) teve algum problema com a formação dos conceitos e/ou o resgate da informação da representação, o que é relativo à formação de conceitos subsunções adequados, gerando o maior percentual de respostas incompletas e/ou erros conceituais.

Os pontos que deverão ser mais bem trabalhados dentro de estática para se tentar resolver o problema são: ponto de aplicação de uma força, a direção e sentido de atuação, representando-se corretamente estas forças quando atuando num corpo, enfatizando principalmente a aplicação da 1ª e da 3ª leis de Newton, que são tópicos vistos na 1ª série.

A questão 4: Quanto às forças aplicadas, explique como é que um submarino pode ficar parado (sem movimento vertical) quando totalmente submerso na água.

Nesta questão, como a situação do submarino mudou para debaixo da superfície da água em relação à questão 2, a explicação deveria ser a mesma quanto à atuação de forças e da força resultante, porém, foram aceitas como corretas as explicações referentes à formação do empuxo também, apesar de não se ter entre as respostas muitas explicações versando sobre isto.



A análise dos percentuais mostra que, novamente, poucos alunos tiveram êxito ( $S = 36,35\%$ ), enquanto a maioria ( $P = 37,9\%$  e  $I = 25,75\%$ , perfazendo  $63,65\%$ ) teve algum tipo de problema com os conceitos, não conseguindo responder satisfatoriamente a esta questão. O fato de o submarino estar parado abaixo da superfície da água, diferentemente do mesmo parado na superfície como na questão 2, confundiu um pouco os alunos. Alguns colocaram o empuxo como pressão ou densidade, constatando-se a necessidade de se reforçar o conceito de empuxo como força resultante e vertical para cima, e também de pressão, dependente da área.

Conforme já sugeridas para a primeira série, ações que melhorem a interpretação do repouso como uma das situações onde a força resultante é igual a zero deve resolver o problema, pois formará um subsunçor mais sólido, e um teorema-em-ação importante que, sendo adequadamente formado e integrado, poderá ser facilmente resgatado, proporcionando ainda ao aluno fazer a diferenciação adequada para outras situações.

A questão 5: Faça um desenho mostrando as forças que agem num submarino, referente à questão 4.

Nesta questão, que trata da representação das forças que agem num submarino em repouso, que são grandezas vetoriais, e ainda, pelo fato do submarino se encontrar abaixo da superfície da água, quanto às forças aplicadas que resultam em duas, estas é que deveriam ser representadas. Houve alguma confusão, e apenas uma parcela ( $S = 39,9\%$ ) conseguiu representar adequadamente o que foi solicitado, pois dentre os que erraram, alguns tentaram representar outras forças não verticais, não representando as duas forças principais citadas, o que determinou um grande percentual de erros ( $P = 33,65\%$  e  $I = 26,45\%$ , perfazendo  $60,1\%$ ).

O que foi constatado reforça novamente a necessidade de alteração na forma de trabalho com grandezas vetoriais, do ponto de aplicação de forças e a obtenção de uma força resultante. A ênfase ao empuxo como uma força vertical para cima, da força peso como vertical para baixo, e também da força resultante destas duas, que é a sua relação de dependência, também deve ser melhorada, enfatizando que não importa se o submarino encontra-se totalmente submerso ou flutuando na superfície da água, mas sim o repouso, para que a força resultante atuante no mesmo seja igual a zero.

Agrupamento 4-5:  $S = 38,125\%$

$$P = 35,775 \%$$

$$I = 26,1 \%$$

Este agrupamento mostra que a maioria tentou responder, porém, somente uma parte ( $S = 38,125 \%$ ) dos alunos conseguiu fazer a correspondência solicitada de forma correta, sendo que os demais apresentaram algum problema conceitual, principalmente na representação destas forças, o que necessita ser revisto, conforme já indicado.

Independentemente de ser um submarino dentro da água, um balão no ar ou outro objeto em repouso numa situação semelhante onde houver aceleração gravitacional, a representação das forças verticais que atuam para manter o equilíbrio não é diferente entre um caso e outro, e isto necessita ser relacionado ao se trabalhar com estática. Como respostas corretas para esta questão foram aceitas duas forças iguais e contrárias, independentemente do nome que foi dado a elas, porém, tendo sido indicadas como iguais. Outra evidência é que a interpretação do empuxo como força resultante que é, particularmente nesta situação, necessita ser reforçada, pois de maneira geral, em grande parte das respostas isto não foi mencionado.

Questão 10: Para o movimento vertical ou horizontal de um submarino há dois tipos básicos, que são: O MRU (Movimento Retilíneo Uniforme) e o MRUV (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado). Qual é a característica básica de cada uma destes movimentos?

Nesta questão, que solicitou somente as características principais do MRU e do MRUV, a maioria ( $S = 69,875 \%$ ) apresentou resposta satisfatória, revelando que estes alunos souberam diferenciar velocidade constante e aceleração constante, ou aceleração zero e velocidade variável, o que foi aceito como resposta correta. Entretanto, pelo fato de alguns alunos ( $P = 14,75 \%$ ) terem feito alguma confusão com estes conceitos, e outros ( $I = 15,375 \%$ ) não terem respondido satisfatoriamente e por serem alunos de 2ª e 3ª séries, estes tópicos também necessitam de maior ênfase, principalmente na interpretação das unidades de aceleração, melhorando os conceitos básicos, para serem corrigidos na primeira série e os alunos possam entender a variação da velocidade, criando uma diferença conceitual significativa com o movimento uniforme, para o qual não existe aceleração.

Questão 11: Com relação aos movimentos citados na questão 10, faça um desenho representando as forças que agem num submarino quando o movimento for:

- a) Um MRUV para cima;
- b) Um MRU para cima;
- c) Um MRUV para baixo;
- d) Um MRU para baixo.

A intenção desta questão foi detectar como os alunos de 2ª e 3ª série estão vinculando força e movimento. Pelo fato de se estar utilizando um protótipo de submarino, houve alguma confusão por conta disso, em parte já esperada, da maioria dos alunos. Caso houvesse uma maior segurança relativa ao conceito de força, de força resultante e de representação vetorial, o resultado desta questão poderia ter sido melhor. Há falhas detectadas nos conceitos-em-ação utilizados, assim como na representação das forças, que é a capacidade que os alunos deveriam ter adquirido para elaborar esquemas. A principal constatação é que a maioria dos alunos não está sabendo o efeito de uma força, ou de uma força resultante que atua num corpo, e nesta questão, que exigia tal vínculo, determinou poucas respostas corretas ( $S = 19,425\%$ ), a maioria das respostas parcialmente corretas, insatisfatórias, ou questões não respondidas ( $P = 16,1\%$  e  $I = 64,475\%$ , perfazendo  $80,575\%$ ).

Houve também uma confusão relativa ao movimento uniforme, quando muitos alunos consideraram haver uma força maior no sentido do movimento enquanto que para outros alunos, isto já poderia ter sido resolvido. Como sugestões para resolução dos problemas aqui detectados valem as mesmas considerações já feitas anteriormente, na análise do questionário da 1ª série.

O agrupamento 10-11:       $S = 44,65 \%$   
                                       $P = 15,425 \%$   
                                       $I = 39,925 \%$

Este agrupamento mostra problemas enfrentados pelos alunos quando se solicita uma ligação entre força e movimento, como ficou evidenciado nos agrupamentos anteriores. O domínio de conceito de força, da ação de uma força e de uma força resultante é imprescindível, principalmente com relação aos efeitos gerados num corpo, bem como a

representação destas forças corretamente, e isto é o que parece não estar claro para a maioria dos alunos ( $P = 15,425\%$  e  $I = 39,925\%$ , perfazendo  $55,35\%$ ). Considerando o que foi evidenciado na questão 10, na qual grande parte dos alunos mostrou saber diferenciar os tipos de movimento, o conceito de movimento em função da(s) força(s) aplicada(s) num corpo foi a principal causa de erros gerados neste agrupamento, para os quais as ações para correção estão principalmente na interpretação e aplicação correta das leis de Newton, assim como na representação das forças pelos alunos.

Quando os alunos têm contato com as leis de Newton, principalmente com relação à segunda lei, e quando eles dominam a 1ª e a 3ª leis, mesmo parcialmente, pode também estar havendo uma tendência de alguns em somente guardar a equação da 2ª lei de Newton, para que posteriormente possam resolver problemas, e que, por se tratar de uma equação (que alguns realmente entendem como fórmula somente para resolver problemas, e não interpretam como uma linguagem), pode ter sido mais fácil usar a memória e guardar esta equação, ao invés de tentarem entender corretamente o efeito das forças agindo num corpo, assim como os conceitos pertinentes. A forma correta dos alunos raciocinarem para que atinjam um melhor nível de conhecimento relativo a este tópico deverá ser mais efetivamente cobrado na primeira série, enfatizando-se a aplicação das leis de Newton.

As ações mencionadas devem minimizar o que foi detectado, porque a interpretação integral da 2ª lei de Newton, em várias situações, depende também de conceitos anteriores de ação de forças corretamente entendidos. Outra ênfase importante é o conceito de força resultante igual a zero para um corpo em MRU, e este conceito é mais fácil de assimilar inicialmente, quando há somente duas forças agindo na mesma direção, em sentidos contrários, sendo o tipo de movimento para o qual alguns alunos tendem a considerar erroneamente, como já foi dito, a maior força aquela que atua no sentido do movimento. Falta um teorema-em-ação importante aí, de que, para o MRU, a força resultante é igual a zero, o qual deverá ser adequadamente construído ainda na primeira série.

O que o aluno deverá entender melhor, portanto, é que, quando um corpo encontra-se em MRU, ele precisou sim, em algum momento, da ação de uma força resultante diferente de zero para colocá-lo em movimento numa determinada velocidade, porém, para manter o movimento sem aceleração, nem sempre necessitará de uma força. Em resumo, estes são os conceitos mais elaborados, que envolvem os sistemas conservativos e não conservativos, mas para que o aluno os entenda bem, é necessário primeiro que ele tenha

alguns subsunçores básicos melhor elaborados. Para se conseguir tais melhorias já foram feitas algumas sugestões anteriormente.

Questão 6: Supondo que você esteja segurando um objeto na mão, em repouso, faça um desenho mostrando as forças que agem no mesmo.

Esta questão não faz referência ao submarino, solicitando somente a representação de forças atuantes num objeto qualquer na situação de repouso, quando seguro pela mão. A maioria dos alunos ( $S = 60,1 \%$ ) apresentou respostas satisfatórias, e as outras, que foram consideradas parcialmente corretas, de forma geral tiveram como motivo a falta de indicação de que a força peso deveria ser igual à força de sustentação. A análise desta questão simples mostra a necessidade, novamente, de enfatizar a representação de forças pelos alunos, nas situações mais simples, para poder evidenciar o que foi aqui percebido como um conceito subsunçor inadequadamente formado, que se tornou um conceito-em-ação falho, como também já foi igualmente percebido em outras questões.

A ação sugerida nas atividades deverá melhorar a formação e retenção do conceito, possibilitando a criação de um vínculo esquemático. Outra observação importante quanto à representação das forças é no sentido de enfatizar que esta atividade deverá ser feita pelo aluno, desenhado por ele, objetivando a representação de uma situação real, e não a simples observação da força representada no quadro ou noutro lugar. Quando o aluno realiza a atividade de representar as forças, além de ter visto tal representação em algum lugar, ele estará oportunizando a criação de uma situação favorável ao desenvolvimento de um vínculo mais significativo em seu sistema cognitivo, melhorando a formação do conceito subsunçor e do conceito em si. Conforme diz Hans Aebli (1970, p.175-177):

O aluno poderá provar que possui a representação de um objeto (neste caso o agente força), se ele conseguir reconhecer quando lhe for apresentado, mesmo após este ter sofrido uma renovação, ou ainda, quando ele conseguir descrever o objeto a partir de sua própria representação, com ajuda de seus meios verbais, gráficos ou concretos, e neste caso, deverá fazer reviver de si a sua representação, e só então representará por palavras. A percepção das qualidades e funções de um objeto exige, muitas vezes, conhecimentos especializados. Aos alunos, portanto, deverão ser transmitidos métodos de observação, para que possam conquistar seus conhecimentos.

Mostra-se, portanto, de fundamental importância a atividade de representação das situações, especialmente das situações envolvendo as forças, que são grandezas vetoriais e

necessitam de uma interpretação precisa, pois, de nada adianta o aluno obter algum valor numérico para uma força resultante se ele não souber pragmaticamente o que isto representa para o corpo ou para o ponto de aplicação desta força.

Questão 7: Para que um submarino, quando parado abaixo da superfície da água, entre em movimento vertical para cima, o que é preciso acontecer quanto às forças aplicadas no mesmo? Faça um desenho representando estas forças.

Esta questão solicitou a correta interpretação da força resultante e do movimento retilíneo vertical do tipo uniformemente variado (MRUV), obtido por meio de uma força resultante vertical para cima, e também um desenho do sistema. A falta de conhecimento de alguns alunos com relação às características do MRUV e, novamente, a dificuldade de representação das forças solicitadas contribuíram para os erros parciais ou totais das respostas desta questão. Apesar de uma grande parte ( $S = 55,55\%$  e  $P = 25,9\%$ , perfazendo  $81,45\%$ ) conseguir responder esta questão de maneira satisfatória ou parcialmente, o que preocupa nestas séries é saber que 25 alunos ( $I = 18,55\%$ ) têm ainda problemas sérios com este conteúdo, o que não deveria estar acontecendo, sendo uma evidência de que não houve aprendizagem efetiva relativa a estes tópicos, ou porque a retenção destes conceitos, que foram bastante trabalhados na primeira série, não existiu, ou, se existiu, foi por pouco tempo.

É difícil precisar o motivo, pois pode existir mais de um fator gerador, mas alguns alunos podem ter guardado as informações de forma mecânica. Quando estes alunos necessitaram fazer o resgate da informação para responder à pergunta, isso não se efetivou, ou eles se utilizaram de conceitos soltos, o que não lhes deu condições de elaborar a resposta correta. Novamente, a constatação de que a força resultante igual a zero no movimento uniforme é outro conceito não muito claro para alguns alunos, levando-os a representar uma força no sentido do movimento, o que não permite a eles fazerem a diferenciação necessária com relação às forças que agem no MRUV.

Questão 8: Para que um submarino, quando parado abaixo da superfície da água, entre em movimento vertical para baixo, o que é preciso acontecer quanto às forças aplicadas no mesmo? Faça um desenho representando estas forças.

Esta questão é semelhante à questão 7 em solicitação de raciocínio para resolução, porém, o movimento é para baixo. Percebe-se que, praticamente o número de acertos e

erros, que foram praticamente os mesmos ( $S = 54,2\%$ ,  $P = 23,525\%$  e  $I = 22,275\%$ ), o que está dentro do previsto. Também, os erros cometidos aqui foram originados pelos mesmos motivos. Assim, as mesmas sugestões já mencionadas são indicadas para resolução dos problemas aqui detectados.

Questão 9: Quando é que podemos dizer que um corpo tem aceleração?

Esta questão solicitou diretamente somente o conceito de variação de velocidade, porém, indiretamente, o conceito de movimento uniforme devidamente diferenciado do movimento uniformemente variado. A análise dos percentuais mostra novamente algumas falhas neste conceito. Apesar de grande parte dos alunos ter acertado ( $S = 66,875\%$ ), e outros darem respostas parcialmente corretas ( $P = 11,95\%$ ), esperava-se um maior percentual de acertos para os alunos da 2ª e 3ª séries nesta questão. O motivo provavelmente foi o mesmo das questões 7 e 8.

Deve ser adicionada aqui a necessidade de interpretação da unidade de aceleração, ou seja,  $m/s^2$ , sendo derivada de uma variação de velocidade no decorrer do tempo, portanto,  $m/s$  a cada segundo de movimento, e assim se justifica utilizar a unidade  $(km/h)/s$  (quilometro por hora a cada segundo), que se refere à variação (aumento ou redução) de velocidade em  $km/h$  a cada segundo de movimento. Apesar de não pertencer ao Sistema Internacional - SI, tratando-se dos automóveis comercializados no Brasil para contextualização, estes têm em seus velocímetros a unidade  $km/h$  para a velocidade, com a qual os alunos estão familiarizados, e desta maneira a aceleração terá maior chance de ser mais bem assimilada conceitualmente. Isto é difícil de ser integralmente interpretado por alguns alunos em pouco tempo, principalmente quando estes, em seu dia a dia nas aulas de Física, ainda tendem a reter somente a equação da aceleração na memória, em função da forma errada de “tentar guardar” as novas informações obtidas na escola, sem a criação de outros vínculos importantes. Isto pode ter sido a causa da retenção por curto prazo ou desenvolvimento de vínculos de maneira inadequada em alguns alunos. O percentual de respostas insatisfatórias ( $I = 21,175\%$ ) dos alunos que erraram ou não responderam, acaba sendo um valor muito significativo nesta questão, visto que o conceito solicitado, que é básico em mecânica, deveria estar mais bem consolidado nestes alunos. Para tentar minimizar o problema aqui detectado, além do que já foi mencionado nas questões anteriores, de maneira geral, é necessário melhorar a ênfase na interpretação das unidades

de aceleração, tentando fazer com que o aluno interprete o significado de uma aceleração num corpo, vinculando neste momento à mudança de velocidade do mesmo.

Questão 12: Quando um submarino está em repouso, na superfície da água ou abaixo da superfície, quanto à força resultante que age no mesmo, qual é a principal condição para que ele permaneça em repouso?

Esta questão mais geral, abrangendo duas situações, solicitou que o aluno efetuasse o vínculo entre repouso e força resultante igual a zero. O resultado mostra que não são todos que desenvolveram este vínculo ( $S = 58,025\%$ ,  $P = 20,95\%$  e  $I = 21,025\%$ ), e isto se deve mais por conta de falhas no conceito de força resultante e na representação esquemática desta situação do que à interpretação do repouso em si, para um corpo em contato com um fluido. Para tentar resolver o que foi detectado com esta questão é necessário estabelecer vínculos de uma situação comum de repouso, como por exemplo, o que foi solicitado na questão 6 (um objeto em repouso seguro na mão), para uma situação menos comum, como a situação proposta nesta questão ou outra situação de repouso com mais de duas forças, podendo serem todas verticais.

O que mais importa aqui é que o aluno estabeleça o vínculo de uma situação mais simples para outra de mesmo tipo, que ele julga mais complexa, percebendo que se utiliza do mesmo teorema-em-ação para resolvê-la. A partir do momento em que ele conseguir representar corretamente a nova situação, perceberá que desapareceu a complexidade antes imaginada, sendo esta uma atividade exclusiva do aluno, e como já foi dito, segundo Moreira (2004, p. 19), "...o hiato entre os invariantes operatórios dos alunos e os do conhecimento científico é grande, de modo que a mudança conceitual poderá levar muito tempo", porém a oportunidade para que ocorra mais rapidamente pode ser proporcionada pelo professor, ocorrendo assim também uma melhoria de qualidade no processo de ensino e no aprendizado dos alunos, também de outros conceitos que dependam deste conceito subsunção adequadamente formado.

Questão 13: Existe uma força vertical para cima agindo no casco de um submarino, quando ele se encontra na água, na superfície ou abaixo da superfície. Então responda:

- Qual é o nome desta força
- De quais fatores depende esta força



Esta questão sobre empuxo foi elaborada pensando especificamente no conhecimento destes alunos, da 2ª e 3ª séries, para se poder avaliar o nível de conhecimento destes alunos sobre o tema. A maioria dos alunos ( $S = 47,575\%$  e  $P = 25,825\%$ , perfazendo  $73,4\%$ ) não teve problemas em responder que a força que atua num corpo imerso num fluido chama-se empuxo (parte a), porém, os fatores de dependência desta força (parte b), ainda representam um problema para muitos, e as respostas parcialmente corretas ( $P = 25,825\%$ ) e as insatisfatórias foram originadas por erros, em sua maioria nesta parte.

Novamente, a origem dos problemas aqui detectados está na interpretação de forças de uma maneira geral, e não somente forças verticais. Primeiro, a interpretação do empuxo como sendo uma força resultante de forças que agem em várias direções num corpo quando submerso, devido à diferença de pressão, resultando numa força vertical para cima, e isto já significa um problema quando se formam conceitos errados sobre a forma de atuação de forças. Em algumas respostas erradas também houve confusão no que se refere à força, densidade e pressão, originando erros conceituais na interpretação devido à falta de subsunções adequados.

O problema detectado pode ser resolvido com ações que contribuam para a melhoria na interpretação da força resultante, conforme já citado em outras questões que solicitaram este conceito. O conceito de densidade e pressão, apesar de terem sido poucas as respostas com este tipo de confusão, pode ser um motivo velado aqui, principalmente no que se refere ao conceito errado de pressão entendido como força. Seria importante que isto fosse revisto também, como por exemplo, a pressão dependente da área, tomando o cuidado para que o aluno não guarde somente a equação, mas a essência do conceito, o que poderá garantir melhor qualidade de aprendizado.

Questão 14: Considerando-se um submarino submergindo (afundando), a força citada na questão 13 aumenta com o aumento da profundidade? Sendo sua resposta afirmativa ou negativa, explique por quê.

Houve grande confusão dos alunos com relação a esta questão, pois a maioria considerou que o empuxo aumenta com o aumento da profundidade, resultando num baixo percentual de respostas certas ( $S = 3,2\%$ ), e um grande número de alunos com problemas conceituais para responderem adequadamente esta questão ( $P = 30,2\%$  e  $I = 66,6\%$ , perfazendo  $96,8\%$ ). Primeiro, a principal origem deste problema: o conceito errado de

empuxo ou dos fatores de dependência do empuxo, pelo fato da questão solicitar esta interpretação correta. Segundo, dois outros conceitos adicionais também são muito importantes aqui, nos quais os alunos não demonstraram muita segurança, o que contribuiu para os erros, quer seja pressão hidrostática e, principalmente, diferença de pressão hidrostática.

A resposta errada da maioria dos alunos para esta questão embasou-se no fato da pressão aumentar com o aumento da profundidade, o que de fato ocorre, o que os levou a concluir erroneamente que o empuxo também aumenta, não se levando em conta que a diferença de pressão em dois pontos alinhados verticalmente se mantém constante com o aumento da profundidade. Faz-se necessária, portanto, uma revisão neste tópico. A maior parte dos problemas aqui identificados será solucionada ao se trabalharem os outros itens sugeridos nas análises das questões anteriores, referentes aos conceitos básicos. A interpretação do empuxo como uma força vertical para cima também não são todos que entendem, sendo outra necessidade constatada para uma resposta satisfatória aqui.

Considerando que os alunos que estão cursando a 2ª e 3ª séries tiveram um desempenho igual ou superior a 70% na avaliação normal da disciplina, quando na primeira série, ao passarem para a segunda série, a análise mostra que a forma de obtenção e retenção dos conceitos básicos mais importantes por parte de alguns destes alunos necessita de ajustes, apesar de ter sido considerado bom o desempenho geral. Para tentar resolver estes problemas estão sendo sugeridas algumas ações nas atividades, não excluindo ajustes constantes na utilização de recursos ou materiais didáticos.

Somente a título de exemplo do que pode ter acontecido com o conceito de força e movimento, que ajudaria os alunos a responderem a questão, é possível que estes conceitos, que alguns alunos tinham antes de entrar para o ensino médio, não tenham mudado tanto, ou, se mudaram, estes alunos podem ter estabelecido algum vínculo errado ou incompleto, e por algum motivo, não apreenderam efetivamente como acontece a ação de uma força, ou de uma força resultante e, principalmente, seu efeito num corpo.

Deve-se considerar a possibilidade desses alunos terem utilizado muito mais a memória em relação à criação de vínculos adequados para formar os conceitos. Admitindo isto, aprender efetivamente, e guardar uma informação relevante por mais tempo é mais difícil para estes alunos, talvez, principalmente pela forma que foram acostumados a guardar e a entender os conceitos das atividades didáticas realizadas na escola, ou pela forma que foram cobrados em séries anteriores ao ensino médio.

Proporcionar que o processo de aprendizagem aconteça de maneira adequada nos alunos é também um desafio para o professor, que realiza o processo de ensino. Apesar do bom resultado geral, ficaram algumas falhas no processo ensino-aprendizagem pelo que foi constatado na análise das respostas. Algum detalhe importante pode ter passado despercebido quando as informações relevantes foram repassadas, ou na forma como os alunos receberam e/ou guardaram tal informação, ou o vínculo que conseguiram fazer com suas aplicações pertinentes. Houve alguma falha na percepção ou na ênfase necessária a ser dada nas situações analisadas. São possibilidades, porém, ressalta-se a necessidade de alguma revisão no processo, a qual só pode ser realizada pelo professor, mas com o respaldo de desempenho de seus alunos.

Muitas variáveis estão em ação quando se realiza uma atividade com objetivos didáticos, e aqui foram citadas algumas destas variáveis, cujas propostas de solução trariam impacto imediato num maior número de alunos e, conseqüentemente, a longo prazo, incluindo aqueles que tiveram mais problemas nos aspectos relacionados aos pontos detectados nesta pesquisa. Pode-se perceber essa complexidade por meio de uma citação presente no documento do MEC/OCEM (BRASIL, 2008, p. 47-49):

A relação didática se estabelece na escola quando há um projeto de ensino com intenção de aprendizagem, construída por um conjunto de regras implícitas e explícitas, que determinam as obrigações e as responsabilidades que ocorrem entre professor e aluno. Nessa relação didática existe um terceiro componente: O conhecimento a ser ensinado, que já passou por uma série de transformações e reduções até chegar aos programas e aos livros didáticos. Assim, a relação didática é muito complexa e vai além das variáveis professor, aluno e conteúdo porque:

- O professor depende de seus colegas de profissão, de seu ambiente de trabalho, e tem seus saberes, concepções e convicções já estabelecidas.
- O aluno depende do contexto social; de suas expectativas para alcançar objetivos pessoais e coletivos; e das relações entre aluno e professor; aluno e aluno; aluno e classe; aluno e conhecimentos a serem ensinados; aluno e saberes individuais; aluno e representações sociais. No início da relação didática, o professor precisa identificar meios de fazer emergir os conhecimentos que os alunos mobilizam para responder a determinadas situações. Para isso, situações de aprendizagem que os exponham a problemas que exijam a elaboração de hipóteses e a construção de modelos estão próximas do que sugerem as competências. Outro fator importante na relação didática: O tempo. Os programas estão limitados a um cronograma definido, no qual são distribuídos os bimestres, as aulas e o que deverá ser ensinado. Mas os alunos têm um tempo de aprendizagem próprio que nem sempre coincide com o tempo didático. Assim, o acúmulo de informações não garante a aprendizagem em novas situações que certamente se dão em um tempo posterior à escola, quando a pertinência dos saberes escolares é colocada à prova.

Promover a melhoria efetiva na compreensão e, conseqüentemente, uma maior retenção da informação, que será posteriormente transformada em conhecimento, só poderá ser conseguida utilizando-se conceitos inicialmente presentes nos alunos e relevantes para eles, no momento em que eles estão agregando a nova informação às já existentes, e que ocorre inicialmente em sala de aula. Sendo um processo que vai além do ambiente escolar, pode tornar-se contínuo se devidamente e constantemente incentivado. Valorizar o que o aluno já sabe é importante, mas agregar novas informações a estas é essencial.

É justamente a idéia contida no parágrafo anterior que justificou a aplicação do mesmo questionário também aos alunos da 1ª série, porém, com outro objetivo, de detectar os tópicos em que estes alunos possuíam mais noção, e os que necessitam de maior ênfase ao serem abordados. Alguns destes alunos já vêm com conceitos subsunçores adequados da educação formal básica nos tópicos solicitados, outros ainda não os têm, e outros ainda os têm inadequadamente formados, os quais necessitam que sejam acertados.

Para muitos alunos que têm os conceitos subsunçores, apesar da linguagem ainda, muitas vezes, não ser compatível com a linguagem da física utilizada no ensino médio, é o que o aluno conseguiu até o momento, originado das interações dele com o sistema escolar e com seu meio, através dos sentidos, do vocabulário e da interação com professores ou com outras pessoas de seu convívio. Em outras palavras, muitos conceitos básicos já estão presentes nestes alunos, e podem ser transformados em conceitos-em-ação quando necessário, como aconteceu quando eles responderam ao questionário, ou, ao resgatarem alguns destes conceitos quando estiverem aprendendo algo novo, ou realizando uma determinada tarefa que os envolva. É também uma tarefa do professor acertar gradativamente a linguagem da ciência, já que este acerto faz parte do processo da aprendizagem efetiva e pode levar algum tempo.

O que pode estar faltando para alguns alunos são a oportunidade e o incentivo, para que eles façam a diferenciação necessária no momento oportuno, nas várias situações aqui detectadas, cujas propostas para possíveis soluções foram feitas neste trabalho para o ensino médio. A adoção de medidas preventivas de apoio mais eficazes quando do tratamento dos conceitos críticos, do material utilizado e dos procedimentos, procurando-se melhorar a elaboração conceitual dos estudantes ao longo do tempo, foi a visão com a qual foi desenvolvida esta etapa deste trabalho.

O quadro 3 a seguir, expõe as distribuições dos percentuais das respostas classificadas conforme já mencionado e o percentual médio para as turmas nas três séries. O quadro 4 mostra as médias obtidas pelas turmas nos questionários nas três séries, assim

como a média das turmas de 2ª e 3ª séries. O gráfico 1 corresponde à parte do quadro 4, comparando as médias de 1ª série com a junção das turmas de 2ª e 3ª séries. O quadro 5 mostra as médias obtidas, de zero a dez, no primeiro questionário de verificação.

Questão	Resposta	1ª série		2ª série		3ª série	
		Mecânica	Agroindústria	Mecânica	Agroindústria	Mecânica	Agroindústria
1	S	75,6	76,2	71,8	55,6	87	82,9
	P	19,5	23,8	25,6	36,1	13	14,7
	I	4,9	0	2,6	8,3	0	3
2	S	4,9	0	5,1	5,6	30,4	47
	P	90,2	85,7	77	75	65,3	41,2
	I	4,9	14,3	17,9	19,4	4,3	11,8
3	S	31,7	47,6	35,9	36,1	39,1	32
	P	65,9	45,3	53,8	50	60,9	65
	I	2,4	7,1	10,3	13,9	0	3
4	S	31,8	19	20,5	11,1	60,9	52,9
	P	34,1	43	35,9	50	30,4	35,3
	I	34,1	38	43,6	38,9	8,7	11,8
5	S	36,6	26,2	25,6	38,9	39,2	55,9
	P	56,1	50	41,1	27,8	30,4	35,3
	I	7,3	23,8	33,3	33,3	30,4	8,8
6	S	61	45,2	64,1	61,1	65,2	50
	P	31,7	45,2	30,8	33,3	34,8	50
	I	7,3	9,6	5,1	5,6	0	0
7	S	68,3	35,7	33,3	44,4	73,9	70,6
	P	14,6	42,9	43,6	25	17,4	17,6
	I	17,1	21,4	23,1	30,6	8,7	11,8
8	S	68,3	33,3	33,3	38,9	74	70,6
	P	14,6	38,1	41,1	19,4	13	20,6
	I	17,1	28,6	25,6	41,7	13	8,8
9	S	61	59,6	82	50	60,9	74,6
	P	7,3	7,1	7,7	13,9	17,4	8,8
	I	31,7	33,3	10,3	36,1	21,7	16,6
10	S	51,2	38,1	79,5	58,4	74	67,6
	P	12,2	16,7	7,7	19,4	26	5,9
	I	36,6	45,2	12,8	22,2	0	26,5
11	S	14,6	2,4	28,2	5,6	17,4	26,5
	P	12,2	7,1	10,3	13,4	26	14,7
	I	73,2	90,5	61,5	81	56,6	58,8
12	S	46,3	23,8	46,1	47,3	74	64,7
	P	22	38,1	30,8	19,4	13	20,6
	I	31,7	38,1	23,1	33,3	13	14,7
13	S	26,8	41	41	47,2	61	41,1
	P	26,8	19	28,2	16,7	26	32,4
	I	46,4	41	30,8	36,1	13	26,5

14	S	0	0	2,6	0	4,3	5,9
	P	39	38,1	33,3	25	39	23,5
	I	61	61,9	64,1	75	56,7	70,6

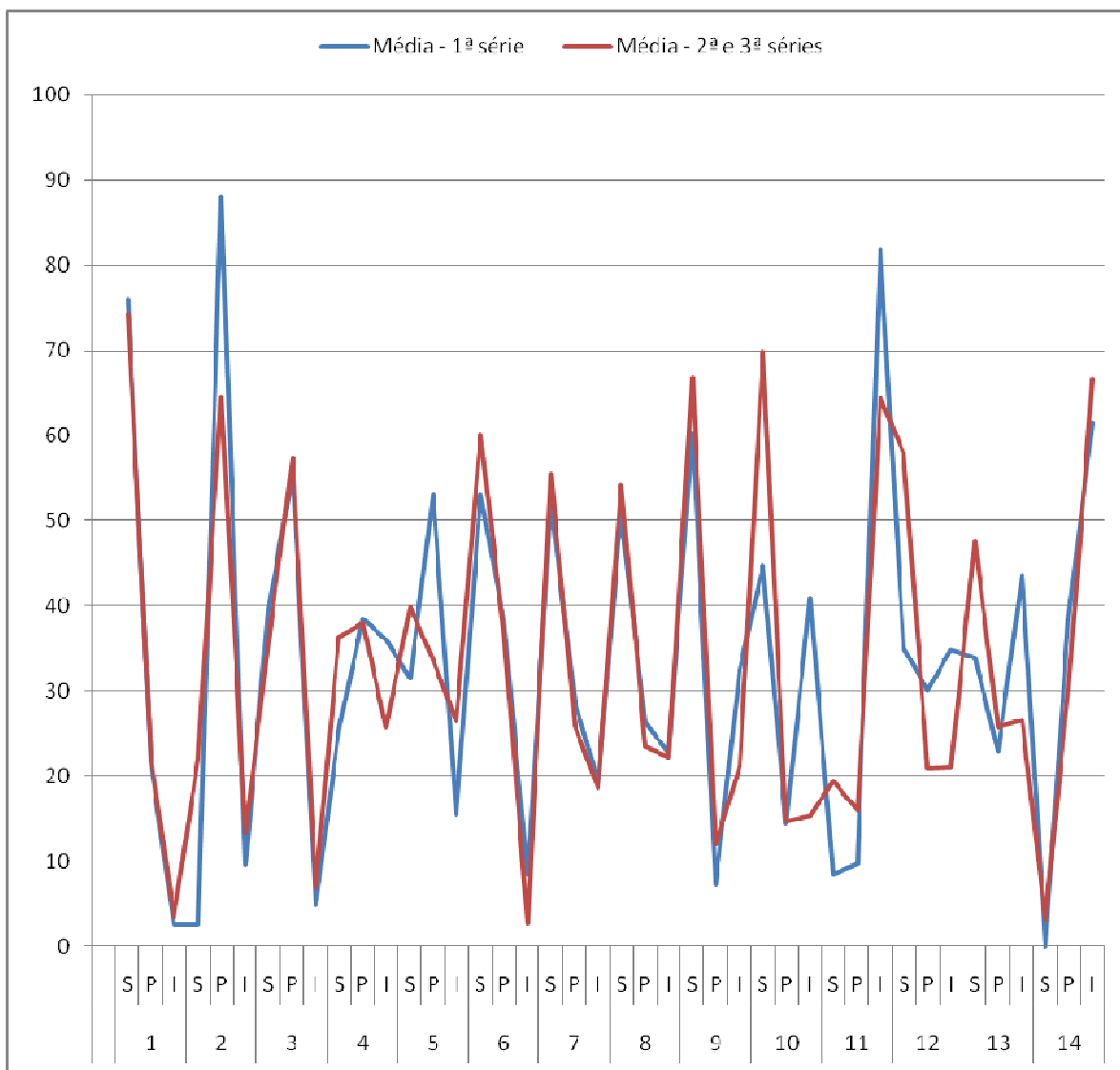
**Quadro 3 - Distribuição dos percentuais de acerto por turma, para as três séries**

**Fonte: Autoria própria**

Média 1ª série	Média 2ª série	Média 3ª série	Resposta	Questão	Média 2ª e 3ª
75,9	63,7	84,95	S	1	74,325
21,65	30,85	13,85	P		22,35
2,45	5,45	1,5	I		3,475
2,45	5,35	38,7	S	2	22,025
87,95	76	53,25	P		64,625
9,6	18,65	8,05	I		13,35
39,65	36	35,55	S	3	35,775
55,6	51,9	62,95	P		57,425
4,75	12,1	1,5	I		6,8
25,4	15,8	56,9	S	4	36,35
38,55	42,95	32,85	P		37,9
36,05	41,25	10,25	I		25,75
31,4	32,25	47,55	S	5	39,9
53,05	34,45	32,85	P		33,65
15,55	33,3	19,6	I		26,45
53,1	62,6	57,6	S	6	60,1
38,45	32,05	42,4	P		37,225
8,45	5,35	0	I		2,675
52	38,85	72,25	S	7	55,55
28,75	34,3	17,5	P		25,9
19,25	26,85	10,25	I		18,55
50,8	36,1	72,3	S	8	54,2
26,35	30,25	16,8	P		23,525
22,85	33,65	10,9	I		22,275
60,3	66	67,75	S	9	66,875
7,2	10,8	13,1	P		11,95
32,5	23,2	19,15	I		21,175
44,65	68,95	70,8	S	10	69,875
14,45	13,55	15,95	P		14,75
40,9	17,5	13,25	I		15,375
8,5	16,9	21,95	S	11	19,425
9,65	11,85	20,35	P		16,1
81,85	71,25	57,7	I		64,475
35,05	46,7	69,35	S	12	58,025
30,05	25,1	16,8	P		20,95
34,9	28,2	13,85	I		21,025
33,9	44,1	51,05	S	13	47,575
22,9	22,45	29,2	P		25,825
43,7	33,45	19,75	I		26,6
0	1,3	5,1	S	14	3,2
38,55	29,15	31,25	P		30,2
61,45	69,55	63,65	I		66,6

**Quadro 4 - Distribuição do percentual médio de acerto para todas as séries e para o agrupamento da 2ª e 3ª séries**

**Fonte: Autoria própria**



**Gráfico 1 - Médias percentuais por questão, por tipo de resposta (S, P e I), referentes ao primeiro questionário de verificação, obtidas pelos alunos da 1ª série e também pelos alunos da 2ª com a 3ª série juntas**

Fonte: Autoria própria

CURSO	1ª série	2ª série	3ª série	Média por curso e geral
Mecânica	5,3	5,43	6,38	5,7
Agroindústria	4,64	4,68	6,22	5,18
Média por série e geral	4,97	5,06	6,3	5,44

**Quadro 5 - Médias obtidas no primeiro questionário de verificação, por série, por curso e geral**

Fonte: Autoria própria



### 3.4 ANÁLISE DA QUESTÃO INCLUÍDA NA SEGUNDA AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA, APÓS A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE 1

#### 3.4.1 Na Turma de Mecânica

Questão: A massa do protótipo de um submarino é de aproximadamente 1 kg para que ele flutue abaixo da superfície. Nesta situação, quantos centímetros cúbicos ( $\text{cm}^3$ ) de água são deslocados por ele? Considere para a água nesta situação,  $1\text{g} = 1\text{cm}^3$

Nesta questão, dos 44 alunos consultados, 29 alunos acertaram a resposta ( $S = 65,91\%$ ), 5 alunos responderam parcialmente ( $P = 11,36\%$ ), 1 aluno respondeu errado e 9 alunos ( $I = 22,73\%$ ) não responderam. A maioria conseguiu responder satisfatoriamente a esta pergunta, o que mostra a aquisição do conceito sobre o volume do protótipo, que é o mesmo do fluido deslocado por ele nesta situação. Como foi citada a massa do protótipo, os alunos souberam que a massa de fluido deslocado é a mesma massa do protótipo, e a partir da atividade 1, objetivou-se tornar este conceito para o aluno um subsunçor e um conceito-em-ação. Assim, com a massa específica da água fornecida, a maioria conseguiu chegar à resposta correta. Para os 5 alunos que responderam parcialmente, fizeram alguma transformação de unidade mas não expressaram a resposta final conforme solicitado, apesar de possuírem algum conceito inicial. Para o aluno que respondeu errado, partiu de um conceito inicial errado quando considerou  $1000\text{kg} = 1\text{cm}^3$ . Para os 9 alunos que não responderam, aparentemente não tinham ideia sobre o assunto, ou seja, um conceito subsunçor que pudesse fornecer o suporte necessário ao raciocínio, o que provavelmente gerou a decisão destes alunos em não responder.

Num momento posterior em sala de aula foi retornado aos conceitos necessários para responder a esta pergunta, quando os alunos que tiveram dificuldades em respondê-la tiveram oportunidade de rever.

#### 3.4.2 Na Turma de Agroindústria

Questão: Um protótipo de submarino tem 500 g massa e encontra-se flutuando na superfície da água, com a metade do volume de seu casco fora da água. Qual é a massa de água deslocada por ele? Considere para a água nesta situação,  $1\text{g} = 1\text{cm}^3$ .

Nesta questão, dos 42 alunos consultados, 2 alunos acertaram a resposta ( $S = 4,75\%$ ), 16 alunos responderam parcialmente ( $P = 38,10\%$ ), 18 alunos responderam errado

e 6 alunos não responderam, totalizando 24 alunos com resposta insatisfatória ( $I = 57,15\%$ ). Apesar das duas respostas certas, uma grande parcela conseguiu somente responder parcialmente a esta pergunta, mostrando que a aquisição do conceito sobre o volume de fluido deslocado pelo protótipo nesta situação necessita de incrementos. Como foi citada a massa do protótipo, a grande maioria dos alunos dividiu-a por 2 por falta-lhes maior segurança com este conceito para poder responder corretamente, que pode ser considerado, num primeiro momento, uma tentativa de utilizar um subsunçor e um conceito-em-ação disponível, porém, ainda inadequadamente formado.

Havia sido mostrado igualmente para estes alunos que a massa de fluido deslocado é a mesma massa do protótipo, a partir da atividade 1, e objetivou-se tornar igualmente este conceito para estes alunos um subsunçor e um conceito-em-ação. Porém, a maioria não conseguiu chegar a uma resposta correta nesta ocasião, apesar do esforço para responder à pergunta. Para os 16 alunos que responderam parcialmente, fizeram corretamente alguma transformação de unidade, mas, não expressaram a resposta final conforme solicitado. Faltou um maior embasamento para estes alunos, mas há de se considerar que este conceito ainda está sendo construído por eles. Ainda, para os alunos que acertaram parcialmente a resposta, estes já possuem um conceito inicial importante, ou seja, quando eles dividiram a massa por 2 para apresentar a resposta, tinham o conceito sobre o volume do líquido deslocado pelo protótipo ser igual ao volume submerso, que nesta situação é a metade do volume do protótipo. Para os 16 alunos cujas respostas foram consideradas parcialmente corretas, 5 responderam 500 g sem um cálculo que justificasse, ou uma explicação de suas respostas, 9 alunos dividiram a massa por 2, porém, fazendo a transformação correta do volume, apresentando  $250 \text{ cm}^3$ . Para os 6 alunos que não responderam, aparentemente não tinham idéia sobre o assunto, ou seja, um conceito subsunçor que pudesse fornecer o suporte necessário para embasar o raciocínio, o que provavelmente gerou a decisão dos mesmos em não responder.

Posteriormente em sala de aula foi retornado aos conceitos necessários para responder a esta pergunta, quando os alunos que tiveram dificuldades em respondê-la tiveram oportunidade de rever.

Observando que as perguntas referiam-se a duas situações diferentes para as duas turmas, os alunos destas turmas tinham a necessidade de recorrer a um conceito básico, porém, fazer operações mentais diferentes para chegar à conclusão correta. Neste aspecto, a pergunta feita para a turma de agroindústria apresentou maior dificuldade quando

comparada com a pergunta feita à turma de mecânica, e isto deve ser levado também em consideração quando se analisa o resultado apresentado por esta turma.

Com as respostas comparadas desta forma, as duas turmas mostraram um bom desempenho neste momento, e as perguntas colocadas nesta oportunidade, após a atividade 1 ter sido aplicada, tiveram o objetivo de nortear para estes alunos o seu aprendizado, assim como, para o professor, a previsão de outras atividades que foram sugeridas no trabalho para tentar resolver o problema.

### 3.5 ANÁLISE DA QUESTÃO ADICIONAL NÚMERO 15, PERTENCENTE AO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO, APLICADA PARA AS TURMAS DE TERCEIRA SÉRIE.

Questão 15: Quando um submarino está totalmente submerso e tem movimento uniforme horizontal, quanto maior é a velocidade constante desenvolvida, maior é a potência de propulsão necessária para mantê-lo nessa velocidade. Qual é o fator que determina a necessidade de maior potência de propulsão?

Os alunos das duas turmas da terceira série, que não trabalharam na 1ª e na 2ª séries com a metodologia proposta neste trabalho, de maneira geral, conseguiram um bom resultado nesta questão. Quando estes alunos responderam à referida pergunta eles estavam no início da terceira série. Para estes alunos, considerou-se como resposta satisfatória ( $S = 40,15\%$ ) as ideias contidas em algumas das respostas apresentadas, já que existiram respostas com ideias semelhantes, e que são transcritas como: *“pois a resistência da água age como força horizontal contrária ao movimento”*, *“quanto maior a velocidade, maior a força e maior deve ser a potência”*, *“uma força de resistência da água que desacelera o submarino e é contrária à força de propulsão. Quanto maior a propulsão, maior a resistência da água”*, *“a resistência da água”*, *“a força da água contra o submarino”*, *“a ação oposta da água”*, *“para conseguir vencer a resistência da água”*, *“o atrito gerado pela água”*.

Como pôde ser percebido nas ideias transcritas acima, a força de resistência imposta pela água foi o fator que mais apareceu nas respostas. Quando estes alunos responderam ao referido questionário, o conhecimento que eles tinham do tema era o que haviam acumulado até então, não tendo trabalhado estes tópicos no início da 3ª série,

portanto, teoricamente tinham condições de fazer esta avaliação com os conceitos de mecânica, aos quais, na terceira série, devem ser acrescentados os conceitos de potência elétrica e rendimento de máquinas elétricas utilizando-se do protótipo, que tem propulsão elétrica.

A análise do resultado mostrou alguma falha conceitual ainda, pois menos da metade da turma acertou. A maior parte das respostas foi desprovida de mais detalhes que pudessem respaldar uma certeza de conceitos adquiridos, porém, quanto aos conceitos presentes e que foram considerados corretos por apresentaram o que foi solicitado, grande parte ocorreu ainda de maneira superficial. Para elaborar estas respostas, um conceito-em-ação que foi utilizado foi o da força resultante igual a zero no movimento uniforme, ou um teorema-em-ação da primeira lei de Newton, ou ainda, para alguns alunos, da potência que depende da velocidade, partindo da equação da potência como produto da força pela velocidade para poderem responder.

Para os alunos que tiveram a resposta considerada como parcialmente correta ( $P = 11,65\%$ ), algumas idéias são igualmente transcritas, como: *“a resistência da água e o empuxo”*, *“a resistência da água e a massa do submarino”*, *“a densidade da água”*, *“o atrito e a densidade (resistência) da água no casco do submarino, e da área do submarino”*. Houve para estes alunos uma mistura de conceitos e, por este motivo, é que as respostas foram consideradas. A força de resistência da água apareceu nas respostas, o que está correto, mas a densidade da água só poderia ser considerada como correta se fosse especificada como água doce ou água salgada para uma mesma velocidade, além de outras confusões conceituais que podem estar sendo feitas até com a viscosidade.

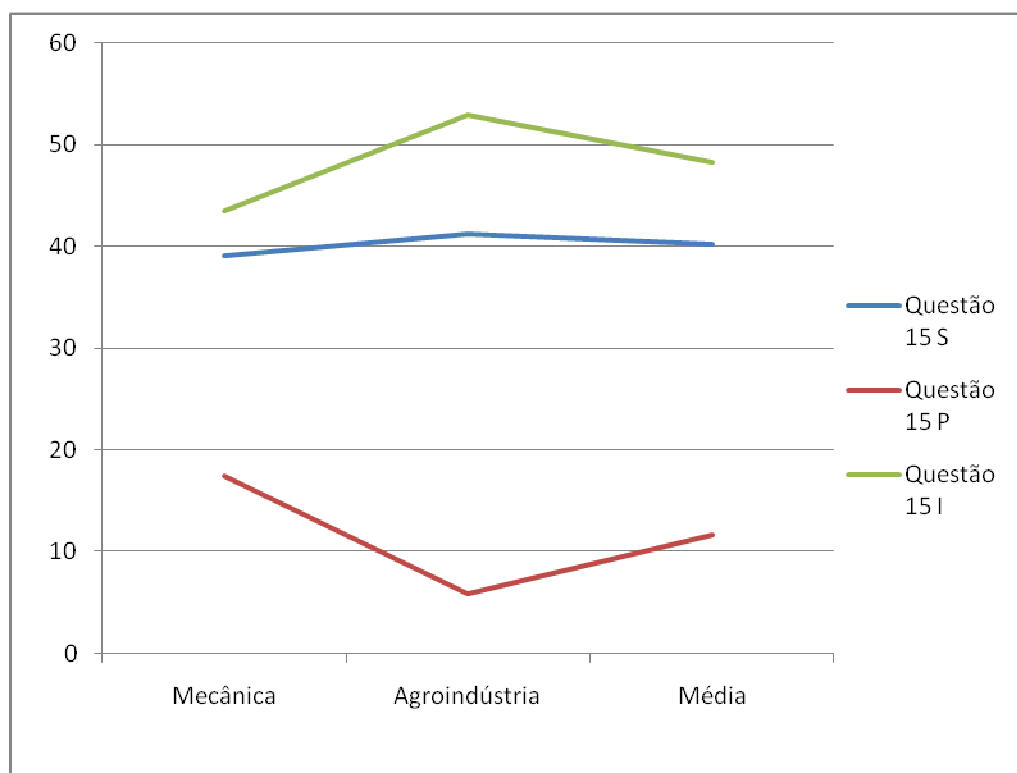
Para os alunos que tiveram as respostas consideradas como insatisfatórias ou não respondidas ( $I = 48,2\%$ ), a maioria não respondeu, e entre os poucos que responderam, algumas idéias são transcritas, como: *“as forças atuam verticalmente sobre ele”*, *“a pressão da água e do ar no interior do submarino”*, *“que o submarino esteja em MRU”*, *“pois quando há equilíbrio, é necessária uma terceira força”*, *devido à maior pressão sobre ele”*, *“as forças aplicadas”*.

Conforme pôde ser percebido, especificamente para o foco da pergunta, para todos os alunos de 3ª série há necessidade de se trabalhar melhor os conceitos de empuxo, com sua relação de dependência, e de potência mecânica para sistemas não conservativos, para movimentos com velocidade constante. No final da 3ª série serão úteis estes conceitos bem elaborados, quando os alunos trabalharem com rendimento de máquinas elétricas (o motor de propulsão do protótipo) e sua potência útil, que irá determinar a velocidade do mesmo.

De maneira geral, esta questão evidencia novamente a necessidade de se trabalhar uma revisão de conceitos de força e de força resultante, conforme previsto por Ausubel, uma oportunidade de revisão de conceitos feita pelos alunos no início de 3ª série, sendo promovida pelo professor porque, em eletrostática, que é um dos primeiros tópicos vistos em eletricidade, haverá necessidade desses conceitos, assim como no final da 3ª série, em rendimento de máquinas elétricas quando estas máquinas geram movimento, vinculando-se aos conceitos de potência e da transformação de energia elétrica para realizar este movimento. Em seguida, são mostrados o quadro 6 e o gráfico 2 correspondentes.

Questão	Resposta	Mecânica	Agroindústria	Média
15	S	39,1	41,2	40,15
	P	17,4	5,88	11,65
	I	43,5	52,9	48,2

**Quadro 6 - Distribuição dos percentuais, por tipo de resposta (S, P e I), das turmas de 3ª série na questão 15 do primeiro questionário de verificação**  
**Fonte: Autoria própria**



**Gráfico 2 - Médias percentuais, por tipo de resposta (S, P e I), obtidas pelas turmas de 3ª série na questão 15 do 1º questionário de verificação**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.6 ANÁLISE DO SEGUNDO QUESTIONÁRIO DE VERIFICAÇÃO

No final do ano letivo de 2009 foi proposto o segundo questionário de verificação, que pudesse detectar a aquisição dos conceitos físicos básicos para os alunos de 1ª série, além da capacidade de representação vetorial correta das forças envolvidas.

Este questionário é composto por duas perguntas, sendo que a primeira é subdividida em três partes e foi aplicada na turma de Mecânica, para 41 alunos, e na turma de Agroindústria, para 39 alunos, todos da primeira série, formando um universo de 80 alunos. Os itens 1-a, 1-c e a questão 2 são de múltipla escolha, porém, o item 1-b solicita representação simbólica. O objetivo deste questionário no final da primeira série foi o de verificar o quê, e de que maneira, ficou retido o conhecimento. A classificação das respostas foi realizada com base nos mesmos parâmetros já estabelecidos, considerando como (S) as respostas satisfatórias, (P) para as parcialmente corretas ou incompletas e (I) para respostas insatisfatórias ou questões não respondidas.

Ainda, como complemento, a questão 1 - b deste questionário foi aplicada também à terceira série, no final do ano letivo, cujo objetivo foi investigar o conhecimento destes alunos nestes conceitos neste momento, os quais dependem da formação de outros conceitos básicos nas séries anteriores e também no decorrer da terceira série, quando estes alunos já haviam trabalhado eletrostática e haviam resgatados alguns conceitos de estática, porém, sem o uso do protótipo.

A opção pelos itens de múltipla escolha foi feita em função da maior agilidade na correção e na comparação dos percentuais de acerto que nortearam algumas conclusões. As questões de múltipla escolha têm vantagens que, segundo Medeiros (1981), citado por Silva (1992, p. 146):

“permitem a verificação de resultados complexos do trabalho escolar, tais como, compreensão em leitura, raciocínio dedutivo e indutivo e julgamento valor, uma vez que exigem análise crítica das alternativas possíveis. É de 1/5 (20%) o percentual de acerto por sorte, quando construídas com 5 opções e têm uma só resposta correta”.

A maior parte da análise embasou-se principalmente nos conceitos que foram utilizados, presentes nos alunos em função das opções marcadas, e para tal análise, foram utilizadas igualmente como suporte as teorias de Gerard Vergnaud e David Ausubel.

### 3.6.1 Análise para a Primeira Série

Questão 1: Um protótipo de submarino encontra-se em movimento uniforme e vertical para baixo:

Item a) Qual é, ou quais são, a(s) força(s) vertical(ais) atuante (s) no protótipo?

(    ) Peso ( P )

(    ) Empuxo ( E )

(    ) Resistência da água ( R )

Esta questão solicitou o conceito de peso, que é uma força, e que atua sempre verticalmente para baixo; o conceito de empuxo, que é uma força vertical para cima; e o conceito força de resistência da água, que aparece devido ao movimento. Um teorema-em-ação que também deveria estar presente para que os alunos pudessem responder satisfatoriamente, que deriva da primeira lei de Newton, diz que um corpo em movimento uniforme tem uma força resultante igual a zero, e assim, as três opções desta questão deveriam ser marcadas.

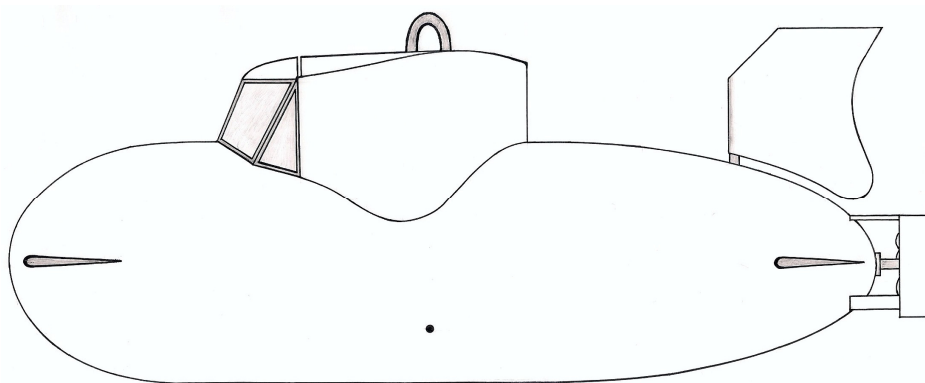
Na turma de Mecânica: Foi considerado muito bom o índice de acertos ( $S = 73,2\%$ ), e para estes alunos, pelo fato da maioria ter considerado a força de resistência da água, mostra o bom nível de aprendizado que conseguiram neste quesito. Para os alunos que acertaram parcialmente esta questão ( $P = 22\%$ ) foi porque estes alunos não considerarem a força de resistência da água, o que em parte não é tão ruim, pois eles ainda demonstraram utilizar o teorema-em-ação aí solicitado, da primeira lei de Newton, considerando igual a zero a força resultante ao marcar o peso e o empuxo, que são forças contrárias, como respostas corretas. Para os dois alunos cujas respostas foram insatisfatórias ( $I = 4,8\%$ ), um deles não marcou nenhum dos três itens, e o outro marcou o peso, demonstrando com isto não ter absorvido e integrado estes conceitos satisfatoriamente.

Na turma de Agroindústria: O índice de respostas satisfatórias não foi tão alto ( $S = 20,5\%$ ), mas ainda assim, pelo fato destes alunos terem considerado a força de resistência da água, estes demonstraram um bom grau de entendimento. Para os 27 alunos que tiveram as respostas consideradas parcialmente corretas, ( $P = 69,2\%$ ) foi porque 20 consideraram somente o peso e o empuxo, mas ainda a maioria, e 7 alunos consideraram somente o peso e a força de resistência da água. Entretanto, o desempenho não foi considerado tão ruim, pois eles estão igualmente demonstrando o uso do teorema-em-ação aí solicitado, da primeira lei de Newton, ao considerar igual a zero a força resultante, ao marcar o peso juntamente com

o empuxo ou com a força de resistência da água, que são duas forças contrárias. A confusão provavelmente foi originada pelo movimento uniforme para baixo, para aqueles alunos que desconsideraram o empuxo, trocando-o pela resistência da água. Para os alunos que tiveram a resposta considerada insatisfatória, que são 4 ( $I = 10,3\%$ ), um marcou somente o empuxo, e os outros 3 marcaram somente o peso, demonstrando igualmente faltar-lhes conhecimento.

Analisando esta questão para as turmas juntas, para os alunos cujas respostas foram consideradas como parcialmente corretas, foi detectado um problema, que é a questão da força de resistência da água ter sido desconsiderada por estes alunos. Mostra-se necessário resolver este problema, e quando na segunda série for trabalhado mais profundamente o conceito de empuxo, que é resultante da diferença de pressão entre as superfícies, e não somente como força que como foi tratado aqui, como uma força vertical para cima, este item poderá ser retomado e o conceito dos alunos melhorado. Entretanto, os conceitos-em-ação básicos e importantes subsunçores já adquiridos ou remodelados nesta primeira série, além do teorema-em-ação derivado da primeira lei de Newton, estes alunos demonstraram conhecer e aplicar.

Item b) indique no desenho a(s) força(s) atuante(s) marcada(s) acima, representando o sentido correto de atuação da(s) mesma(s). (coloque a força peso no ponto indicado no desenho, que é o centro de gravidade do protótipo)



Esta questão, além do conhecimento solicitado no item a, pediu a representação correta das forças, que é um conhecimento subsunçor importante que seja formulado ou reformulado, pois as forças, por serem grandezas vetoriais, exigem tal representação correta para a correta interpretação de um sistema de forças. Para atender à solicitação da questão o aluno deveria colocar em prática um esquema-em-ação, pois se trata de grandezas vetoriais,



verticais, atuando para cima ou para baixo, e também de um teorema-em-ação para posicionar corretamente as forças (vetores) e demonstrar esta habilidade, pois a força resultante entre as três forças atuantes é zero.

A indicação do centro de gravidade do protótipo no desenho foi intencional, para que os alunos tomassem o cuidado necessário ao representar a força peso no lugar correto, bem como a representação da direção e do seu sentido. Para as outras duas forças (E e R) não foi feita sugestão de posição, porém, para os alunos que acertaram mesmo parcialmente esta questão (não representaram a força de resistência da água), a indicação destas forças foi feita abaixo do desenho, próximo à força peso e verticalmente para cima, na maior parte das respostas, conforme foi trabalhado em sala de aula, pois estes alunos haviam representado forças solicitadas nesta questão na atividade 3 em sala de aula.

Na turma de Mecânica: Não há dúvida de que, para os alunos que acertaram a resposta do item a, estes tenderiam a acertar a representação das forças solicitadas nesta questão, e foi o que aconteceu com a maioria destes alunos. Com um índice muito bom de respostas satisfatórias ( $S = 65,8\%$ ), mostra que o nível de aprendizado está dentro do desejável, e que, pelo fato de saberem representar estas forças, estão realmente sabendo o que estão fazendo, complementando o que foi concluído para estes alunos no item a. Para os alunos que tiveram a resposta considerada como parcialmente correta ( $P = 29,3\%$ ), estes não consideraram a força de resistência da água na representação, repetindo-se o erro cometido no item a, com a mesma origem. De qualquer forma, mesmo estes alunos estão demonstrando algum conhecimento, pois se utilizam de um esquema-em-ação para representar as duas forças, o peso e o empuxo, as quais representaram corretamente, em sentidos contrários, demonstrando o conhecimento de a força resultante ser nula. Para os alunos que tiveram resposta insatisfatória, que são dois ( $I = 4,9\%$ ), um deles representou duas forças contrárias sem nominá-las (P, E ou R), e o outro colocou o peso vertical para baixo, mas teve dúvida quanto à força vertical para cima, se considerava E ou R (colocou e riscou). Isto mostra que estes alunos não absorveram e não integraram satisfatoriamente os conhecimentos, conforme já demonstrado no item a, e necessitando de mais tempo para interpretar corretamente esta situação.

Na turma de Agroindústria: As respostas consideradas satisfatórias foram de 9 alunos ( $S = 23,1\%$ ), o que não é muito, porém, semelhante ao índice conseguido pelos mesmos alunos desta turma no item a, pois esta resposta depende do conhecimento demonstrado neste item. Estes alunos representaram a força de resistência da água corretamente, e assim um grau satisfatório de entendimento. Para os 21 alunos, cujas

respostas foram consideradas como parcialmente corretas ( $P = 53,8\%$ ), foi porque 17 alunos consideraram somente o peso e o empuxo, mas ainda assim a maioria, e somente 4 alunos consideraram somente o peso e a força de resistência da água. Entretanto, o desempenho destes alunos foi considerado bom, pois eles estão demonstrando o uso do teorema-em-ação aí solicitado, quando consideraram igual a zero a força resultante, e também do esquema-em-ação ao indicar corretamente como forças contrárias o peso e o empuxo ou, o peso e a força de resistência da água. A confusão na representação foi originada ainda no item a, e foi causada pelo movimento uniforme para baixo, para aqueles alunos que trocaram o empuxo pela força de resistência da água. Dos alunos que tiveram a resposta considerada como insatisfatória, que foram 9 ( $I = 23,1\%$ ), 7 alunos representaram somente o peso, e os outros 2 indicaram duas forças contrárias sem nominá-las, demonstrando, conforme igualmente constatado no item a, a falta de conhecimento, os quais precisarão de mais tempo para formar corretamente estes conceitos.

Analisando esta questão para as turmas juntas, somente para os alunos cujas respostas foram consideradas como parcialmente corretas, foram detectados poucos problemas de representação vetorial para as forças que foram por eles representadas, mesmo faltando uma das forças (E ou R) na representação. O problema está em outro lugar. Assim, com a análise desta questão para estes alunos, ficou evidente o cometimento do mesmo erro que foi detectado no item a, ou seja, a não representação da força de resistência da água, pelo fato desta força ter sido desconsiderada por eles por faltar-lhes ainda a interpretação correta desta situação de equilíbrio dinâmico (movimento vertical uniforme devido à ação de três forças, incluindo a resistência da água devido ao movimento).

É ainda necessário se entender outro aspecto da representação das forças solicitadas, que se refere especificamente ao sinal “signo” utilizado para a representação, que é a seta, e o que ela significa. Para esclarecer melhor este aspecto vamos considerar o que dizem Diaz Bordenave e Pereira (1991, p. 188-189):

“signo” é qualquer coisa que substitui ou indica outra coisa graças a algum tipo de associação entre elas. Por exemplo, quando vemos nuvens, pensamos em chuva, ou ainda, a cor amarela de uma folha de café indica a falta de nitrogênio. São signos naturais. Existem também os signos criados pelo homem, como por exemplo, os signos verbais, a escrita, a fala ou os sinais de trânsito, sendo que alguns têm seus significados comumente facilmente entendidos, e outros, necessitam de convenções específicas ou conhecimentos mais especializados. Todo signo tem dois aspectos: o significante, que é o próprio símbolo, e o significado, que é a idéia que se quer representar.

Portanto, na área de Física, que é uma das áreas na qual se utiliza também de sinais para representar conceitos, um dos sinais utilizados é denominado de “vetor”, tendo a função de complementar as características de algumas grandezas físicas que necessitam da indicação por ele proporcionada, que são a direção e o sentido, além da intensidade, quando se pretende fazer a determinação gráfica do vetor resultante, tendo-se os vetores envolvidos desenhados com tamanhos proporcionais às intensidades das grandezas por eles representadas.

Este sinal é um símbolo muito utilizado na área de matemática no estudo dos vetores, sendo representado por um segmento de reta orientado. Desta maneira, numa abordagem semiótica na área de Física, o vetor representa grandezas que necessitam destes atributos de orientação espacial, sendo um complemento muito importante especificamente ao conceito de ação de forças num corpo, fornecendo rapidamente e com precisão, a direção, o sentido e o ponto de aplicação das mesmas.

No estudo da mecânica, portanto, e especificamente para o estudo da ação de forças e seus efeitos num corpo, para que os alunos aprendam o significativo, que é o símbolo (vetor), não é uma tarefa tão difícil, porém, para que eles aprendam o significado e suas atribuições neste contexto, necessitam de um grau maior de oportunidades de representação, dedicação, observação e criação de relacionamentos cognitivos adequados, ou seja, eles primeiro necessitam entender se a força existe ou não, e se ela existe, como e por que ela é posicionada numa determinada direção e sentido, ou seja, de onde ela se origina, onde ela age e de que maneira. Aprender efetivamente isto exige um maior grau de inter-relacionamentos.

O problema detectado na análise da questão 1 - b, da falta de consideração da força de resistência da água por alguns alunos, e da respectiva falta de representação desta força, é um complemento importante que seja considerado nesta questão, justificando-se a necessidade de se oportunizar a melhoria do conceito de equilíbrio destas forças na situação apresentada. Quando se considera (ou quando é) igual a zero a força resultante atuante num corpo (neste caso, três forças verticais resultando num movimento uniforme), para que o aluno forme seu conceito corretamente, além dele observar a forma de atuação das forças, deverá também compreender o porquê deste tipo de movimento ter sido gerado, resultante das ações destas forças, para que a partir daí ele possa representar as forças envolvidas corretamente nesta situação. Há necessidade de compreensão do todo, e isto, às vezes, só será conseguido efetivamente mais tarde.

Finalizando, para tentar resolver o problema haverá outra oportunidade, depois de todas as ações propostas para a primeira série, quando na segunda série, ao se trabalhar mais profundamente o conceito de empuxo com as suas relações de dependência, onde esta questão poderá ser retomada. Entretanto, reforçando o que já foi constatado, de uma forma geral os conceitos-em-ação detectados, e que são básicos e importantes subsunçores, já foram adquiridos e/ou remodelados pela maioria dos alunos, além do teorema-em-ação derivado da primeira lei de Newton.

A questão da falta de consideração da resistência da água por alguns alunos é, portanto, um complemento importante aqui, pois possibilitará a eles efetivarem integralmente o aprendizado do movimento uniforme num corpo que tem mais de duas forças verticais atuando, gerando-se uma força resultante igual a zero, o que necessitará da aplicação correta das leis de Newton, além de melhor assimilação dos conceitos aplicados em tal situação, conforme já foi mostrado.

Item c) A(s) condição(ões) de equilíbrio para a situação de movimento uniforme mencionada é (são):

- ☐  $P = E$       ☐  $P = E - R$       ☐  $P = R$   
☐  $E = R$       ☐  $P = E + R$       ☐  $P = R - E$

Para este item, a resposta considerada como satisfatória é a opção  $P = E + R$ , porém, para quem marcou a opção  $P = E$ , em função do que já foi constatado no item a, esta opção foi considerada como uma resposta parcialmente correta. Outra necessidade solicitada nesta questão é o vínculo com a linguagem matemática, pois se trata de uma equação que representa uma situação específica.

Na turma de Mecânica: Um índice muito bom de acertos foi conseguido ( $S = 63,4\%$ ), e para estes alunos, igualmente ao que já foi constatado, que foi a consideração da força de resistência da água, estes alunos demonstraram ter um bom nível de aprendizado e integração de conhecimentos nestes quesitos. Dos 13 alunos que acertaram parcialmente esta questão ( $P = 31,7\%$ ), 11 marcaram a opção  $P = E$ , e foi em função destes desconsiderarem a força de resistência da água, e o motivo foi o mesmo que já foi constatado; dos outros 2, um marcou a opção  $P = R$ , e o outro marcou duas opções, que são  $P = E$ , e ainda,  $P = R$ . Mesmo para quem marcou somente o peso ( $P$ ) e o empuxo ( $E$ ), eles ainda demonstram utilizar o teorema-em-ação, derivado da primeira lei de Newton, quando consideraram a força resultante igual a zero, ao considerar o peso e o empuxo como forças iguais. Para os alunos tiveram a resposta considerada como insatisfatória, que são dois ( $I =$

4,9%), um marcou  $P = R - E$ , e o outro marcou duas opções,  $P = E$ , e ainda,  $E = R$ , demonstrando não ter conseguido absorver e integrar estes conceitos satisfatoriamente.

Na turma de Agroindústria: Não teve um índice alto de respostas consideradas como satisfatórias, tendo 11 alunos ( $S = 28,2\%$ ) que marcaram a opção  $P = E + R$ . Pelo fato destes alunos considerarem a força de resistência da água, demonstraram que, o que foi proposto para ser entendido, foi integralmente entendido. Para os 23 alunos cujas respostas foram consideradas parcialmente corretas ( $P = 59\%$ ), foi em razão de 21 alunos terem considerado somente a opção  $P = E$ , e outros dois consideraram a opção  $P = R$ . Entretanto, o desempenho destes alunos não foi considerado ruim, porque uma parte do conhecimento solicitado foi detectado, e eles estão igualmente demonstrando o uso de um teorema-em-ação, da primeira lei de Newton, quando consideraram igual a zero a força resultante, ao marcar o peso juntamente com o empuxo (a maioria), ou os que marcaram o peso com a força de resistência da água, como forças iguais. Houve uma confusão devida ao movimento uniforme para baixo. Alguns alunos desconsideraram a resistência da água, trocando-a pelo empuxo (a maioria). Para os 5 alunos que tiveram a resposta considerada insatisfatória ( $I = 12,8\%$ ), um marcou a opção  $E = R$ , outro marcou a opção  $P = R - E$ , e os outros 3 marcaram a opção  $P = E - R$ , demonstrando com isto ainda faltar-lhes conhecimento dos conceitos básicos.

Quando a questão é analisada para as duas turmas juntas, para os alunos cujas respostas foram classificadas como satisfatórias ( $S = 45,8\%$ ), foi considerado um bom índice de acerto integral para uma primeira série, tendo formado nestes alunos um bom embasamento subsunçor para a segunda e terceira séries, quando eles necessitarão novamente destes conceitos. Para os alunos que tiveram suas respostas consideradas como parcialmente corretas ( $P = 45,35\%$ ) o problema foi a questão da força de resistência da água ter sido desconsiderada por eles, o que não é muito relevante neste momento, pois isto no futuro deverá ser gradativamente corrigido nas outras séries, que também é o objetivo das atividades previstas para as duas séries subsequentes nesta forma de trabalho.

Entretanto, enfatizando novamente que os conceitos-em-ação básicos até aqui detectados, já se tornaram importantes subsunçores, adquiridos ou remodelados nesta primeira série, além do teorema-em-ação e, em parte, para esta série, isto é relevante neste momento. Quanto aos alunos que tiveram suas respostas consideradas como insatisfatórias ( $I = 8,85\%$ ), estes terão igualmente outras oportunidades no futuro, quando num processo de re-elaboração de conceitos, deverão fazer novas conexões e acertos, e poderão resolver os problemas aqui detectados, aprendendo efetivamente o que foi proposto.

Questão 2: Se o movimento fosse uniforme e vertical para cima, seria correto afirmar que:

$$(\quad) P = E \quad (\quad) P < E \quad (\quad) E = P + R$$

$$(\quad) E = R \quad (\quad) P = E + R \quad (\quad) P = R$$

Esta questão, além do que foi solicitado na questão anterior (1 - c), solicitou o raciocínio do aluno devido à inversão do sentido de movimento, que é uniforme para cima nesta questão, e para que o aluno a respondesse satisfatoriamente, deveria, portanto, primeiro interpretar a nova situação, e depois considerar o sentido das forças atuantes. Havia também a possibilidade do aluno marcar mais de uma opção nesta questão, e desta forma, para que a resposta fosse considerada satisfatória o aluno deveria marcar as opções:  $P < E$  e  $E = P + R$ . Na análise a seguir, a questão (1 - c) foi citada algumas vezes apenas para referência comparativa.

Na turma de mecânica: 3 alunos ( $S = 7,3\%$ ) conseguiram uma resposta satisfatória, o que não é um percentual alto. São também os únicos 3 alunos que acertaram todas as outras respostas deste questionário com nível considerado como satisfatório, demonstrando, além do conhecimento, a capacidade de análise e sintetização.

Para os 35 alunos que tiveram a resposta considerada como parcialmente correta ( $P = 85,4\%$ ): 9 alunos consideraram apenas a opção  $E = P + R$ , demonstrando ter conhecimento, pois, para que marcassem a opção indicada, tiveram que analisar e concluir que esta opção contemplava a questão do peso ser menor que o empuxo, optando por uma só resposta por considerá-la a mais correta; 26 alunos escolheram o outro caminho, ou seja, a opção  $P < E$ . Esta opção não está errada, pois o peso é menor que o empuxo, porém, falta o complemento que é a consideração da força de resistência da água. Uma observação importante é que 14 destes alunos acertaram também a questão (1 - c), e assim, demonstraram faltar-lhes maior capacidade de análise, pois, por terem acertado a questão anterior, deveriam ter escolhido ao menos a opção  $E = P + R$  nesta questão, em função da inversão somente do sentido do movimento. Os outros 12 alunos erraram a questão (1 - c), considerando nesta questão  $P = E$ , e o problema detectado para estes alunos foi, conforme já mencionado, a falta da consideração da força de resistência da água.

Os outros 3 alunos tiveram a resposta considerada insatisfatória ( $I = 7,3\%$ ), sendo que 1 não marcou nada, outro marcou a opção  $P = E + R$ , e outro marcou a opção  $E = R$ . É possível dizer que houve para estes alunos, problemas da mesma natureza dos problemas detectados na análise das questões anteriores, o que necessitará de acerto no futuro.

Na turma de Agroindústria: Nenhum dos alunos ( $S = 0\%$ ) conseguiu uma resposta satisfatória, ou seja, a escolha das opções  $P < E$  e  $E = P + R$ . Entretanto, isto não significa ausência total de conhecimento, como será mostrado a seguir.

Representando a maioria, 33 alunos tiveram a resposta considerada como parcialmente correta ( $P = 84,6\%$ ). Destes alunos: 4 marcaram somente a opção  $E = P + R$  e consideraram esta opção por entender que havia uma só opção, e que esta contemplava a outra opção,  $P < E$ , que seria a outra possibilidade; 8 alunos escolheram a opção  $P < E$ , acertando também a resposta da questão 1 - c, porém, faltou um pouco mais de análise, pois, se acertaram a questão anterior, ao menos a opção  $E = P + R$  deveria ser marcada. A opção escolhida  $P < E$  não está errada, mas falta-lhe como complemento a consideração da força de resistência da água; Outros 18 alunos consideraram a opção  $P < E$  e erraram a questão (1 - c), considerando-a  $P = E$ . Para estes alunos o problema detectado foi, conforme já mencionado, somente a falta da consideração da força de resistência da água, e sem esta consideração eles não tiveram condições de escolher a opção  $E = P + R$ ; Os 3 alunos restantes consideraram a opção  $P < E$ , porém, fizeram uma inversão quando consideraram na questão 1 - c, a opção  $P = R$ , e demonstraram ter falhas nos conceitos quando desconsideraram o empuxo devido ao aparecimento do movimento.

Os outros 6 alunos erraram, sendo que 4 marcaram a opção  $P = E + R$ , e os outros 2 marcaram a opção  $E = R$ , necessitando de uma revisão dos conceitos básicos também.

Os problemas detectados na análise desta questão são da mesma natureza dos problemas detectados na análise das questões anteriores, e têm as mesmas sugestões para resolvê-los na segunda série.

Quando a análise do desempenho é feita para as duas turmas de 1ª série juntas nesta questão, a maior parte ( $P = 85\%$ ) optou por considerar somente a afirmação  $E = P + R$ , o que não foi considerado ruim conforme já foi mostrado. Estes alunos consideraram que a opção escolhida contemplava a questão do empuxo ser maior que o peso, em função da interpretação da equação desta opção, o que não está errado. De qualquer forma foi considerado como satisfatório o resultado desta questão, pelo fato da maior parte dos alunos conseguirem fazer esta interpretação, necessitando excluir as outras opções, utilizando-se corretamente dos conceitos básicos vistos na primeira série. A questão da falta de consideração da força de resistência da água nesta questão é um complemento, porém, muitos alunos não tinham ainda a segurança necessária para fazer corretamente esta interpretação.

É preciso dizer também que, para responder a todas as perguntas, tanto no primeiro quanto no segundo questionário de verificação para as turmas de 1ª série, pelo fato dos alunos terem trabalhado e visto o protótipo, desde quando o viram pela primeira vez, e ao longo do ano, fizeram dele um modelo mental, e foram incrementando outras situações para este modelo. Para Moreira (2004, p. 85), segundo Johnson-Laird:

As pessoas raciocinam utilizando modelos mentais, de natureza interna à mente, com a característica de serem análogos estruturais do mundo, construídos a partir de percepções e experiências pessoais. A fonte primária para a construção de modelos mentais é a percepção, porém, particularmente em situações formais de aprendizagem, muitas vezes o sujeito tem que construir tais modelos a partir do discurso linguístico, como no caso dos enunciados dos problemas nas aulas de Física. Modelos mentais são difíceis de serem explicitados e é por essa razão que as respostas dos alunos aos problemas que lhe são propostos parecem sugerir apenas a ponta do “iceberg” das suas representações internas.

Desta forma, o desempenho destes alunos foi considerado bom, estando dentro do esperado para a primeira série, mesmo que alguns não tenham construído o modelo mental do protótipo em todas as suas nuances (o protótipo em repouso na superfície ou abaixo da superfície; em movimento uniforme ou acelerado, horizontal ou vertical, para cima ou para baixo), para que o conhecimento (conceitos e teoremas presentes nos esquemas) pudesse ser facilmente resgatado e utilizado por eles para responder ao questionário.

Comparando o segundo questionário de verificação em relação ao primeiro, o desempenho geral da maior parte dos alunos foi considerado bom, ou seja, do que foi previsto de conceitos básicos para estes alunos na primeira série, a maior parte respondeu satisfatoriamente, e em cada uma das respostas dadas por eles, e pelo fato de terem tido contato em várias oportunidades com o protótipo durante o ano letivo, isto interferiu na qualidade de aprendizado e nas respostas apresentadas. Dos problemas detectados com o primeiro questionário de verificação, aplicado também aos alunos de 2ª e 3ª séries, foram sugeridas ações para as atividades previstas no trabalho, além de outras sugestões, com o objetivo de procurar sanar estes problemas futuramente ainda na primeira série.

Ainda, finalizando a análise para a 1ª série, comparou-se o desempenho destes alunos na questão 11 do primeiro questionário com o desempenho conseguido por eles na questão 1 - b do segundo questionário. Foi percebido que houve uma melhora significativa relativa aos conceitos adquiridos.

A questão 11 do primeiro questionário solicitou um desenho onde fossem representadas as forças que agem num submarino quando o movimento fosse um MRU ou

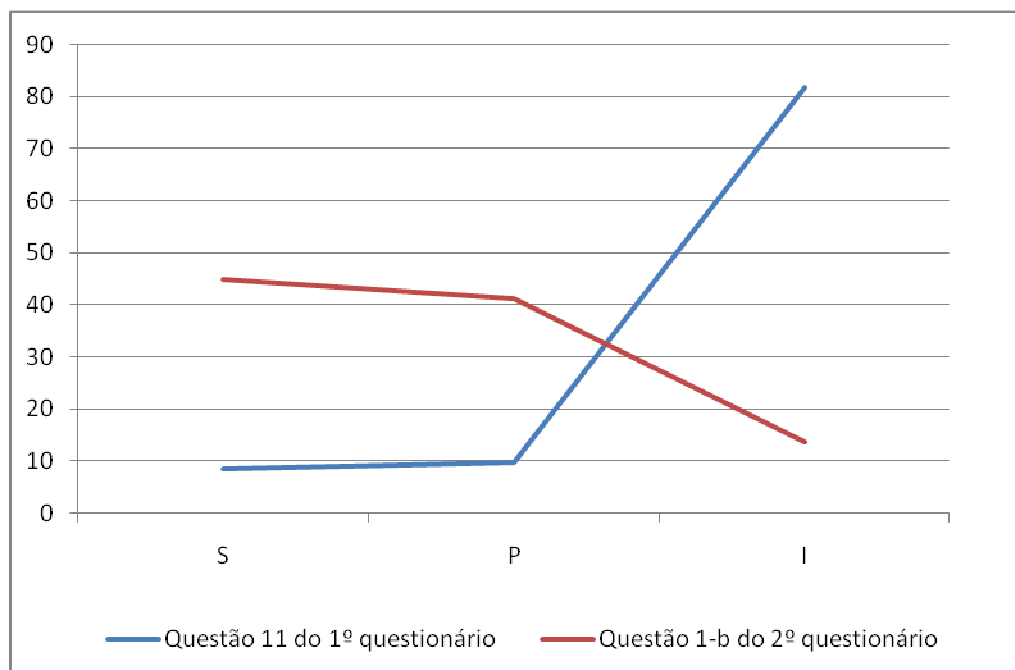


um MRUV, para cima e também para baixo. Quanto aos conceitos, esta questão solicitou um vínculo entre estes dois tipos de movimento e as forças aplicadas, além da sua representação correta e o desempenho percentual dos alunos não havia sido muito bom, tendo-se obtido o seguinte desempenho:  $S = 8,5\%$ ,  $P = 9,65\%$  e  $I = 81,85\%$ .

Na questão 1 - b do segundo questionário, as turmas tiveram um desempenho geral com os seguintes índices, conforme dados do quadro 8 para esta questão, transcritos para o quadro 7 e representados também no gráfico 3: questão 1 -  $S = 45\%$ ,  $P = 41,25\%$  e  $I = 13,75\%$ . A comparação proposta mostra que, um conceito que melhorou bastante, detectado na análise desta questão de forma particular, e do segundo questionário como um todo, em relação ao desempenho dos alunos na questão 11 do primeiro questionário foi, para o MRU, a aplicação da primeira lei de Newton, embasando as respostas dadas por eles, o que resultou num bom desempenho geral neste segundo questionário e especificamente na questão 1 - b, considerando haver no início do ano as falhas conceituais esperadas e já citadas, detectadas na análise da questão 11 do primeiro questionário. Portanto, o trabalho na primeira série procurou, enfatizar o conceito do movimento uniforme com a força resultante igual a zero atuante num corpo, proporcionando ao aluno fazer a diferenciação adequada para o MRUV, onde a força resultante que atua num corpo não é zero, e a comparação dos resultados deste propósito mostra que houve uma melhora significativa.

Resposta	Questão 11 do primeiro questionário	Questão 1 - b do segundo questionário
S	8,5	45
P	9,65	41,25
I	81,25	13,75

**Quadro 7 - Médias percentuais comparativas, por tipo de resposta (S, P e I), entre a questão 11 do 1º questionário e a questão 1 - b do 2º questionário de verificação, obtidas pelas turmas de 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**

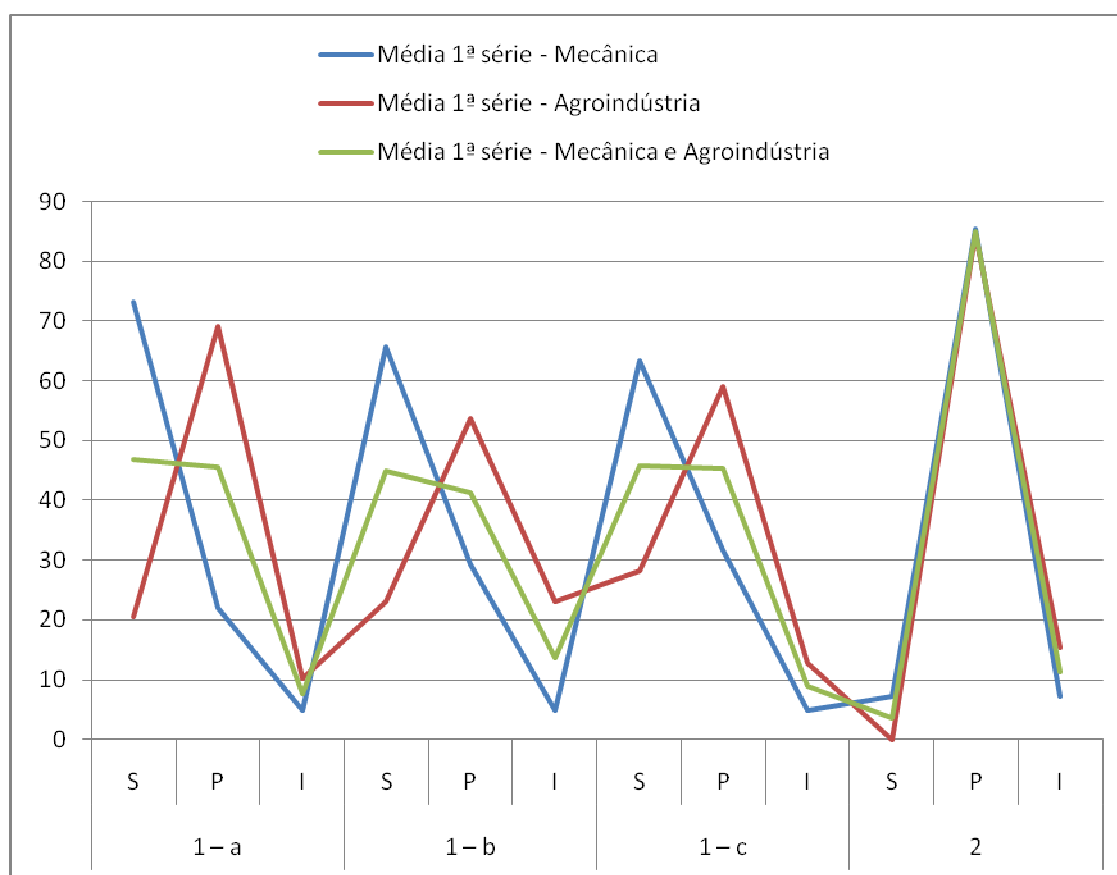


**Gráfico 3 - Médias percentuais comparativas, por tipo de resposta (S, P e I), entre a questão 11 do 1º questionário e a questão 1 - b do 2º questionário de verificação, obtidas pelas turmas de 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**

A seguir são mostrados nos quadros e gráficos correspondentes, por questão, o desempenho conseguido pelos alunos pesquisados com o segundo questionário de verificação, no final do ano letivo. Os alunos já mencionados são das duas turmas de 1ª série, que responderam a todas as questões deste questionário, e uma turma da 3ª série, que respondeu apenas à questão 1 - b.

Média 1ª série Mecânica	Média 1ª série Agroindústria	Média 1ª série Mecânica e Agroindústria	3ª série Agroindústria	Resposta	Questão
73,2	20,5	46,85	-	S	1 - a
22	69,2	45,6	-	P	
4,8	10,3	7,55	-	I	
65,8	23,1	45	24,14	S	1 - b
29,3	53,8	41,55	27,59	P	
4,9	23,1	14	48,27	I	
63,4	28,2	45,8	-	S	1 - c
31,7	59	45,35	-	P	
4,9	12,8	8,85	-	I	
7,3	0	3,65	-	S	2
85,4	84,6	85	-	P	
7,3	15,4	11,35	-	I	

**Quadro 8 - Distribuição do percentual médio de acerto no segundo questionário de verificação para as turmas de Mecânica e Agroindústria da 1ª série, e para a turma de Agroindústria de 3ª série**  
**Fonte: Autoria própria**



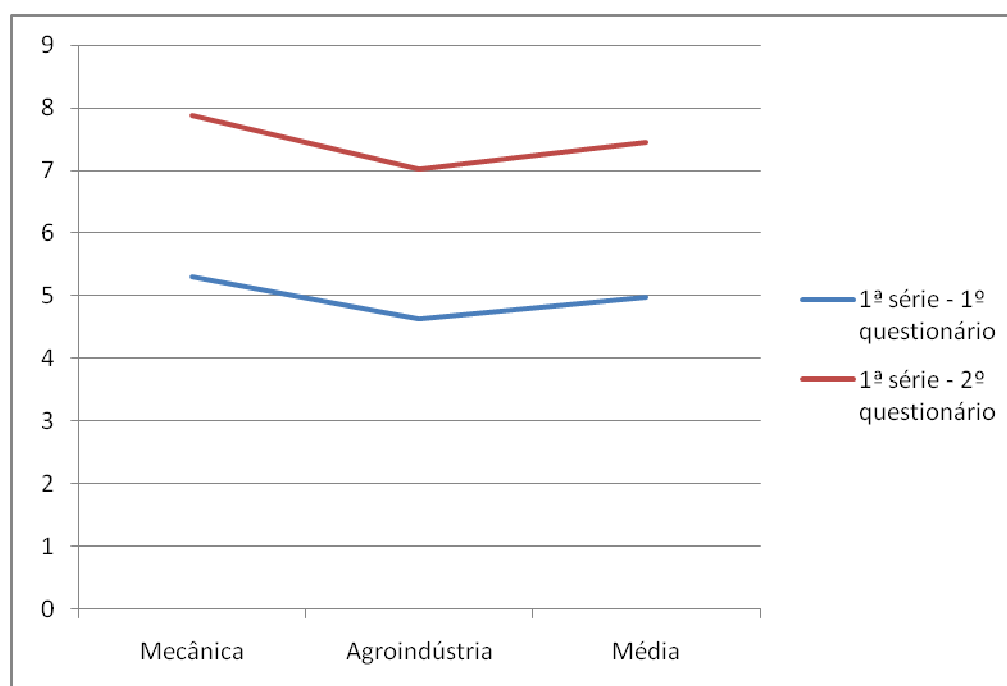
**Gráfico 4 - Médias percentuais, por tipo de resposta (S, P e I), obtidas pelas turmas de 1ª série no segundo questionário de verificação**  
**Fonte: Autoria própria**

<b>CURSO</b>	<b>1ª série</b>
Mecânica	7,87
Agroindústria	7,03
Média dos cursos	7,45

**Quadro 9 - Médias obtidas no segundo questionário de verificação na 1ª série, por curso e geral**  
**Fonte: Autoria própria**

<b>Curso</b>	<b>1ª série - 1º questionário</b>	<b>1ª série - 2º questionário</b>
Mecânica	5,3	7,87
Agroindústria	4,64	7,03
Média	4,97	7,45

**Quadro 10 - Comparação entre as médias obtidas pelas turmas de 1ª série no 1º e no 2º questionário de verificação**  
**Fonte: Autoria própria**



**Gráfico 5 - Comparação entre as médias obtidas pelas turmas de 1ª série no 1º e no 2º questionário de verificação**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.6.2 Análise para a Terceira Série

Da questão 1 - b do segundo questionário de verificação: Aplicado no final do segundo semestre de 2009, somente para uma turma de terceira série do curso de agroindústria, composta na ocasião por 29 alunos.

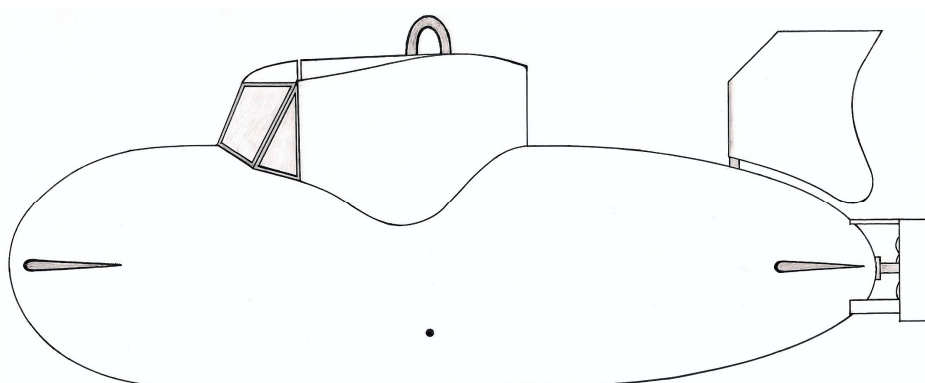
Questão 1 - b: Um protótipo de submarino encontra-se em movimento uniforme e vertical para baixo. Indique no desenho a(s) força(s) atuante(s), representando o sentido correto de

atuação da(s) mesma(s). (coloque a força peso no ponto indicado no desenho, que é o centro de gravidade do protótipo)

Considere  $P$  = Peso

$E$  = Empuxo

$R$  = Força de resistência da água



Nesta questão, dos 29 alunos consultados, 7 tiveram a resposta considerada como satisfatória ( $S = 24,14\%$ ), representando corretamente o peso, o empuxo e a força de resistência da água nos lugares e sentidos corretos. 8 alunos ( $27,59\%$ ) tiveram a resposta considerada como parcialmente correta. Destes alunos, 3 representaram o peso e o empuxo corretamente, indicando  $P > E$ ; 1 aluno representou o peso e o empuxo corretamente, indicando  $P > E$ , incluindo ainda a pressão; 4 alunos representaram peso e empuxo corretamente, indicando  $P = E$ . 14 alunos tiveram a resposta considerada insatisfatória ( $I = 48,27\%$ ). Destes alunos, 9 representaram o peso e o empuxo, não indicando mais nada; 1 aluno representou o peso e o empuxo, indicando  $P < E$ ; 2 alunos representaram duas forças, sendo que uma foi chamada de  $G$ , vertical para baixo, e a outra foi chamada de  $P$ , também vertical para baixo, não indicando mais nada; 1 aluno indicou dois vetores verticais para baixo, mas não colocou nome para eles; o último aluno representou o peso, verticalmente para baixo, e outro vetor, também vertical para baixo, o qual chamou de pressão d'água.

Apesar de haver respostas corretas, foi percebida a falta de conhecimento dos conceitos básicos em muitos alunos, principalmente quanto à força de resistência da água, que assim confundem os conceitos que deveriam estar mais bem elaborados, o que gerou os erros aqui detectados. Como estes alunos encontravam-se no final da 3ª série na ocasião, esta questão reflete a pertinência da revisão da forma de atuação de forças nos corpos,

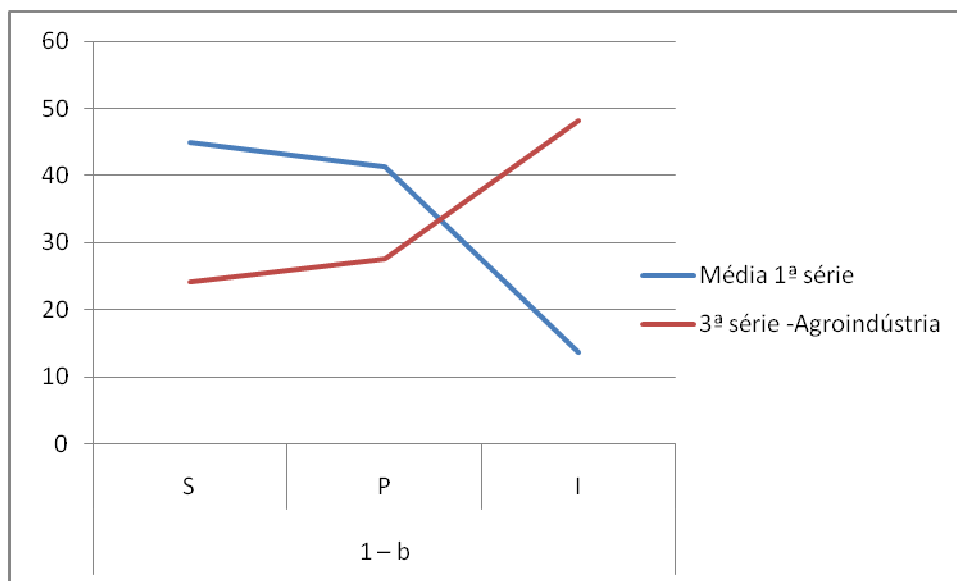
assim como a força resultante, no início da terceira série conforme já foi mencionado, vinculando-a ao protótipo. Uma solução mais efetiva poderá ser contemplada pela aplicação da proposta metodológica do presente trabalho desde a primeira série, com as ações também sugeridas para esta série. Desta forma, ao se iniciar no primeiro ano com o protótipo, fazendo dele uma referência constante na disciplina de física, nas três séries do ensino médio, um maior nível de aprendizado, com maior número de associações de conteúdos e maior rendimento deverá ser conseguido.

Vale ainda se fazer uma comparação, do desempenho dos alunos de 1ª série das turmas de mecânica e agroindústria (dados do quadro 8) na questão 1 - b do segundo questionário, com os alunos de 3ª série, no final do ano letivo. O quadro 11 a seguir mostra tais desempenhos e pode-se observar um número maior de respostas satisfatórias para as turmas de 1ª série, que trabalharam com o protótipo. O gráfico 6 a seguir mostra igualmente os desempenhos mencionados.

Questão	Resposta	Média 1ª série	3ª série -Agroindústria
1 - b	S	45	24,14
	P	41,55	27,59
	I	14	48,27

**Quadro 11 - Médias percentuais comparativas, por tipo de resposta (S, P e I), da questão 1 - b do 2º questionário de verificação, obtidas pelas turmas de 1ª série, comparadas com uma turma de 3ª série**

**Fonte: Autoria própria**



**Gráfico 6 - Comparativo entre as médias percentuais, por tipo de resposta (S, P e I), obtidas pelas turmas de 1ª série e o percentual obtido por uma turma de 3ª série do curso de agroindústria, na questão 1 - b do segundo questionário de verificação**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.7 ANÁLISE DA QUESTÃO PROPOSTA NO FINAL DO ANO LETIVO AOS ALUNOS DE PRIMEIRA SÉRIE.

Questão: Faça um desenho representando as forças que agem no protótipo quando em:

- a) MRUV para cima
- b) MRU para cima
- c) MRUV para baixo
- d) MRU para baixo

Aplicada para 43 alunos da primeira série, esta questão mostrou que a maioria ampliou seus conhecimentos acerca dos tópicos trabalhados, devido ao baixo índice de respostas consideradas insatisfatórias, que ocorreu para apenas 4 alunos (I = 9,3%). Assim, a maior parte dos alunos conseguiu vincular a força resultante atuante no protótipo aos tipos de movimento do mesmo, na maioria das respostas, nas quais os alunos necessitaram fazer a representação correta das forças solicitadas.

Dos 23 alunos que tiveram a resposta considerada como parcialmente correta (P=53,5%), 14 alunos consideraram apenas o peso e o empuxo para análise dos movimentos, porém, conseguiram interpretar corretamente as forças aplicadas e a força resultante, assim como a direção e o sentido das mesmas, além do efeito de tais forças no

protótipo. Dos outros 9 alunos, a maioria indicou o peso, o empuxo e a força de resistência da água corretamente e, ao analisar a situação partindo desta representação, não conseguiu acertar integralmente as respostas nas quatro situações de movimento solicitadas, necessitando de considerações adicionais a serem ajustadas nos conceitos para algumas situações de movimento.

Especificamente para as situações de movimento uniforme, para cima ou para baixo, solicitadas para o protótipo nesta questão, apesar das forças envolvidas, a velocidade não varia. Para alguns alunos, tais situações específicas necessitam também de uma análise mais criteriosa ao aplicarem as leis de Newton, para que possam entender a diferença entre a necessidade de uma força resultante igual a zero para o MRU e a necessidade de uma força resultante diferente de zero para o MRUV. Conforme já mencionado, a aprendizagem adequada de alguns conceitos exige mais tempo para correção de possíveis desvios conceituais, ou, para a adição de especificidades aos conceitos anteriores, relativos aos tópicos estudados. Assim, houve aplicação de conceitos-em-ação e de teoremas-em-ação para que estes alunos pudessem encontrar respostas, mesmo parcialmente corretas, para as quais utilizaram corretamente alguns conceitos, adquiridos ou ampliados no decorrer do ano letivo.

As respostas consideradas satisfatórias para 16 alunos ( $S = 37,2\%$ ) mostraram uma interpretação adequada das forças envolvidas, da direção e sentido das mesmas, da força resultante aplicada ao protótipo e do tipo de movimento gerado, que são conceitos vinculados às leis de Newton. Além disso, a integração conseguida por estes alunos para os conceitos solicitados, que foi um dos principais objetivos desta forma de trabalho utilizando o protótipo, foi igualmente considerada satisfatória.

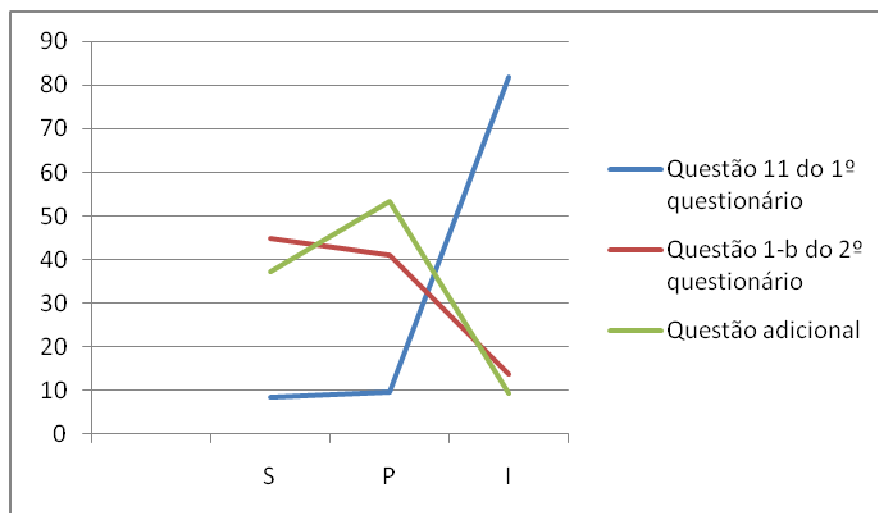
O quadro 12 e o gráfico 7 comparam a questão adicional com a questão 11 do 1º questionário e a questão 1-b do 2º questionário.

Resposta	Questão 11 do 1º questionário	Questão 1-b do 2º questionário	Questão adicional
S	8,5	45	37,2
P	9,65	41,25	53,5
I	81,85	13,75	9,3

**Quadro 12 - Médias percentuais comparativas, por tipo de resposta (S, P e I), entre a questão 11 do 1º questionário, a questão 1 – b do 2º questionário e a questão adicional, obtidas por alunos de 1ª série**

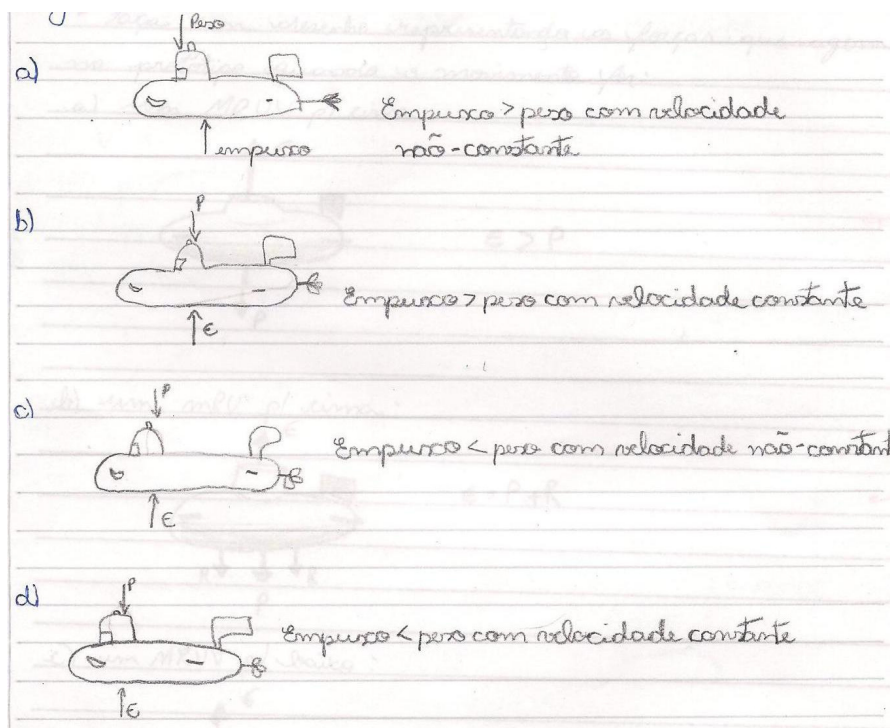
**Fonte: Autoria própria**



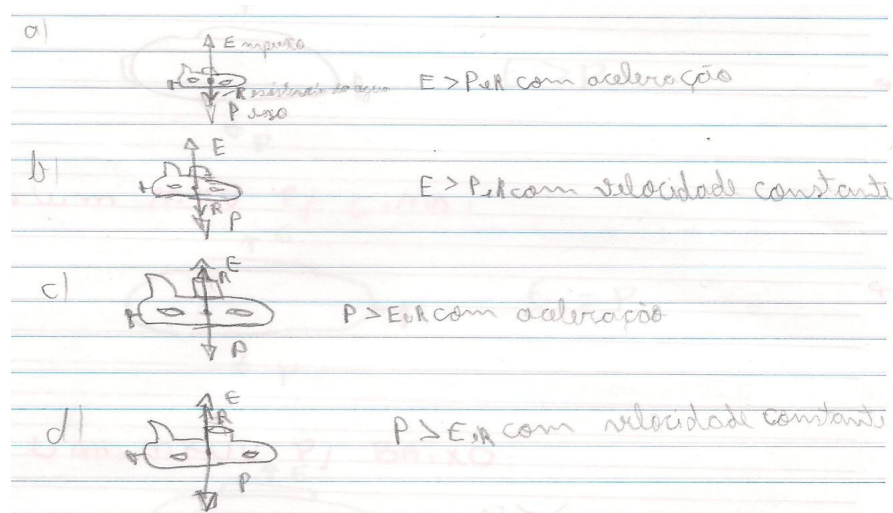


**Gráfico 6 - Médias percentuais comparativas, por tipo de resposta (S, P e I), entre a questão 11 do 1º questionário, a questão 1 – b do 2º questionário de e a questão adicional, obtidas por alunos de 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**

A seguir são mostradas algumas respostas apresentadas pelos alunos para esta questão.



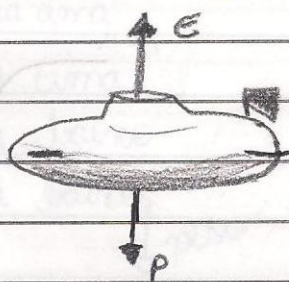
**Desenho 2 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV**  
**Fonte: Autoria própria**



**Desenho 3 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV**

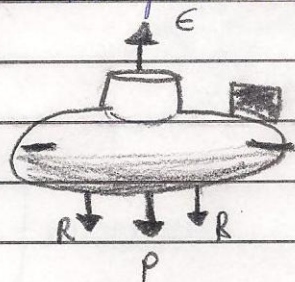
**Fonte: Autoria própria**

a) um MRUV p/ cima:



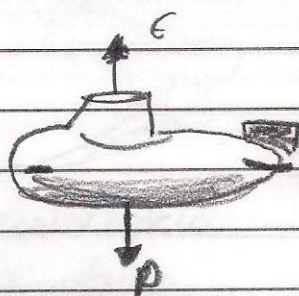
$$E > P$$

b) um MRU p/ cima:



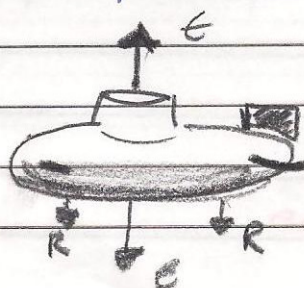
$$E = P + R$$

c) um MRUV p/ baixo:



$$P > E$$

d) um MRU p/ baixo:

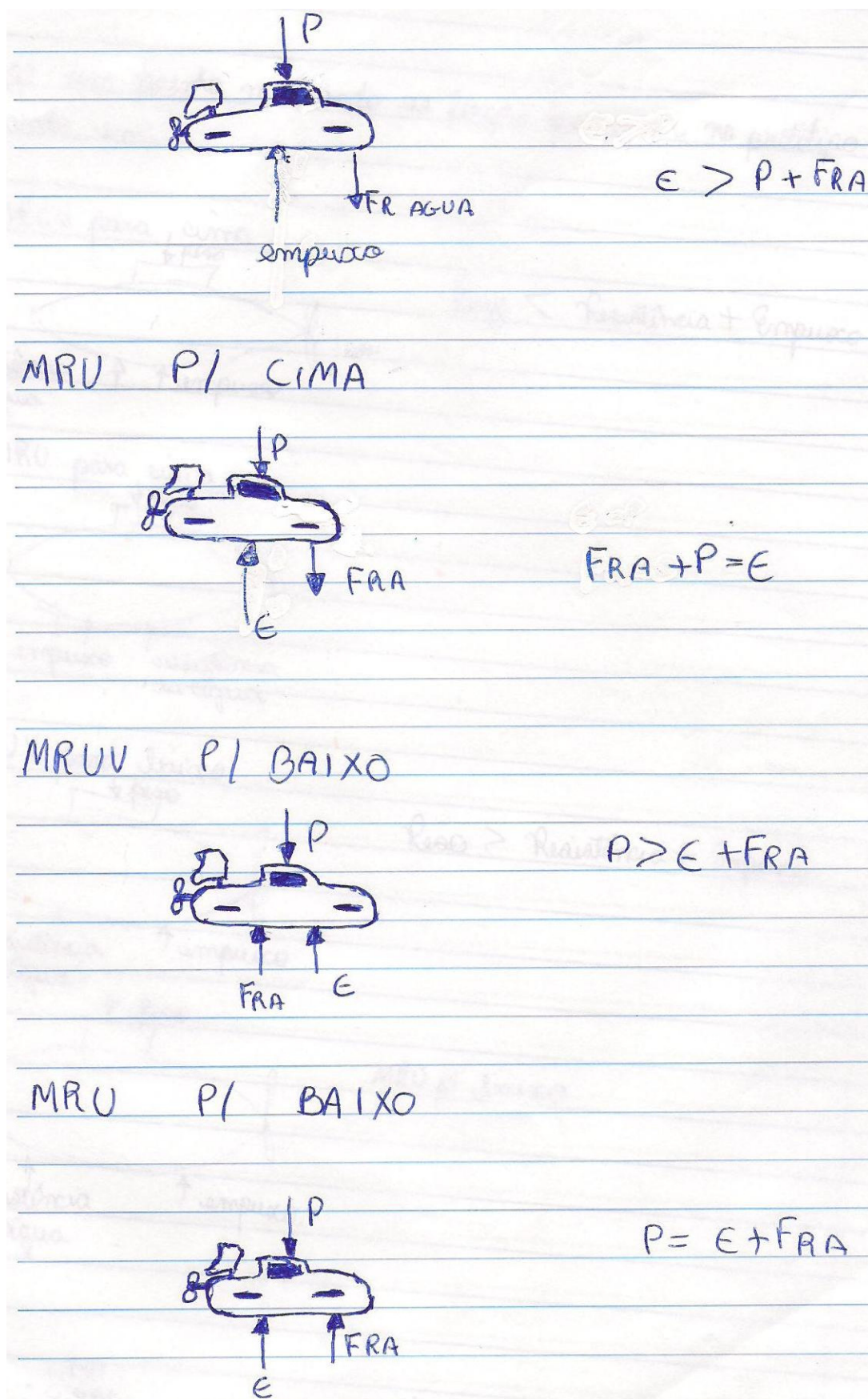


$$E = P + R$$

$R = \text{Resistência de água.}$

Desenho 4 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV

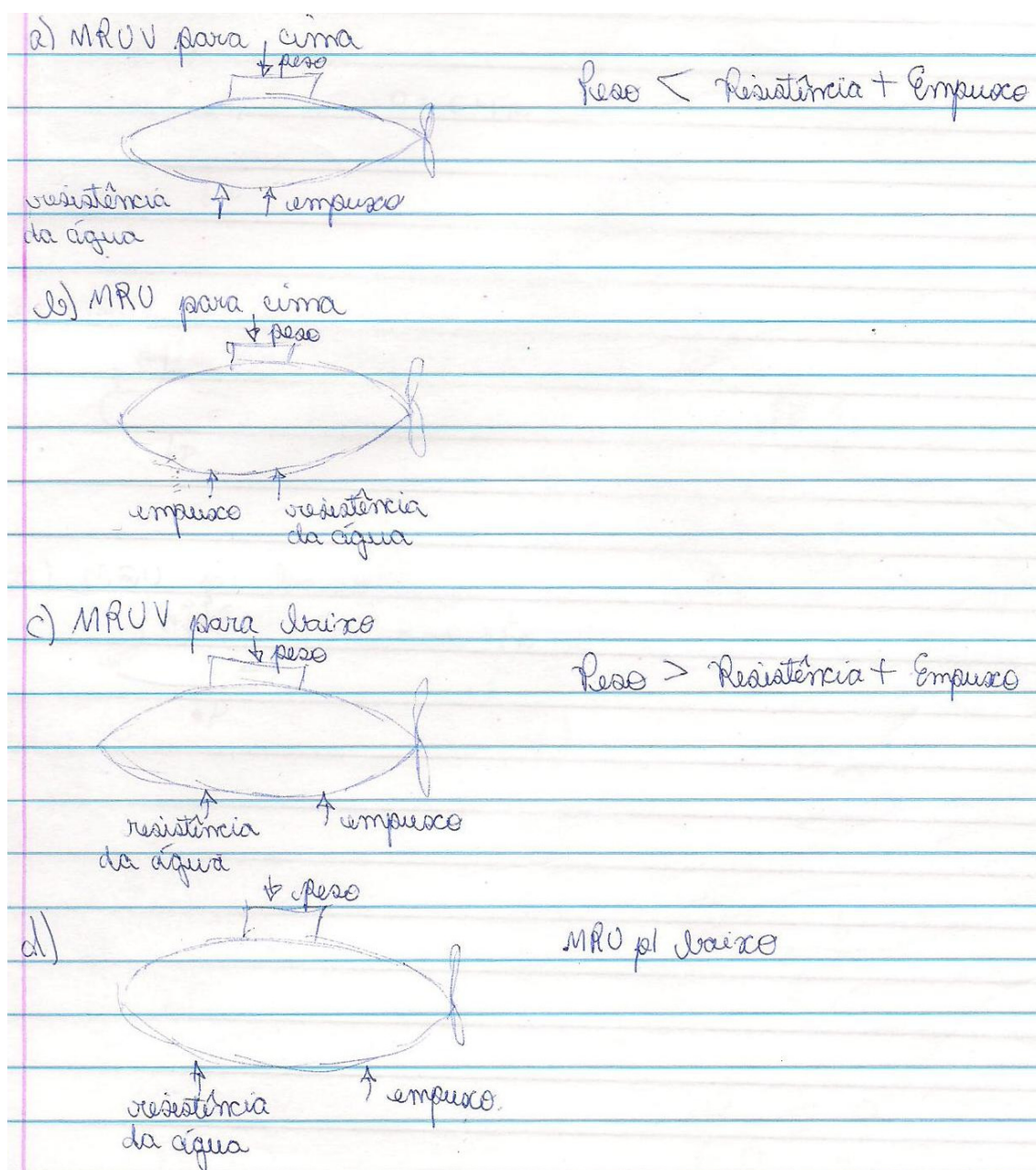
Fonte: Autoria própria



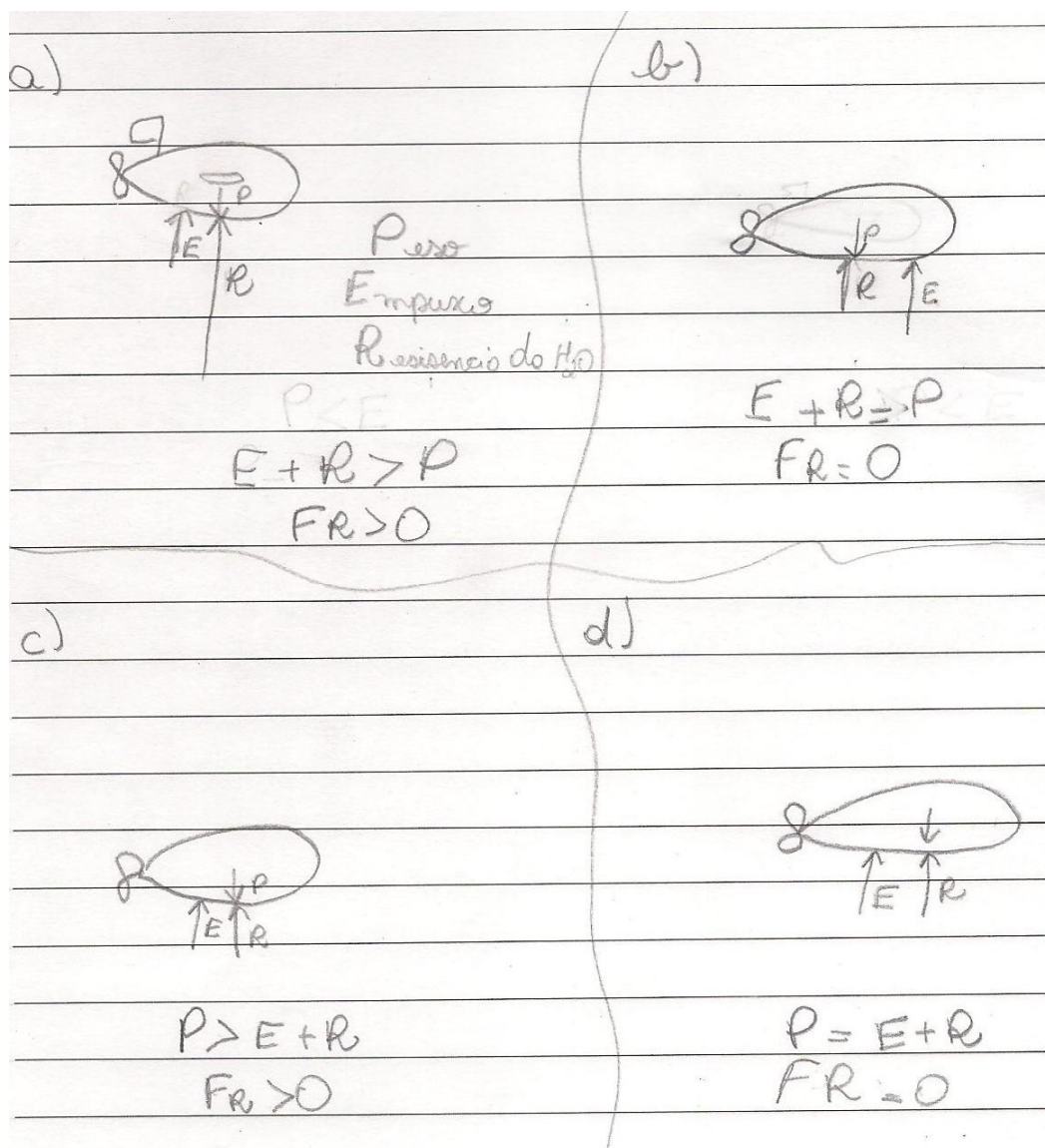
Desenho 5 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV

Fonte: Autoria própria



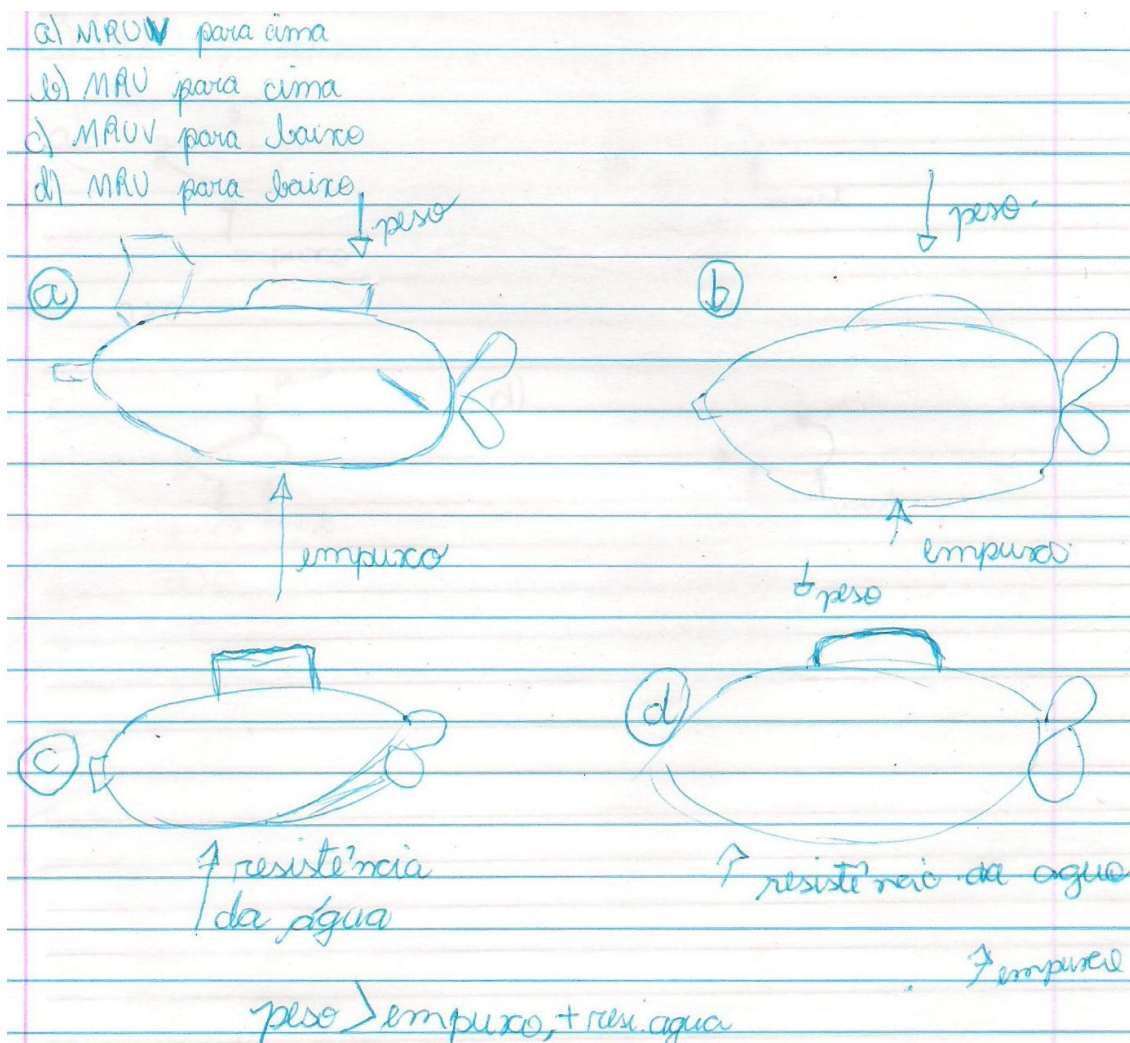


**Desenho 6 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV**  
**Fonte: Autoria própria**



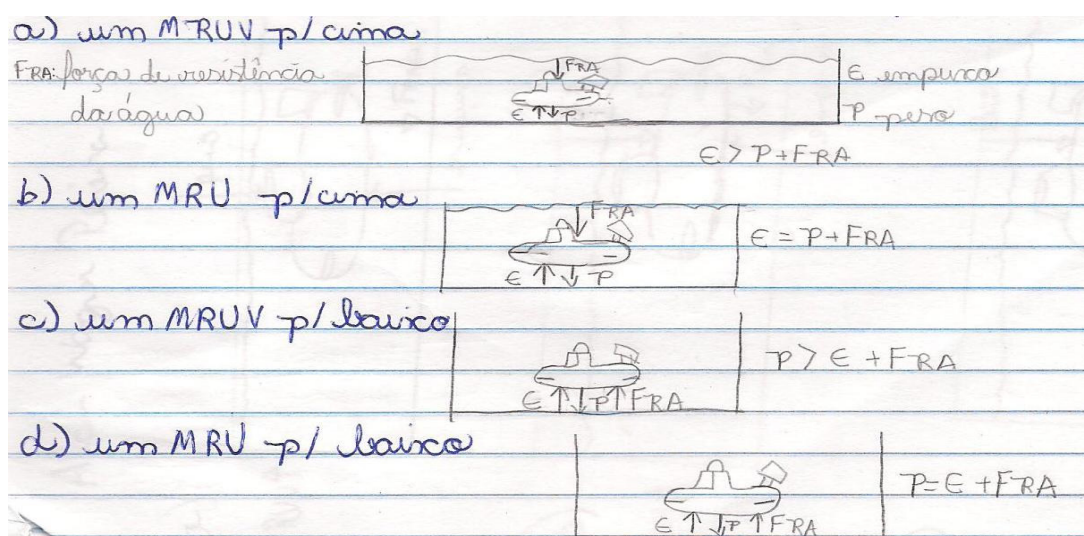
**Desenho 7 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV**

**Fonte: Autoria própria**



Desenho 8 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV

Fonte: Autoria própria



Desenho 9 - Resposta de aluno da primeira série à questão adicional, relativa à força resultante aplicada ao protótipo, vinculada aos movimentos verticais, MRU e ao MRUV

Fonte: Autoria própria



### 3.8 ANÁLISE E DISCUSSÕES

Ao se efetivar a aplicação das citadas teorias através da utilização do protótipo, tentou-se reduzir a aprendizagem mecânica, na qual, segundo Moreira (2000, p. 4), “novas informações são memorizadas de maneira arbitrária, literal, e não significativa ... que é um tipo de aprendizagem com pouca retenção, não requer compreensão e não dá conta de situações novas”. Ainda segundo Moreira (2004, p. 25):

Vergnaud chama de “ilusão pedagógica” a atitude dos professores que crêem que o ensino, de Física digamos, consiste na apresentação organizada, clara, rigorosa, das teorias formais e que quando isso é bem feito os alunos aprendem. Trata-se de uma ilusão porque, segundo ele, é através de situações de resolução de problemas que os conceitos se desenvolvem no aluno e as situações de resolução de problemas que tornam os conceitos significativos para os alunos podem estar, pelo menos inicialmente, muito distantes do formalismo apresentado pelo professor. Mas, apesar disso, tais situações são essenciais para o desenvolvimento de conceitos. Quer dizer, ao mesmo tempo em que as situações formais são necessárias é preciso levar em consideração que o aluno pode estar ainda muito longe delas.

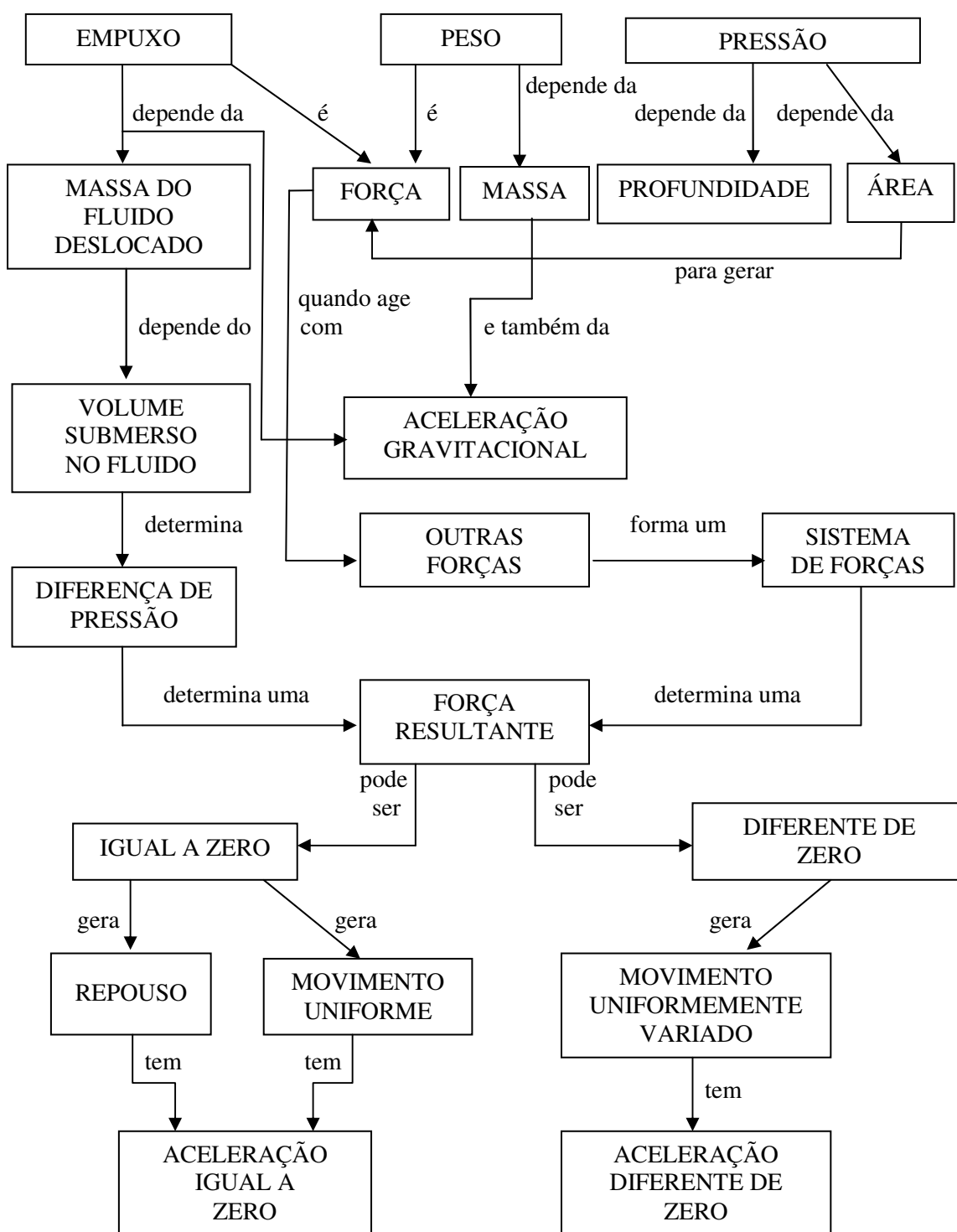
O protótipo aqui proposto, juntamente com os acessórios, são os materiais de ensino cujo propósito foi o de ser o que Ausubel chama de “organizadores prévios”, e tiveram também outro objetivo que, com a sua utilização fosse feita a construção adequada dos invariantes operatórios propostos por Vergnaud. Como se pretendia utilizar o protótipo para servir de referência na abordagem de vários tópicos que fossem trabalhados na disciplina, seriam a ele incrementadas novas informações durante a primeira série do ensino médio, sendo que, esta forma de apresentação posterior nas três séries tenderia a resolver continuamente o problema da possível falta do subsunçor para os tópicos contemplados, para muitos alunos, principalmente na fase inicial da aprendizagem de conceitos físicos na primeira série do ensino médio.

Com a apresentação do protótipo logo no início da primeira série, pretendeu-se equalizar especificamente o conhecimento inicial que deveria estar presente na estrutura cognitiva dos alunos no que se refere aos conceitos subsunçores, como também aos conceitos específicos da disciplina contemplados em cada atividade pela sua utilização, sendo que este conhecimento serviria de ancoragem num momento posterior, no ensino de novos conceitos físicos, embasados no protótipo. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (2000, p. 138):



Se a estrutura cognitiva for clara, estável e adequadamente organizada, significados precisos e não ambíguos emergem, tendendo a reter sua força de dissociação. Se, por outro lado, a estrutura cognitiva for instável, ambígua e desorganizada, tenderá a inibir a aprendizagem significativa e a retenção.

Desta maneira, o protótipo em questão deveria servir de subsunção ao ser apresentado logo no início da primeira série e, posteriormente, ao se abordar os tópicos subsequentes ter-se-ia uma gradual reformulação de conceitos anteriores e a adição novos conceitos pelo aluno, ao serem trabalhados com base no mesmo protótipo e com diferentes enfoques, ampliando e integrando os conhecimentos sobre o tema, proporcionando-lhes concomitantemente a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A organização sequencial e a consolidação foram consequências naturais da forma de apresentação, ao serem indicadas as atividades com crescentes necessidades conceituais e de representação para seu desenvolvimento. Desta maneira, procurando mostrar a integração pretendida, prevista para este tipo de abordagem, a seguir é apresentado um mapa conceitual da abrangência deste trabalho, proposta para a primeira série como embasamento para a segunda série.



**Ilustração 1 - Mapa conceitual: Abrangência do trabalho na primeira série como embasamento para a segunda série**  
**Fonte: Autoria própria**

Quanto ao que se previa para a operacionalização, no início da aplicação do trabalho para a primeira série, esperava-se que o aluno já soubesse especificamente alguma

coisa sobre submarinos, mesmo que inicialmente de maneira bem superficial, que poderia ser um conceito que um submarino é uma embarcação, e que pode também navegar abaixo da superfície da água. Não importando muito se ele não soubesse exatamente como este fenômeno se processa. O conhecimento inicial básico é que funcionaria como o conceito subsunçor necessário neste momento. Segundo Ausubel (1978, p. 41) citado por Moreira (1999, p.155):

A essência do processo de aprendizagem significativa é que idéias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas idéias. Este aspecto especificamente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo. Para que ocorra a aprendizagem significativa, o material a ser aprendido deverá ser relacionável à estrutura do aprendiz de maneira não arbitrária e não literal, e então, o material será considerado potencialmente significativo, garantindo que o aprendiz tenha os subsunçores adequados.

Para este aluno de 1ª série, no decorrer do desenvolvimento do trabalho e a cada etapa do estudo de Física, novas informações foram processadas e assimiladas e, conforme previsto por Ausubel, trazendo-lhe maior inter-relacionamento no aprendizado das informações e melhor formando os conceitos físicos, por estarem sempre interligados e ancorados no seu conhecimento anterior e que, processando-se desta maneira, tender-se-ia a se efetivar a aprendizagem significativa.

Assim é que o protótipo teve sua contribuição, procurando-se com ele resolver os problemas detectados com a pesquisa. Além disto, ao citar para os alunos os objetivos futuros pretendidos com o protótipo logo no início da primeira série, procurou-se causar nos mesmos a desejável predisposição para aprender. Isto poderia necessitar ser construído em alguns alunos, que por vários motivos poderiam estar acostumados com um ensino e/ou um aprendizado mecânico de ciência desde a escola básica e, quando em Física no início do ensino médio, tenderiam a iniciar este mesmo processo para retenção das informações, fazendo erroneamente com que este processo se tornasse principal. Nestes processos de retenção da informação de forma mecânica, onde muitas vezes somente a memorização é predominante em detrimento ao raciocínio, é preciso uma quebra de paradigma, além do aluno, também do professor, enfatizando os conceitos básicos principais, cobrando os mesmos coerentemente. O que se buscou com o protótipo neste quesito foi o atendimento, na prática, ao menos em parte, do objetivo de predispor o aluno para a aprendizagem dentro

dos parâmetros teóricos citados, e com isto, fazer com que os outros objetivos cognitivos pudessem ser mais facilmente atingidos.

Para cada um dos conceitos físicos trabalhados com a utilização deste material de aprendizagem, a toda vez que se recorreu a um novo tema de estudo dentro da Física, esperou-se que suas bases estivessem inicialmente presentes na estrutura cognitiva dos alunos, sendo mais gerais (subsunçores anteriores ao novo conhecimento). Por isso, os subsunçores deveriam ser reprocessados e modificados pelo aluno, acabando por serem os novos subsunçores, mais elaborados para outros novos conhecimentos a serem aprendidos.

Assim, o que os alunos conseguiram aprender em função da utilização deste material na forma sugerida, tendo como suporte o que prevêem as teorias que embasaram o método, o aluno consolidou uma aprendizagem de melhor qualidade, e com maior capacidade de retenção, o que lhe facilitará o resgate dos conceitos no futuro, seja para resolver problemas ou para ancorar novas aprendizagens.

O protótipo, portanto, segundo as previsões, conforme foi utilizado colocou o aluno num conjunto de situações que foram a ele apresentadas gradativamente, inicialmente com o protótipo em equilíbrio sobre a superfície da água, depois, abaixo da superfície, em repouso ou em movimento vertical ou horizontal, uniforme ou uniformemente variado, proporcionando, além do estudo do movimento isoladamente, também das forças atuantes e da força resultante nestas situações, o que proporcionou, em cada uma das situações, um determinado tipo de situação já conhecida pelo aluno e um incremento de conceitos com a sua integração. Como a fonte de energia do protótipo é elétrica, a energia, a potência e o rendimento do motor propulsor também foram objetos de análise propostos.

As atividades foram propostas em função do andamento da disciplina, da proposta metodológica da aprendizagem significativa e de formação de conceitos. Procurou-se, com os recursos didáticos que foram desenvolvidos e utilizados, levar o aluno a formular suas conclusões sobre o que observou durante as atividades, buscando-se sempre promover a oportunidade para que ele obtivesse o conhecimento necessário para a próxima etapa, e em cada uma delas, permitindo-lhe refletir sobre os aspectos já trabalhados com o protótipo, promovendo-se uma revisão dos conceitos e melhorar sua interpretação.

### 3.9 RECOMENDAÇÕES DE PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

Para tentar minimizar o efeito dos problemas que foram detectados, norteados-se pelas respostas dos alunos das três séries ao primeiro questionário, a seguir é apresentado um resumo dos conceitos básicos importantes a serem enfatizados dentro da mecânica e hidrostática, com o propósito de proporcionar aos alunos uma compreensão melhor, facilitando-lhes a formação dos conceitos mais complexos, dentro da própria mecânica ou não, que necessitem de um bom embasamento para aumentar a eficiência da aprendizagem. As abordagens aqui sugeridas devem ser trabalhadas ao longo da aplicação do método proposto na primeira série, procurando-se equacionar os problemas encontrados nesta e nas outras séries com a pesquisa.

#### 3.9.1 Cinemática

A interpretação da unidade de aceleração como variação de velocidade, ou seja,  $m/s^2$  ou  $(km/h)/s$  (quilômetro por hora a cada segundo) como unidade derivada, a variação velocidade no decorrer do tempo, sendo, portanto,  $m/s$  a cada segundo o que deve ficar bem claro para o aluno, não somente por pertencer ao sistema internacional - SI, mas pelo conceito de espaço percorrido num determinado tempo. Isto é difícil de ser integralmente interpretado por alguns alunos, os quais tendem a guardar somente a equação da aceleração sem a entenderem muito bem. É preciso, portanto, considerar este aspecto.

A aceleração gravitacional como agente causador de variação de velocidade num corpo é um conceito que depende da interpretação anterior correta. Os efeitos da aceleração gravitacional num corpo, principalmente, devem ser enfatizados, pois quando um corpo está em repouso (sem movimento vertical) há somente a força peso, que é resultante da ação gravitacional. O conceito de aceleração gravitacional poderá ser melhorado ainda em duas outras oportunidades: a primeira quando, ao se trabalhar a segunda lei do Newton, utilizar a equação do peso, inserindo razão da força por unidade de massa, isto é,  $N/kg$ , considerando-a como campo gravitacional; a segunda, ao se trabalhar o conceito de campo elétrico na 3ª série, na qual poderá ser feita analogia como uma ampliação do conceito de campo, tratando a aceleração gravitacional como tal, incluindo-se novamente a unidade  $N/kg$ . Isto fará um vínculo eficaz para a melhoria da interpretação da força peso e do campo

elétrico, no qual se utiliza N/C (Newton por Coulomb) como unidade do sistema internacional.

### 3.9.2 Estática

Ênfase para a interpretação do peso dos corpos como força, porque é um conceito que muitos alunos confundem com massa. Isto pode estar ligado à linguagem comum, onde as pessoas interpretam a massa como peso, sendo que nestas situações a diferença não é significativa. A dependência da aceleração gravitacional para a existência do peso é outro conceito também importante, assim como a unidade kgf (quilograma-força), de força, a qual deve ser apresentada e diferenciada da unidade de massa kg (quilograma).

Tratando-se de um corpo, é importante salientar a diferença entre força natural *de um* corpo, que é o peso, com a força aplicada *num* corpo (considerar vertical neste momento uma reação para cima) para formar um sistema simples em equilíbrio. Por ser uma grandeza vetorial dependente da aceleração gravitacional, o peso de um corpo deve ser tratado como uma força vertical para baixo que ele é, para evitar a confusão. Assim, na representação vetorial desta força, deve-se procurar representá-la na parte inferior do corpo. Este tópico poderá ser ampliado para a representação de outras forças, atuando em corpos diferentes e também em outras direções.

Quando se trabalhar a primeira e a terceira leis de Newton, portanto, a representação de forças deverá ser evidenciada, para tentar resolver este problema, da representação correta de uma força. É recomendável que ao menos este sistema seja desenhado pelo aluno, de alguma maneira, no papel ou num outro meio eletrônico, e para isto, iniciando com a representação mais simples, do peso do corpo em repouso, que necessitará de uma força vertical (reação do peso), formando um sistema com apenas duas forças atuantes (a força peso do corpo e sua reação). É importante vincular ao repouso o conceito de forças iguais e contrárias, determinando uma força resultante igual a zero para um corpo sustentado desta maneira. Isto possibilitará ao aluno criar um vínculo esquemático que facilitará a ele passar depois para sistemas mais complexos, com mais de duas forças verticais e também em sistemas com forças atuando em outras direções.

Outra idéia importante a ser incluída neste momento é que, para corpos que flutuam na água ou no ar, a força resultante é também igual a zero, cuja situação deverá ser representada pelo aluno também.

### 3.9.3 Dinâmica

Um domínio fundamental em dinâmica, além da interpretação correta da segunda lei de Newton, é a necessidade de que o aluno já tenha assimilado que, quando um corpo tem movimento uniforme, a força resultante atuante no mesmo é zero. Este é um dos conceitos, pelo que foi constatado com a pesquisa, de difícil interpretação, porque antes de um corpo entrar em movimento uniforme, seu movimento é acelerado. Muitos alunos tendem a considerar a força maior no sentido do movimento uniforme, que vem a ser um erro conceitual gerado pelo conceito errado da força resultante em função do tipo de movimento. Assim, a força resultante atuante num corpo e a aceleração correspondente é outra necessidade importante, porém, faz-se necessária a *interpretação* da força resultante e aceleração igual a zero no MRU para que se possa fazer a diferenciação adequadamente.

Outros alunos acreditam ainda que, para haver movimento uniforme de um corpo é necessária uma fonte de energia, então, eles tendem a representar esta energia como uma força, o que nem sempre é verdade, pois isto acontece somente nos sistemas não conservativos, onde há uma força de atrito a ser vencida.

Ao se trabalhar com a segunda lei de Newton, é importante evidenciar as características do MRUV vertical, de apenas um corpo, vinculado à ação de duas forças incluindo o peso, ou seja, a representação destas forças. Uma constatação importante é que muitos alunos, em função dos problemas descritos, não estão sabendo qual é o efeito de uma força ou de uma força resultante que atua num corpo.

O efeito da força de atrito gerado pelo ar no movimento vertical para baixo poderá ser trabalhado também. O movimento vertical que acontece quando se considera esta força, que inicialmente é um MRUV, pode se transformar num MRU se a força de atrito na queda aumentar até se tornar igual ao peso. É recomendável que a representação destas situações na forma vetorial seja desenvolvida pelo aluno. A idéia poderá ser ampliada depois para outras situações, com movimento em outras direções, como por exemplo, no movimento horizontal de um submarino, de um avião ou de um automóvel, considerando-se outras forças de atrito, inclusive da água, ou ainda outras situações, com forças em direções inclinadas que deverão ser decompostas.

É importante mostrar, para o movimento uniforme horizontal de um corpo, numa determinada velocidade e com atrito, a dependência da força de propulsão em relação à força de resistência ao movimento. O movimento se tornará uniforme quando essas forças se tornam iguais, sendo um conceito que poderá ser estendido para outras situações e, além

disso, pode-se envolver também a energia necessária para o movimento num intervalo de tempo ou para uma distância percorrida com estas condições.

Complementando, ainda para os sistemas não conservativos, o conceito de potência mecânica dependente da força constante para vencer a força de atrito poderá ser trabalhado.

#### 3.9.4 Hidrostática

Para a inserção do conceito de empuxo, alguns conceitos prévios deverão ser resgatados, como:

- Massa específica e densidade, com ênfase no volume de um corpo, assim como as unidades utilizadas.
- Empuxo como uma força resultante (grandeza vetorial) vertical para cima.
- Força resultante igual a zero para corpos em repouso, que flutuam na água ou no ar.
- Pressão hidrostática e diferença de pressão hidrostática, salientando que a diferença de pressão, independentemente da profundidade, mantendo-se a densidade do fluído, é constante.
- A relação de dependência do empuxo, com a equação correspondente.



## 4 SUGESTÕES DE UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Para a utilização da proposta e a aplicação do método foi necessário programar a inserção das atividades durante o desenvolvimento sequencial da disciplina, com objetivos previstos até o final da primeira série, mas com sugestões também para a segunda e terceira séries. Utilizando-se do protótipo nas atividades, possibilita-se ao aluno vê-lo sob os vários aspectos que a disciplina pode contemplar, tornando-se um tema recorrente e com uma ordem gradativa de informações e dificuldades. O aluno, ao final do trabalho na terceira série, deverá saber explicar sobre o tema, utilizando-se dos conceitos e leis físicas para isto, e assim procedendo, terá aprendido de forma mais efetiva os conceitos mais importantes, podendo expandir facilmente estes conhecimentos para outras situações mais complexas.

A distribuição dos assuntos deverá ser desenvolvida na seguinte sequência, procurando-se atender também as sugestões de trabalho propostas em cada série, dentro da sequência natural de trabalho da disciplina.

### 4.1 NA PRIMEIRA SÉRIE

#### 4.1.1 Unidades de Medida

Inicialmente é fundamental que as grandezas: comprimento, área, volume, massa e peso sejam estudados. Para se fazer avaliação de comprimento, área, massa e peso, utilizam-se dos dois tanques de vidro, sendo um pequeno, no qual o protótipo cabe sem que possa se movimentar e, outro maior, onde o protótipo poderá ser testado em outros aspectos. Porém, neste momento, somente as citadas grandezas é que interessam, e para isto é que os recipientes devem ser utilizados, enfatizando-se as unidades e as transformações de unidades, principalmente para o sistema internacional.

Esta parte inicial é importante para situar o aluno numa contextualização das unidades de medida, porque a interpretação das unidades básicas de medida será fundamental para a correta interpretação de outros conceitos, principalmente unidades de comprimento, área e volume num primeiro momento, na primeira série. Também, colocando-o em contato com o protótipo, pode-se fazer uma avaliação do volume total do mesmo através do deslocamento de água no tanque, por ser um corpo irregular. É

importante dizer que, aos poucos, à medida que os novos tópicos vão sendo inseridos, na análise inicial serão acrescentadas novas informações acerca da linguagem da Física e interpretação coerente das outras unidades utilizadas, procurando assim tornar mais consistente e consolidado o aprendizado do aluno nestes quesitos, para que depois ele possa resgatar estas informações mais facilmente.

Os exercícios são úteis e recomendáveis após cada etapa, para que o aluno promova a fixação dos conteúdos, mas o que o método em questão propõe como principal, utilizando-se de um protótipo, é procurar fazer a contextualização partindo sempre de um mesmo referencial.

#### 4.1.2 Movimento

##### 4.1.2.1 MRU (Movimento Retilíneo Uniforme)

O movimento deverá ser analisado inicialmente de duas maneiras, começando pelo movimento uniforme horizontal, depois o movimento vertical, para cima e para baixo, relacionando-os às forças aplicadas e à força resultante. Posteriormente poderá ser trabalhado o movimento o composto como complementação.

A característica principal do movimento uniforme, que é a velocidade constante, deve ser enfatizada neste momento. O protótipo, sendo puxado por um fio dentro da água, irá gerar uma força contrária e de igual intensidade, de resistência da água, apresentará uma força resultante igual a zero, fazendo-o percorrer espaços iguais em tempos iguais. Uma vez medida a sua velocidade, é importante que um gráfico seja construído pelo aluno para este movimento. O movimento vertical do submarino poderá ser trabalhado também, determinando-se assim os tempos de percurso ou distâncias percorridas por ele, lembrando que este procedimento deve levar o aluno a entender o principal conceito deste tópico, que é o movimento uniforme e suas implicações, relacionando o espaço percorrido e o tempo de percurso.

Após esta fase, o conceito de movimento composto poderá ser inserido, ainda trabalhando com a equação mais simples que envolve velocidade, espaço e tempo, porém, para isto, o aluno deverá saber reconhecer os conceitos de deslocamento e trajetória.

Somente a partir deste ponto, a partir do que o aluno já sabe, e já formou uma ideia de ancoragem para interpretar o movimento, é recomendável introduzir as outras equações

gerais do MRU, e então ele poderá fazer a análise de gráficos de velocidade e espaço percorrido em função do tempo, complementando o estudo com outros exemplos e atividades.

#### 4.1.2.2 MCU (Movimento Circular Uniforme)

Para o movimento circular uniforme, cuja exemplificação inicial pode ser dada com o movimento da hélice propulsora do submarino e, como o aluno já tem o conceito de velocidade linear (espaço percorrido por unidade de tempo) trabalhado inicialmente, pode ser então trabalhado o novo conceito, de ângulo descrito e velocidade angular (ângulo descrito por unidade de tempo), e só então deverão ser fornecidas as outras equações deste tipo de movimento, juntamente com os conceitos complementares de velocidade linear, frequência e período, utilizando-se do protótipo para mostrar estas grandezas, onde será útil uma fonte de luz estroboscópica para se poder fazer também uma avaliação numérica.

#### 4.1.2.3 MRUV (Movimento Retilíneo Uniformemente Variado)

O movimento retilíneo uniformemente variado será exemplificado inicialmente com a análise do movimento do protótipo, a partir de sua posição de repouso, tanto horizontal, quanto vertical, enfatizando o aumento de velocidade, até que ele atinja uma velocidade uniforme em movimento horizontal (que já foi trabalhado), ou de descida ou subida na vertical, ou ainda, a redução de velocidade até que ele pare, por exemplo, no movimento horizontal. Mostra-se que esta variação de velocidade, para mais ou para menos, poderá ser quantificada, trabalhando-se então com o conceito de aceleração e a equação fundamental deste tópico, que é equação na forma mais simples:  $a = \Delta V / t$ . Também é importante que a interpretação das unidades de aceleração derivadas desta equação sejam trabalhadas neste momento, as quais são,  $m/s^2$  e  $(km/h)/s$  (quilometro por hora a cada segundo).

As outras equações, outros exemplos e a análise dos gráficos pertinentes a este tópico, poderão então ser trabalhados após estes procedimentos.

Após isto, os conceitos de queda livre serão desenvolvidos, começando por sua conceituação, que é o movimento vertical para baixo, de corpos sujeitos à ação do seu peso,

e livres da resistência do ar. Enfatiza-se que a queda livre é um movimento vertical uniformemente variado.

Dois conceitos importantes devem ser também incluídos e enfatizados neste momento, os quais são: o peso e a resistência do ar. Os dois conceitos são importantes porque irão possibilitar novamente a análise do movimento vertical uniforme de um corpo em queda no ar (onde não se considera o empuxo), e do protótipo na água (onde o empuxo é considerado, além da força de resistência da água). É importante que o peso (que muitos alunos chamam de força da gravidade ou simplesmente de gravidade), seja interpretado principalmente como força que ele é, dependente da ação de um campo gravitacional, sempre atuando verticalmente para baixo. Ainda, para que o aluno compreenda a causa de alguns tipos de movimento naturais, como por exemplo, o movimento uniforme da queda das gotículas água de chuva, deve-se enfatizar que força de resistência aplicada a um corpo em movimento no ar, na água ou outro fluido, é uma força sempre contrária ao movimento, que depende da forma e velocidade deste, além de outras variáveis como densidade e viscosidade.

Especificamente para o movimento do protótipo na água em qualquer direção, haverá sempre a resistência da água, mas este conceito não será aprofundado neste momento, pois deverá ser retomado quando for feita a análise da força resultante atuante num corpo, embasada nas leis de Newton, assim como as implicações na determinação do tipo de movimento que haverá quando o protótipo se movimentar neste meio.

#### 4.1.3 Força Resultante

É prudente definir força mais precisamente neste momento, colocando-a como: agente capaz de causar deformação e/ou mudança de velocidade de um corpo. É importante evidenciar que, quando um corpo se encontra em movimento uniforme e existe uma força de atrito, é necessária uma força de igual valor no sentido do movimento para mantê-lo uniforme. Aproveitando a oportunidade, enfatiza-se também que o peso é uma força vertical para baixo, resultante de uma interação entre um campo gravitacional e uma massa.

Explorando a abrangência da definição de força em função dos tipos de movimento até aqui estudados, e também da deformação de um corpo qualquer ou de uma mola, fala-se que num corpo pode atuar mais de uma força simultaneamente, formando um sistema de forças, e então, define-se também a força resultante como a força que, sozinha, substitui as forças que compõem um sistema, podendo ser zero ou não.

Ainda, para explorar o conceito de força resultante, começa-se pelos exemplos mais simples, utilizando um sistema formado por duas forças na mesma direção, no mesmo sentido, em sentidos contrários.

Pode-se exemplificar com um corpo qualquer em repouso, em cima de uma mesa, por exemplo, ampliando-se a ideia com o uso do protótipo, analisando sua situação em repouso quando sustentando no ar, e depois, colocando-o na água, fazendo com que ele flutue na superfície, em repouso, ou então abaixo da superfície da água. A ênfase a ser dada é que, em termos de força resultante atuante sobre ele, comparando com um corpo apoiado numa mesa, as situações de equilíbrio são idênticas.

Ampliando a ideia anterior, a força resultante atuante num corpo, que poderá ser zero ou outro valor qualquer, define a situação que este assumirá quanto ao tipo de movimento (MRU ou MRUV), ou se ele estará em repouso. A análise mais profunda destas situações será feita num capítulo mais adiante, em dinâmica.

É o momento de falar sobre as duas leis de Newton, a primeira e a terceira, pertinentes ao assunto tratado neste momento, deixando a segunda lei para tratar separadamente em dinâmica.

Ainda dentro da estática, faz-se necessária a análise das forças inclinadas, das decomposições de força e situações de equilíbrio, podendo-se também falar no leme de direção ou profundores do protótipo para este fim, os quais têm uma inclinação que determina a força de deslocamento lateral ou vertical.

É importante neste momento fazer uma análise das formas de atuação de forças como um fechamento parcial da situação do submarino, flutuando acima ou abaixo da superfície, em repouso ou em movimento, vertical ou horizontal, para cima ou para baixo, uniforme ou acelerado, integrando a análise do tipo de movimento às forças atuantes e a sua força resultante. Com esta retrospectiva, retomam-se alguns conceitos importantes que serão úteis nos próximos tópicos, procurando passar ao aluno a ideia do todo, e não, em fragmentos.

#### 4.1.4 Dinâmica

Em dinâmica, um dos conceitos básicos que deve estar bem claro é o da variação de velocidade (aceleração), visto em cinemática, sendo importante retomá-lo neste momento.

Pode-se, então, começar falando da segunda lei de Newton, analisando o movimento acelerado de um corpo, e também do protótipo, vertical ou horizontal, para cima ou para baixo. Mostra-se que, para haver movimento acelerado num determinado sentido de movimento, há necessidade, comprovada pela segunda lei de Newton, de que haja uma força resultante naquela direção. No caso específico do protótipo, em quaisquer das situações sugeridas, onde há duas forças contrárias agindo, deve-se priorizar a demonstração de que uma das forças (aquela que atua no sentido do movimento) deverá ser maior. A utilização da equação para a quantificação da força resultante em função da massa e da aceleração, que são os conceitos mais importantes desta etapa, só deverá ser trabalhada após estas considerações iniciais sugeridas.

#### 4.1.5 Atrito

É muito importante neste momento que o aluno entenda que a força de atrito é sempre contrária ao sentido de movimento de um corpo, ou ao sentido de tendência de movimento, e que ela só poderá ser gerada em função de outra força ou de uma força resultante aplicada. Pode-se utilizar do protótipo sendo puxado por um fio para mostrar novamente esta situação, pois estes alunos já trabalharam essa força analisando o movimento uniforme, que agora terá outro enfoque, complementando-o.

A força de atrito que aparece entre um corpo e uma superfície pode então ser trabalhada, fornecendo ao aluno este conceito fundamental, bem como a sua equação, que existe em situações bem comuns, nas quais ele terá condições de analisar corretamente se estiver munido das ferramentas teóricas adequadas.

Utilizando-se do protótipo, pode-se trabalhar a força de atrito, quantificando-a, utilizando-a como um exemplo de força de resistência que aparece na estrutura do mesmo, porém, sem a necessidade de entrar em muitos detalhes do cálculo desta força nesta situação específica.

#### 4.1.6 Trabalho

Analisa-se o efeito de uma força, inicialmente constante, atuando num corpo, tendo este um movimento uniforme (velocidade constante). Haverá uma força de reação em sentido contrário e a força resultante será igual a zero. Inclui-se o conceito de trabalho ( $\tau$ ),

que é o produto da força aplicada ao corpo pelo seu deslocamento ( $\tau = F.x$ ), evidenciando que trabalho é sinônimo de uma forma de energia sendo convertida em outra. Deve-se enfatizar que o trabalho realizado para movimentar um corpo com uma velocidade constante, num determinado intervalo de tempo, quando há alguma força de resistência (de atrito nos sistemas não conservativos), é equivalente à energia utilizada para vencer tal força neste intervalo de tempo, e por isso, trabalho e energia utilizam-se da mesma unidade de medida, ou seja, o Joule no sistema internacional.

Utiliza-se do protótipo para falar sobre o tema, mostrando que o movimento horizontal e uniforme dentro da água necessita de um motor propulsor para vencer a força de resistência da mesma, e que esta força é constante neste tipo de movimento, que o aluno já trabalhou. A fonte de energia para este movimento é a bateria do motor elétrico, sendo que o motor é o elemento que converte a energia contida na bateria (potencial elétrica) em energia de movimento (energia cinética), porém, há produção de calor, convertendo parte da energia elétrica em energia térmica, podendo-se então falar sobre o aproveitamento energético que é o rendimento. O motor receberá uma quantidade de energia para girar, mas ao girar ele aquece e utilizará parte da energia recebida para aquecer, utilizando-se, portanto, da energia que sobra para realizar o movimento.

É importante comentar sobre a fonte de energia para o movimento vertical de um submarino, pois o mesmo, à primeira vista, não necessita de um motor, sendo suficiente a mudança de densidade do submarino (enchimento ou esvaziamento das câmaras de água - tanques de lastro). Mostra-se então a fonte de energia deste movimento, que resultará no trabalho para o movimento vertical, vem do motor da bomba que movimenta a água dos tanques de lastro, ou do motor do compressor de ar, cujo ar comprimido movimenta a água do tanque, mudando a densidade do protótipo.

#### 4.1.7 Potência

Como conceito de potência, que é a razão entre o trabalho realizado (energia convertida) e o tempo utilizado para realizá-lo, faz-se referência ao protótipo neste importante conceito, muito presente em projetos mecânicos e elétricos, e um dos mais importantes conceitos com o qual se preocupa a engenharia, e que poderá ser a profissão de alguns dos alunos, ou uma área afim escolhida por outros. Como os alunos sabem que a propulsão é exercida por meio de um motor elétrico, fala-se da transferência de energia da bateria para o motor, que é um conversor de energia elétrica em energia mecânica para o

movimento da hélice. Portanto, o que deverá ser acrescentado aqui é que o motor retira da fonte (bateria) uma determinada quantidade de energia por unidade de tempo (Joule por segundo), que representa a potência (elétrica).

Ainda como complemento e fechamento pode-se dizer que, ao realizar uma quantidade de voltas num determinado tempo, a hélice aplicará uma força de propulsão igual à força de resistência imposta pela água (potência mecânica) devido ao movimento do protótipo, que resultará num movimento uniforme do mesmo. O que deverá ficar bem claro para o aluno, além da inclusão da variável tempo, quando se fala de potência, é que a hélice utilizada, numa determinada rotação, colocará o protótipo em movimento numa determinada velocidade limite, que é constante e dependente da potência mecânica máxima que o motor pode fornecer.

## 4.2 NA SEGUNDA SÉRIE

### 4.2.1 Densidade

Para que o aluno possa prosseguir com menor número de problemas de compreensão, deve-se dar a ele a noção de *massa específica* e de *densidade* (unidades derivadas), para que ele possa entender o princípio básico da estabilização de um submarino. Neste momento, no qual o conceito de força e também das formas de ação de forças, assim como o volume, já foram trabalhados, serão necessários estes conceitos para a correta interpretação da situação, quando o submarino se encontrar parcialmente ou totalmente submerso na água, assim como outro corpo que pode estar na mesma situação. É importante que o aluno interprete a massa específica não só como equação simbolizada pela razão entre a massa e o volume de um corpo, tendo como unidade, no sistema internacional, o  $\text{kg/m}^3$ , mas que ele saiba o que significa uma determinada quantidade de matéria num determinado volume e forme um conceito sobre isto.

Para que o aluno aprenda efetivamente, ele deverá previamente saber fazer as transformações das unidades de massa e volume, vistos no início do desenvolvimento do trabalho na primeira série. Porém, o que mais importa aqui é a interpretação da nova unidade, ou seja, ele deverá saber, além do espaço ocupado por um metro cúbico, que, neste volume de água, por exemplo, há mil quilogramas ou uma tonelada, e esta ideia deverá ser



ampliada para outros materiais. Assim, o conceito de densidade (ou densidade relativa) poderá ser introduzido, como a razão entre as massas específicas de dois corpos.

A água, considerada para esta situação com massa específica de  $1000 \text{ kg/m}^3$  ou  $1 \text{ g/cm}^3$ , normalmente é utilizada como referência quando se quer falar sobre a densidade de um corpo. Desta maneira, sendo a densidade uma grandeza derivada de uma razão entre massas específicas, ela não tem unidade, sendo, portanto, uma grandeza adimensional. O aluno poderá perceber isto matematicamente quando se dividem duas unidades iguais.

Desta forma, a interpretação da densidade da água igual a 1, significando que a água tem massa específica de  $1 \text{ g/cm}^3$  ou  $1 \text{ kg/m}^3$ , e que também tem  $1 \text{ kg/litro}$  ou  $1 \text{ kg/dm}^3$  poderá ser estendida para outros materiais, como o cobre ( $d_{\text{cobre}} = 8,96$ ), utilizando-se as mesmas unidades utilizadas para a água.

Deve-se lembrar o aluno quanto à água salgada, que tem mais massa por unidade de volume (maior densidade) que a água doce, e ainda, que em temperaturas diferentes estes valores se alteram. Há uma oportunidade de se fazer uma atividade neste momento, utilizando-se do protótipo para mostrar esta relação, estabilizando-se o submarino na água sem sal, fazendo com que ele fique totalmente submerso, em repouso. Após isto, adicionando sal na água o protótipo subirá até a superfície, devido ao aumento da densidade da mesma.

Quanto à estabilização do protótipo na superfície ou abaixo dela, o aluno deve entender que:

- Quando o protótipo flutua na superfície da água, sua densidade (considerando sua massa e volume total) deverá ser menor que a densidade da água.
- Quando o protótipo flutua abaixo da superfície da água, sua densidade deverá ser igual à densidade da água.
- Quando o protótipo afunda na água, sua densidade é maior que a densidade da água.

Para um submarino na água, portanto:

- Flutuar na superfície:  $d < 1$
- Afundar:  $d > 1$
- Flutuar abaixo da superfície:  $d = 1$

Como o aluno já teve o conceito de densidade e após ter trabalhado o conceito de pressão (razão entre força e área), reforça-se este conceito, partindo então para o conceito

de pressão hidrostática, que depende da profundidade de um ponto num líquido e é um fator bastante importante quando se trata especificamente de se determinar dimensões, estrutura e profundidade de trabalho de um submarino.

Utiliza-se o protótipo para se trabalhar o tema proposto, assim como as implicações que o aumento da pressão hidrostática terá num submarino e os recursos que devem ser previstos a fim de se proporcionar uma navegação segura.

O conceito de potência trabalhado anteriormente poderá ser retomado, falando-se da potência necessária para o bombeamento d'água sob alta pressão, que poderá entrar como complemento neste nível de ensino.

#### 4.2.2 Pressão Hidrostática

Com o conhecimento inicial de pressão, que é a razão entre força e área, e suas unidades, e um complemento com a pressão atmosférica, explora-se, então, a pressão sofrida por um corpo submerso na água, por exemplo, numa determinada profundidade.

Para o caso específico do protótipo, determina-se a pressão em determinadas profundidades, e também a força sofrida numa parte de seu casco, como uma tampa, por exemplo, ou numa janela, passando depois para a consideração do caso real de um submarino, onde as profundidades são maiores e a pressão também.

É muito importante salientar que a diferença de pressão entre a parte superior e inferior do casco é constante e esta diferença é que determina o empuxo, que por sua vez vem a ser constante determinado pela força resultante que aparece entre a parte inferior e superior do casco, independentemente da profundidade que navega o submarino. Vale lembrar que este conceito é um dos conceitos importantes e que foi percebido como falho na pesquisa realizada.

#### 4.2.3 Empuxo

Neste momento um conceito não tão novo para o aluno, visto que foi trabalhado inicialmente no estudo da força resultante na primeira série, como sendo uma força vertical para cima, no caso de um corpo imerso num fluído. O conceito de empuxo deverá ser enfatizado como força resultante que ele é, porém, neste momento, deverá ser trabalhada a equação correspondente, para que se possa prosseguir com o desenvolvimento do trabalho,

enfatizando-se que empuxo é uma força resultante devido à diferença de pressão na parte superior e inferior do casco do protótipo.

Após este apanhado inicial e agora que o aluno já trabalhou com todos os tópicos básicos, vale relembrar os conceitos de densidade e força resultante, interpretando, principalmente, a força vertical para cima como empuxo, juntamente com pressão hidrostática e diferença de pressão hidrostática. Um complemento a este tópico poderá ser trabalhado, explorando-se o movimento do submarino (vertical, por exemplo), juntamente com a força de resistência causada pela água, analisando-se as forças atuantes, que foi também percebido na pesquisa como um ponto falho.

Retoma-se, então, a análise feita no início do primeiro ano, quanto às situações possíveis de um submarino, em repouso ou em movimento vertical, para cima ou para baixo, que são:

Flutuando na superfície;	$(P = E \text{ e } d < 1)$
Flutuando abaixo da superfície;	$(P = E \text{ e } d = 1)$
Em MRUV para baixo;	$(P > E + F \text{ e } d > 1)$
Em MRU para baixo;	$(P = E + F \text{ e } d > 1)$
Em MRUV para cima;	$(P < E - F \text{ e } d < 1)$
Em MRU para cima.	$(P = E - F \text{ e } d < 1)$

(onde P = Peso; E = empuxo; F = Força de resistência da água)

### 4.3 NA TERCEIRA SÉRIE

#### 4.3.1 Revisão sobre Força Resultante

É importante então uma revisão do que foi visto com relação ao protótipo, pois haverá nesta série um fechamento de alguns tópicos referentes ao trabalho físico, à potência elétrica e à energia utilizada e, estes itens têm como grandeza de dependência, a força aplicada, a força de reação e a força resultante. A revisão é importante, pois segundo Pontes Neto (2006, p. 126):

a teoria da aprendizagem significativa dá alguma atenção às estratégias de aprendizagem, considera que a própria definição de aprendizagem significativa inclui a revisão, por parte do aluno, na medida em que a assimilação de material potencialmente significativo e a consequente mudança da sua estrutura cognitiva dependem de como esse aluno responde às apresentações iniciais e subsequentes do material a ser aprendido.

Apesar da teoria de Ausubel prever uma revisão por parte do aluno, a revisão proposta neste momento do trabalho deverá partir do professor, visando estimular neste nível de ensino a revisão a ser desenvolvida pelo aluno, promovendo um fechamento parcial do conteúdo trabalhado até o momento, visto que os principais conceitos desta revisão serão reutilizados nos itens subsequentes, nos cálculos de eletrostática, e em eletrodinâmica, na análise dos geradores e receptores. Portanto, propõe-se novamente no início da terceira série a se fazer uma reanálise das forças atuantes no protótipo, flutuando acima ou abaixo da superfície, em repouso ou em movimento, vertical ou horizontal, para cima ou para baixo, uniforme ou acelerado, e em conjunto, a análise do tipo de movimento com as respectivas forças resultantes. Com esta retomada neste momento, alguns conceitos importantes serão revistos e melhorados, visto que serão úteis nos próximos tópicos nesta série, procurando sempre fazer com que o aluno tenha a idéia do todo novamente e não dos conceitos fragmentados, porém, agora com maior embasamento teórico que nas séries anteriores.

#### 4.3.2 Gerador Elétrico

O elemento propulsor do protótipo é um motor elétrico de tensão contínua, que depende de uma fonte de alimentação. O aluno deverá saber que a energia para a propulsão deve ter uma fonte, pois isto já foi trabalhado num momento anterior, e ele já sabe que o movimento do protótipo gera uma força de atrito com a água. Desempenhando o papel de gerador elétrico para o motor, neste contexto é a bateria, que é a fonte de energia para o movimento, e os aspectos físicos desta fonte devem ser estudados neste momento, os quais são: a tensão nominal, a resistência interna, a potência elétrica e o rendimento. Uma constatação importante que os alunos devem fazer é que, como há aquecimento na fonte, nem toda energia será transferida ao motor, e estes parâmetros quantitativos deverão ser avaliados. O aluno deverá perceber que o motivo para que não haja tal transferência é a resistência interna da fonte, que passa a fazer parte do circuito, utilizando parte da energia para aquecimento da mesma.

#### 4.3.3 Receptor Elétrico

O motor elétrico utilizado no protótipo é o receptor elétrico. Este motor, conforme já mencionado, não receberá da fonte nem a tensão nominal e nem a energia total armazenada na mesma, portanto, do total de energia que a fonte pode fornecer, parte será utilizada por ela ao se aquecer. Para o motor, que também aquece, transformará uma parte da energia recebida em forma de calor, e o restante é que será transformado em trabalho mecânico, ou seja, em movimento da hélice, e em consequência deste, o movimento do protótipo. É importante fazer com que o aluno perceba estes problemas de aproveitamento energético. Nesta ocasião é oportuno se fazer uma avaliação quantitativa do motor, da bateria e do conjunto (motor e bateria) quanto ao rendimento individual e do sistema. Além disso, é importante a análise de algumas variáveis que podem determinar maior ou menor necessidade de potência, tanto da bateria quanto do motor, demandando maior ou menor consumo de energia por unidade de tempo, como por exemplo, a aceleração, desaceleração, ou a navegação com velocidades constantes diferentes.

## 5 CONCLUSÕES

Considerando-se os alunos das três séries que foram consultados através do primeiro questionário, os alunos de segunda e terceira séries, que não utilizaram o protótipo como auxiliar na primeira série, mostraram-se ainda com alguma falha conceitual com relação aos conceitos básicos mais importantes que foram investigados. Dos procedimentos de ajuste que começaram na primeira série, pela aplicação de algumas atividades deste trabalho, conseguiram-se melhorias, havendo também sugestões de atividades para se atingir outras melhorias necessárias nas outras séries.

Tratando-se de conceitos específicos trabalhados na primeira série, a força resultante atuante num corpo, assim como o movimento resultante desta interação, são dois tópicos importantes a serem reavaliados quanto à forma que os alunos vêm guardando tais conceitos e aplicando as leis correspondentes, visando um aprendizado mais consistente. Percebe-se, em muitos alunos na disciplina de Física, a tendência de uma tentativa de memorização de muitas operações e situações, em detrimento ao aprendizado dos conceitos básicos e importantes destas situações. Quando este processo se efetiva, acaba dando aos alunos pouco suporte, ou um suporte frágil, menos sólido e por pouco tempo, gerando subsunçores inadequados e um prejuízo inicial para o aprendizado de novos conceitos que dependem de tais subsunçores.

Ainda, quanto aos alunos da primeira série, para os quais foram aplicadas algumas atividades com o protótipo durante o ano letivo, o resultado geral foi considerado bom, por estes alunos terem conseguido, de maneira geral, melhorar sua formação conceitual e, também, pelo fato destes alunos interpretarem muitas situações que envolveram as leis e os conceitos trabalhados nas atividades, que foram detectados como falhos para os alunos de 2ª e 3ª séries no questionário inicial. A complexidade do processo de ensino exige iniciar, ainda na primeira série, ações para a solução dos problemas detectados, presentes nas séries subsequentes, os quais podem ter sido gerados, às vezes, muito antes do ensino médio para alguns alunos. As atividades aqui sugeridas devem melhorar efetivamente a formação de conceitos, conforme foi constatado pelo resultado da avaliação das atividades aplicadas, e também conforme prevêm as teorias que embasaram este trabalho. Porém, são ações que exigem planejamento e demandam tempo, pois tais conceitos, ao serem resgatados ao serem trabalhados nas séries subsequentes, necessitam do mesmo tipo de tratamento integrado.

O resgate e a utilização dos conceitos subsunçores são essenciais para uma aprendizagem adequada, assim como a posterior modificação dos mesmos, que cabe aos alunos. Este processo necessita que sejam dadas oportunidades aos alunos, em atividades previamente planejadas, ampliando-lhes o alcance de seus conceitos. Tais pressupostos parecem ser o caminho a ser seguido para a promoção da melhoria dos processos de ensino-aprendizagem, entretanto, a maneira de fazer isto ainda é uma tarefa que muitos professores e alunos terão que desenvolver, visando a sua consolidação efetiva em sala de aula. Para o professor, o principal interesse deve estar centrado no sistema cognitivo dos alunos, considerando-se os caminhos utilizados por este sistema para o aprendizado, podendo-se, assim, atingir uma melhor qualidade de ensino, proporcionando aos alunos uma aprendizagem significativa.

A linguagem da Física é, para muitos alunos, algo que necessita de algum tempo para sua correta assimilação, por ser bastante precisa em suas definições, principalmente na primeira série. Apesar disso, após trabalhar algumas atividades, percebeu-se em muitos alunos algum conceito específico já formado, necessitando somente de ajustes na linguagem utilizada por eles, porém, interações importantes e mais sólidas eles já estão conseguindo concretizar, tendo formado os conceitos básicos que tendem a se transformar rapidamente em subsunçores, e posteriormente em conceitos-em-ação, quando de sua utilização. Portanto, uma vez que seja assimilado precisamente um conceito básico, este será utilizado como ferramenta principal pelos alunos para fazerem a diferenciação adequada de outros conceitos que dependem do mesmo princípio, no entanto, divergem em situações específicas. Por este motivo, é importante utilizar-se precisamente da linguagem, referindo-se às definições dos conceitos, ou à interpretação e aplicação das leis físicas nas várias situações, para que se consiga uma correta assimilação de tais conceitos e leis. Desta forma, pela utilização do protótipo nas atividades aplicadas, por ser ele um objeto real e um elemento facilitador da visualização de alguns aspectos importantes de tais atividades, procurou-se enfatizar e consolidar tais aspectos, conseguindo-se também promover algumas melhorias por estes quesitos quando de sua utilização.

Assim, o desempenho dos alunos de primeira série foi considerado satisfatório, pois tais alunos estão numa fase de transição, respondendo, de maneira geral, coerentemente às perguntas, utilizando-se dos conceitos e leis trabalhadas com o uso do protótipo durante o ano letivo. Especificamente, um conceito que melhorou bastante foi, para o movimento uniforme, a aplicação da primeira lei de Newton, pela ênfase dada no trabalho para a primeira série, em algumas atividades, ao conceito deste tipo de movimento,

vinculado ao conceito da força resultante igual a zero. Estas e outras atividades mostraram-se eficazes, entretanto a representação das forças que agem num corpo quando o movimento é uniforme ou acelerado, para cima e também para baixo, necessita ainda de alguns ajustes para alguns alunos. Tais ajustes poderão ser conseguidos ao longo da segunda e terceira séries, porém o que foi constatado como essencial na pesquisa, foi a necessidade da representação das forças pelos alunos, vinculando-a aos conceitos dos tipos de movimento. Tais atividades não devem deixar de serem realizadas por cada aluno, sendo atividades que auxiliarão significativamente na formação dos conceitos, possibilitando a criação de vínculos cognitivos importantes para um melhor aprendizado, sendo o motivo da previsão de ações desta natureza nas atividades sugeridas no trabalho.

Desta maneira, levando-se em conta estas considerações e, também da complexidade e do tempo de efetivação de um processo de ensino, assim como da complexidade e do tempo de aprendizagem efetiva de muitos conceitos pelos alunos, tanto para as atividades realizadas na primeira série, quanto para os resultados conseguidos por tais atividades, refletidos pelo desempenho destes alunos, o trabalho foi considerado como satisfatório neste momento, para os objetivos inicialmente traçados.



## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Um aspecto importante dentro do contexto educacional é a questão da qualidade de ensino. Para fazer referência a este aspecto, um conceito geral de qualidade poderá ser útil, o qual foi utilizado por Campos (1992, p. 2), e segundo o qual, “Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura, e no tempo certo, as necessidades do cliente”. Na escola esta ideia poderá ser aplicada, mas de forma diferente, ou seja, transportar esta ideia para a escola e para a sala de aula não é uma tarefa tão simples assim, principalmente pelo fato de não ser adequado que se trate o aluno simplesmente como um cliente, como aquela pessoa que vai a uma empresa buscar um produto ou serviço, e é atendida por outra, às vezes não tão bem preparada para estar ali. Até aqui são dois aspectos principais envolvidos, os quais são o professor e o aluno.

O outro aspecto é o conhecimento, que não deve ser considerado como algo que se vende. A teoria de Campos (1992, p. 2) foi feita para a empresa e não para a escola, porém, a essência da ideia pode e deve ser aplicada nela também, por tratar da melhoria de qualidade, e na área de ensino há esta necessidade em função de suas deficiências neste aspecto. A ideia principal a passar aqui é o que se faz, tanto na empresa quanto na escola, que pode e deve ser feito com qualidade, e o referido conceito também deve servir para nortear, de alguma forma, o trabalho de “ensinar” em muitos aspectos. Por exemplo, há necessidades no encaminhamento de muitas pesquisas a serem aplicadas na área de ensino atualmente, que sejam voltadas para a busca de melhoria na qualidade dos atos de ensino a serem aplicados efetivamente em sala de aula, através dos quais o professor possa conseguir melhor resultado de aprendizagem efetiva nos seus alunos.

Os procedimentos adotados na área ensino são, sim, mais complexos do que nas empresas, porque há aspectos objetivos e subjetivos, tanto nos atos de ensinar ou propor os novos conhecimentos, quanto no que diz respeito ao que está sendo realmente aprendido pelos estudantes, ainda sem se levar em consideração a avaliação do resultado desta aprendizagem.

Somente a título de ilustração, uma experiência que muitos adultos podem ter vivido quando crianças foi a de comprar brinquedos de plástico, dos mais simples, e estes vinham com rebarbas na emenda da estrutura. Não deveria ser um procedimento para uma criança fazer, e só há pouco tempo é que as empresas começaram a pensar nisso, mas muitas crianças devem ter retirado as rebarbas com lâmina de barbear. Não era o

pensamento das empresas que o defeito ocorrera por uma falha no processo de produção, na finalização do produto obtido pelo processamento de plástico injetado. Isto ocorria mais frequentemente, talvez, pelo fato do consumidor final deste produto ser uma criança, supostamente com “pouco olhar crítico”, ou porque este consumidor adquiriu um brinquedo de menor custo, e assim, poderia estar sendo entendido pelo industrial que o produto deveria ter menor qualidade.

Na verdade, o que havia era uma visão crítica adequada por parte da criança, que apesar da pouca idade, sentiu a necessidade de resolver um problema que era significativo para ela, ou seja, o acabamento. Alguns empresários só “perceberam” isto mais tarde. Hoje se sabe que as fábricas são responsáveis pela qualidade, ou pelo menos, em tese, deveriam ser, assim como pelos possíveis acidentes que um produto possa gerar, quando este estiver apresentando problemas construtivos ou de projeto.

A qualidade da indústria nacional mudou bastante, especificamente neste quesito, nos brinquedos e também em outros produtos, mas ainda há muito a se pensar, e se fazer, pois a produção e a distribuição de produtos no mundo mudaram bastante, e os resíduos gerados por eles também, os quais estão entre os itens que deverão ser repensados.

Utilizando-se da ideia contida nos parágrafos anteriores, percebemos alguns problemas quando olhamos sob esta ótica também para a área de educação. Muitos alunos, apesar da pouca idade, podem estar promovendo ações individuais para melhorar seu processo de aprendizagem. Melhoria nos processos de ensino é uma necessidade constante, de responsabilidade de quem os promove, para que se possam identificar e aparar as indesejáveis “arestas” por seus promotores a qualquer tempo, devido às mudanças gradativas que decorrem da evolução tecnológica e de conhecimento numa sociedade. Pesquisas e investimentos são sempre necessários nesta área. É desta forma que a ideia de qualidade não deve ser aplicada somente no setor de produtos, que por tratar de melhoria, é necessária, desejável e aplicável em qualquer área, obedecendo-se, é claro, as suas características e peculiaridades.

É importante salientar que, para a aplicação deste trabalho foram previstas e executadas algumas ações referentes às atividades realizadas, cujo resultado poderá gerar outras ações de correção de direcionamento ao longo de seu desenvolvimento quando da aplicação no futuro. Para tanto, é importante que se façam as ações de implantação e correção, ou de outras melhorias, de forma organizada, preferencialmente utilizando-se de um método para tal desenvolvimento. Desta forma, sugere-se a utilização de um método de gerenciamento de rotina que, segundo Barbosa et. al (1994, p.21), dentro de sistema de

Controle de Qualidade Total (CQT), é o método denominado de ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action), que é composto das seguintes fases:

Planejamento (P): é o estabelecimento de um plano, que pode ser um cronograma, um gráfico, ou um conjunto de padrões. As metas podem decorrer do plano ou vice-versa.

Execução (D): execução das tarefas exatamente conforme previsto no plano e coleta de dados para verificação do processo. Nesta etapa é essencial educação e treinamento no trabalho decorrente do plano e a coleta de dados resultantes da execução.

Verificação (C): a partir dos dados coletados na execução, compara-se o resultado alcançado com a meta planejada.

Ação corretiva (A): esta é a etapa onde o responsável pelo processo, tendo detectado desvios, atuará no sentido de fazer correções definitivas de tal modo que o problema nunca mais volte a ocorrer. Esta atuação é metódica.

Com relação ao professor, tendo ele uma ideia sobre qualidade, tem a oportunidade de tentar efetivar algumas ações em sala de aula com o propósito de conseguir uma melhoria no seu processo de ensino por este viés, aplicando o método sugerido com as peculiaridades inerentes à área de ensino e, especificamente, de sua disciplina. A sua percepção, além de sua preparação pela academia, deve ser levada em conta, e o professor deve se conscientizar de que, como responsável direto do processo, é capaz de investigar, propor, mudar e experimentar, até que seja atingida alguma melhoria por ele desejada e se torne perceptível, a qual poderá ser mantida ou ainda melhorada, criando-se um ciclo de busca constante de qualidade. Para tanto, pode-se fazer um paralelo com o que diz Alves (2000, p. 129):

... Lá está ela na cozinha, em meio a panelas, facas, garfos, colheres, temperos, óleos, gorduras, ingredientes de todo tipo, enquanto o fogo crepita no fogão... Pode procurar à vontade: você não a verá consultando um livro de receitas. Livro de receitas é para os aprendizes e não para os mestres. E ela “prova” a sopa: Põe na boca uma colher do caldo a ser servido. Ela fecha os olhos para garantir o melhor gosto. E, ao fazer isso, ela prova ao mesmo tempo outra sopa, sopa que não existe em lugar algum, só na sua imaginação de prazer. É a comparação do gosto da sopa que está na colher com o gosto da sopa que está na imaginação que faz com que ela diga: um pouquinho mais disto, uma pitada a mais daquilo... Até que vem a aprovação: a sopa da panela está igual à sopa da imaginação. Qualidade total aprovada. Nada melhor. Pode ser servida. O prazer está garantido.

Com o desenvolvimento de muitas áreas do conhecimento, muitos produtos foram criados e/ou melhorados. “A inovação tecnológica se tornou um elemento essencial do sistema capitalista como um fator de aumento dos lucros, importante na concorrência entre

empresas” é o que diz Hamburger (1989, p. 56). Esta constatação mostra a necessidade de colocar o aluno e, em consequência, o trabalhador brasileiro, atualizado com as novas tecnologias aplicadas, e ainda, a necessidade de se aumentar a quantidade e qualidade de centros de pesquisa no Brasil, pois, segundo o mesmo autor, grandes empresas são, em grande parte, subsidiárias de multinacionais, cujos laboratórios e centros de pesquisa estão no exterior.

Tratando-se especificamente da melhoria de qualidade no ensino de Física desde o ensino médio, uma contribuição poderá ser dada a partir de pesquisas realizadas com este fim, e melhorias sutis em pontos específicos, porém, consistentes, certamente decorrerão deste processo, pois se faz necessário que os alunos entendam melhor dos conteúdos que estão tratando na disciplina, e não trabalhar cada vez mais conteúdos sem ter o entendimento adequado dos mesmos.

Como complemento de pesquisas a partir deste trabalho, portanto, são necessárias pesquisas visando à definição de outros materiais que possam ser usados em sala de aula, na disciplina de Física, com o mesmo desenvolvimento metodológico que foi utilizado neste trabalho.

Há também necessidades de se desenvolver pesquisas visando envolver outros tópicos de Física que não foram contemplados neste trabalho, visando abrangência de um número maior de conteúdos que possam ser inter-relacionados e melhor integrados, melhorando a sua interpretação em várias nuances.

Outro aspecto que deverá ser avaliado por pesquisas é a aplicação do mesmo método em outras disciplinas, nas quais as dificuldades são similares às da disciplina de Física, tornando desta maneira mais suave e integrado o conteúdo e, conseqüentemente, maior nível de aprendizado.

Vale ainda lembrar que poderão ser desenvolvidas pesquisas visando à redefinição dos tópicos a serem trabalhados no ensino médio, além da Física, em outras disciplinas, visando um enfoque no qual os alunos efetivamente aprendam os conteúdos que estão trabalhando em sala de aula, para que não utilizem somente o artifício da memorização na tentativa de realizar esta atividade cognitiva.

Outra fonte para pesquisa onde há necessidades semelhantes é o ensino superior, aonde o aluno deverá chegar, principalmente nas engenharias, com o conhecimento de muitos conceitos de física de maneira mais sólida, pois neste nível de ensino ele necessitará ampliar esta visão inicial num nível teórico mais avançado e, portanto, maior de abstração.

## REFERÊNCIAS

AEBLI, H. **Prática de ensino:** formas fundamentais de ensino elementar, médio e superior. Petrópolis (RJ): Vozes. 1970.

ALVES, R. **Conversas com quem gosta de ensinar:** (+qualidade total na educação). Campinas (SP): Papirus. 2000.

\_\_\_\_\_. **Entre a ciência e a sapiência.** São Paulo. Loyola. 2003

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional.** Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARBOSA, E. F.; et al. **Gerência da qualidade total na educação.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília: MEC; Secretaria de Educação Básica, 2008. (Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2)

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília. MEC; SEMTEC, 2002.

DIAZ BORDENAVE, J.; PEREIRA, A.M. **Estratégias de ensino-aprendizagem.** Petrópolis (RJ): Vozes. 1991.

CAMPOS, V. F. **TQC:** controle da qualidade total. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni; Rio de Janeiro: Bloch, 1992.

DEMO, P. **O universitário de física.** Entrevista. Disponível em:  
<<http://universitariodefisica.blogspot.com/2008/01/entrevista-com-pedro-demo.html>>  
Acesso em 22 jan. 2008.

\_\_\_\_\_. **Trabalhar e aprender, aprender a trabalhar.** Entrevista. Disponível em:  
<[http://www.projeto.org.br/tv/prog02/htm/i\\_02\\_02.html](http://www.projeto.org.br/tv/prog02/htm/i_02_02.html)> Acesso em 22 jan. 2008.

FOGAÇA, A.; SALM. C., Educação, trabalho e mercado de trabalho no Brasil. **Revista ciência e cultura**, São Paulo, v. 58, n. 4, p. 42-43, out./ nov. 2006. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v58n4/a21v58n4.pdf>> Acesso em 15 ago. 2008.

GALDEANO, A. S. As competências na educação profissional brasileira. **Educação Profissional: Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 199-207, jan./jun. 2007. Disponível em: <<http://revista.facsenac.com.br/index.php/edupro/article/view/55/22>> Acesso em: 15 jul. 2009.

GARCIA, R. **O conhecimento em construção**: das formulações de Jean Piaget à teoria de sistemas complexos. Porto Alegre: Artmed, 2002.

GIBSON, R. L. **Orientação para a escolha profissional**. São Paulo: EPU, 1975.

HAMBURGER, E. W. **O que é física**. São Paulo: Brasiliense, 1989.

IEEE, Learn objects Metadata. Disponível em: <http://itsc.ieee.org.br/ws12/index.html>, Acesso em jan. 2009.

JESUS, V. L. B.; MARLASCA, C.; TENÓRIO, A. Ludião versus princípio do submarino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 599-603, dez. 2007. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/070705.pdf>>. Acesso em 7 ago. 2010.

MACEDO, R. O universitário de física. Entrevista. Disponível em: <<http://universitariodefisica.blogspot.com/2008/01/entrevista-com-pedro-demo.html>>. Acesso em 22 jan. 2008.

MERCER NETO, I.; VOLPATO, N.; JUNQUEIRA, S. L. M. O papel de protótipos virtuais e físicos no desenvolvimento de produto: um estudo de caso. **Tecnologia e Humanismo**, Curitiba, v. 20, n. 30, p. 109, 2006.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 3., 2000, Lisboa, (Peniche). **Atas...** Lisboa, 2000. p. 33-45.

\_\_\_\_\_. (Org.) **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud**: o ensino de ciências e a investigação nesta área. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2004.

\_\_\_\_\_. **Teorias da aprendizagem.** São Paulo, EPU, 1999.

MORETTO, V. P. **Construtivismo:** a produção do conhecimento em aula. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

MORIN, E. **A cabeça bem feita:** repensar a reforma, reformar o pensamento. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

\_\_\_\_\_. **Os sete saberes necessários à educação do futuro.** 12ª ed. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2007.

MUTTI, G. **Como funcionam os submarinos nucleares.** Disponível em: <http://pbrasil.wordpress.com/2010/07/28/como-funcionam-os-submarinos-nucleares/> Acesso em: 2 ago. 2010.

OIT (Organização Internacional do Trabalho) **Certificação de competências profissionais:** relatos de algumas experiências brasileiras. Brasília: OIT, 2002.

PARRY, S. B. The quest for competences. **Training Magazine**, Minerápolis, v. 33, n. 7, p.48-54, jul. 1996.

PONTES NETO, J. A. Teoria da aprendizagem significativa crítica de David Ausubel: perguntas e respostas. **Série Estudos - Periódico do Mestrado em Educação da UCDB**, Campo Grande (MS), n. 21, p. 117-130, jan/jun.2006. Disponível em: [http://www.ucdb.br/serieestudos/publicacoes/ed21/08\\_Jose\\_Augusto.pdf](http://www.ucdb.br/serieestudos/publicacoes/ed21/08_Jose_Augusto.pdf) Acesso em: 7 nov. 2009.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. Ensino de física: tendências e desafios na prática docente. **Revista Iberoamericana de Education**, n. 42/7, p. 1-12, maio 2007. Disponível em: <http://www.rieoei.org/deloslectores/1770Rosa.pdf> Acesso em: 12 set. 2009.

SANTANA, I. M. **Por que avaliar?** Como avaliar? Critérios e instrumentos. 3ª ed. Petrópolis (RJ): Vozes. 1999.

SILVA, C. S. **Medidas de avaliação em educação.** Petrópolis (RJ): Vozes, 1992.

TEIXEIRA, E. **As três metodologias:** acadêmica, da ciência e da pesquisa. Petrópolis (RJ): Vozes, 2005.

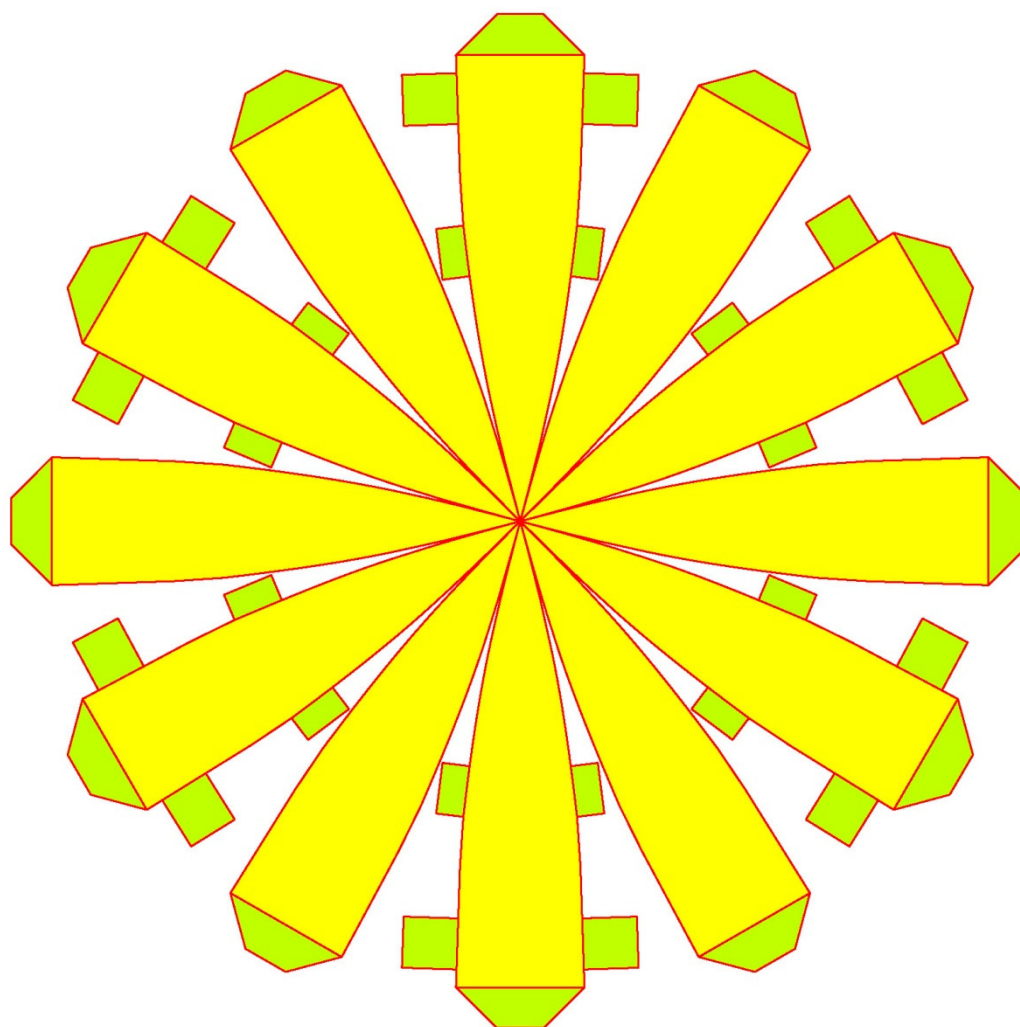
## **APÊNDICE A - Ilustrações**



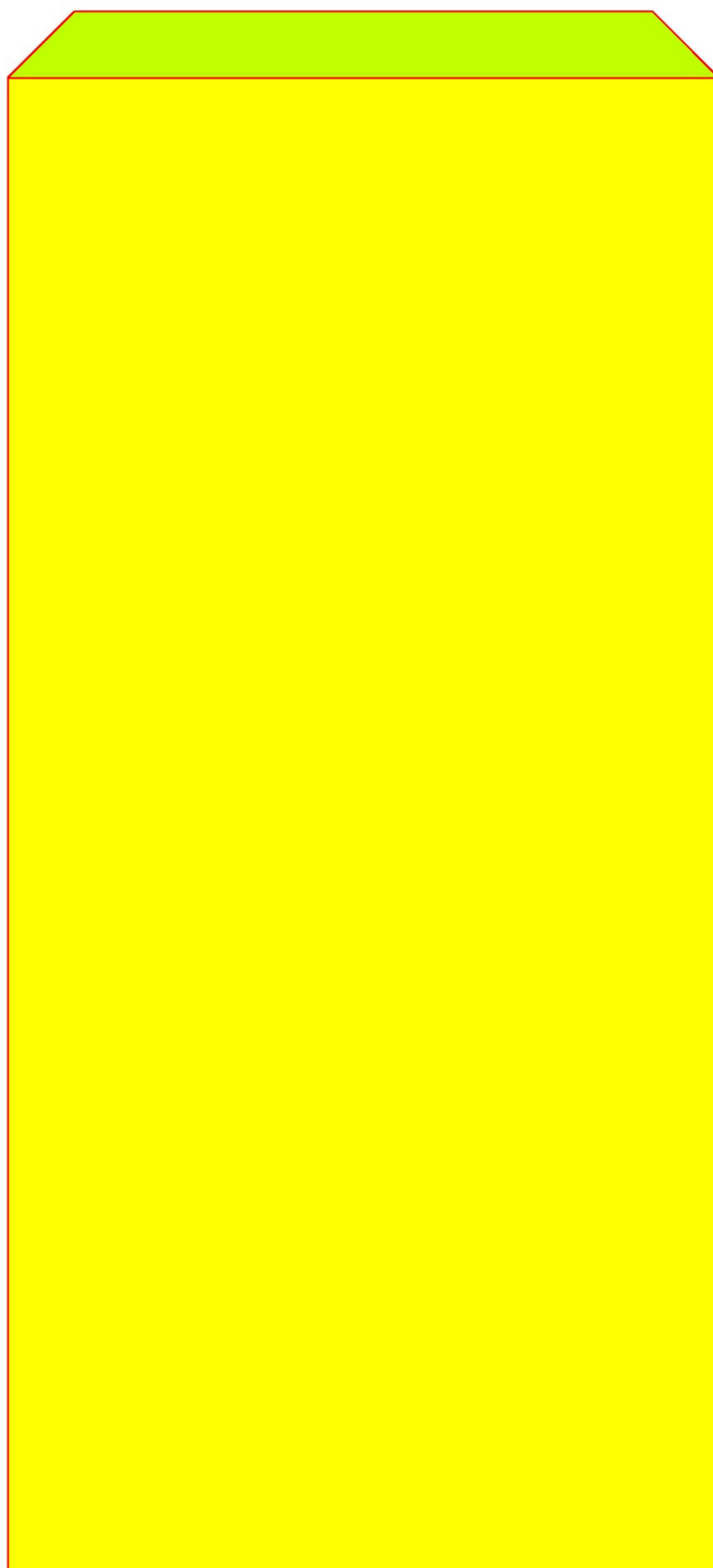
Os desenhos a seguir, do 10 ao 24, são as partes planificadas para cópia, recorte e montagem do protótipo em papel, por colagem, apenas para uso didático. É proibida a reprodução e utilização para fins comerciais sem autorização prévia.

Uma sugestão para a sequência de montagem, conforme as fotografias 8 a 11, é:

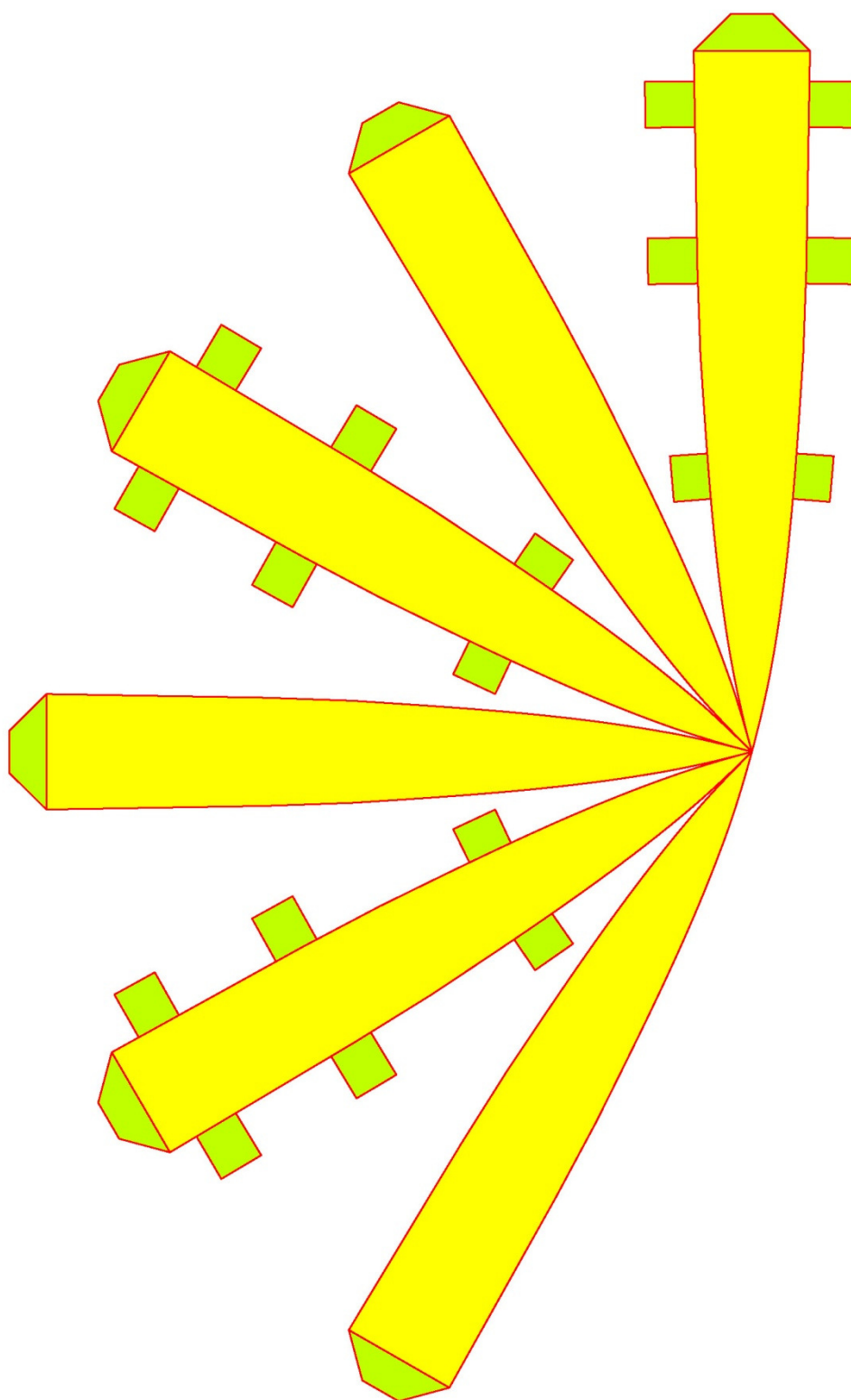
- 1 - Parte frontal com estabilizadores;
- 2 - Parte posterior com estabilizadores, leme, hélice e anel direcionador;
- 3 - Corpo central com cabine completa, com janelas e tampa;
- 4 - Juntar as três partes montadas.



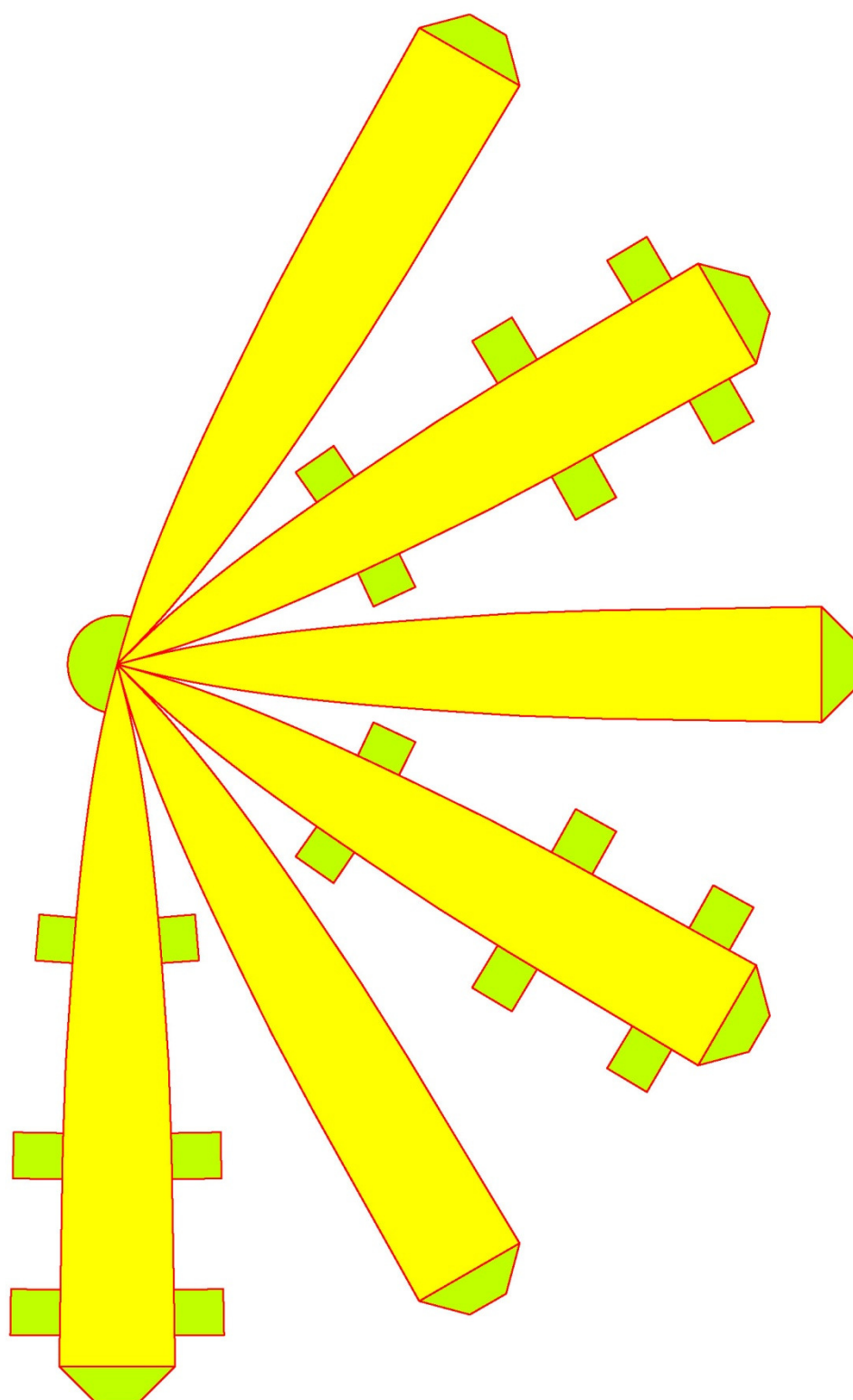
**Desenho 10 - Parte frontal**  
**Fonte: Autoria própria**



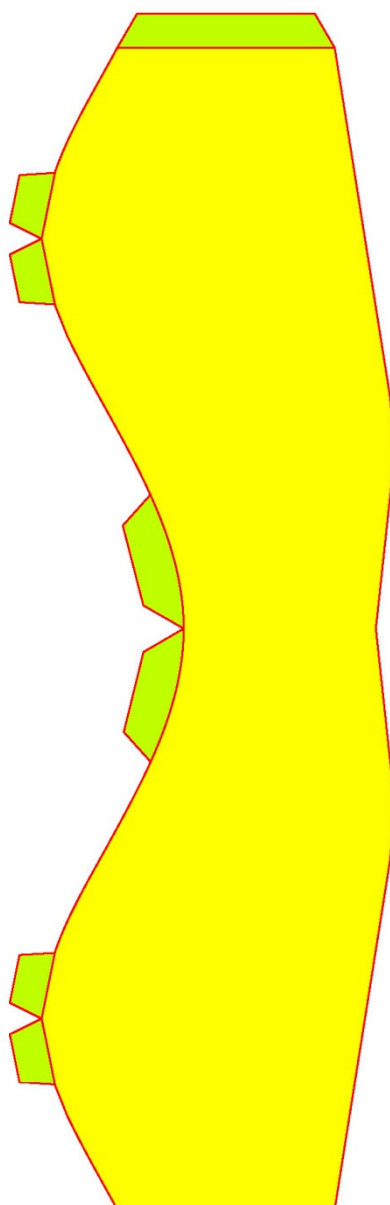
**Desenho 11 - Corpo - parte central**  
**Fonte: Autoria própria**



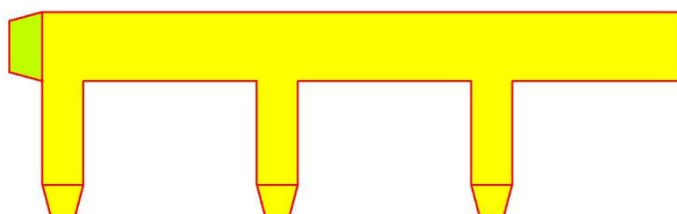
**Desenho 12 - Parte posterior - A**  
**Fonte: Autoria própria**



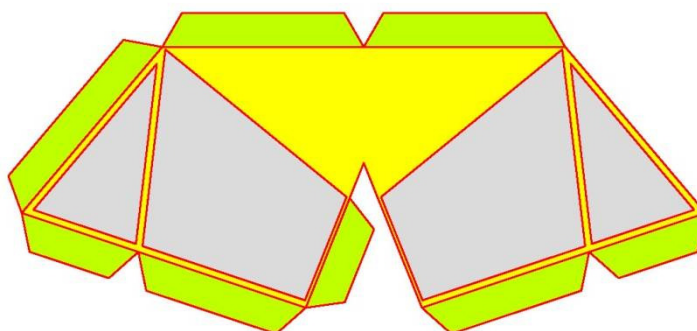
**Desenho 13 - Parte posterior - B**  
**Fonte: Autoria própria**



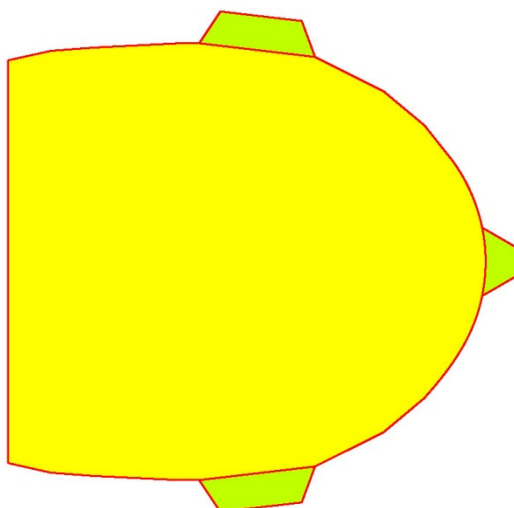
**Desenho 14 - Cabine**  
**Fonte: Autoria própria**



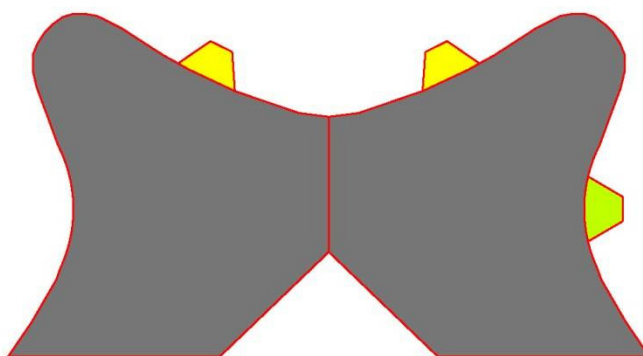
**Desenho 15 - Direcionador de fluxo e proteção da hélice**  
**Fonte: Autoria própria**



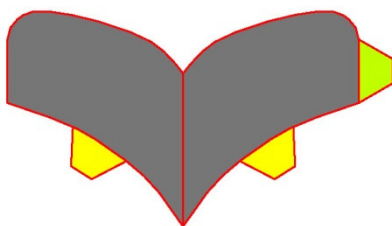
**Desenho 16 - Parte frontal da cabine (janelas)**  
**Fonte: Autoria própria**



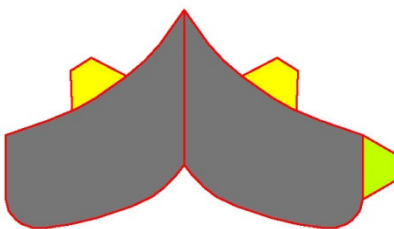
**Desenho 17 - Porta da cabine**  
**Fonte: autoria própria**



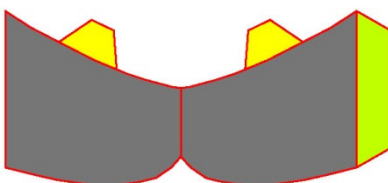
**Desenho 18 - Leme de direção**  
**Fonte: própria**



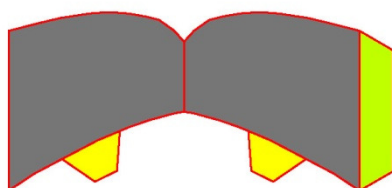
**Desenho 19 - Estabilizador dianteiro direito**  
**Fonte: Autoria própria**



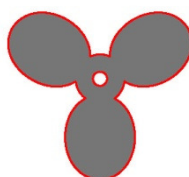
**Desenho 20 - Estabilizador dianteiro esquerdo**  
**Fonte: Autoria própria**



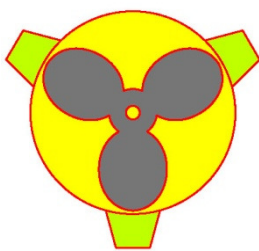
**Desenho 21 - Estabilizador traseiro esquerdo**  
**Fonte: Autoria própria**



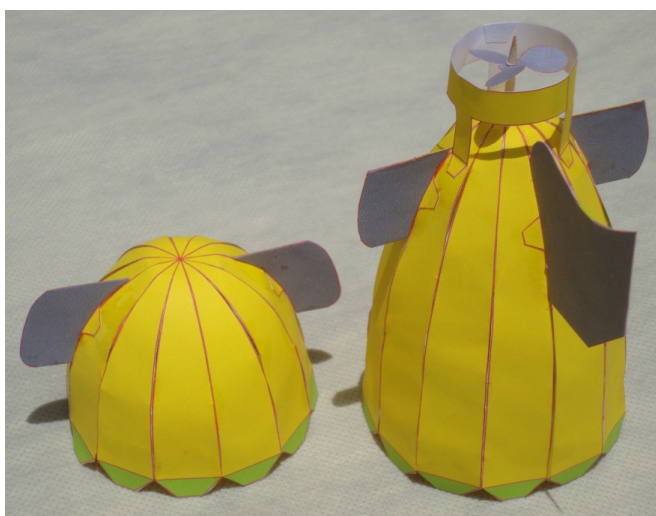
**Desenho 22 - Estabilizador traseiro direito**  
**Fonte: Autoria própria**



**Desenho 23 - Hélice - opção 1**  
**Fonte: Autoria própria**



**Desenho 24 - Hélice - opção 2**  
**Fonte: Autoria própria**

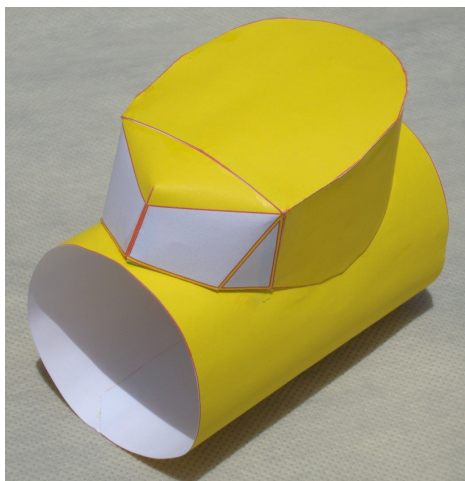


**Fotografia 8 - Parte frontal, posterior, com estabilizadores e leme montados, utilizando a opção 1 para a hélice**  
**Fonte: Autoria própria**

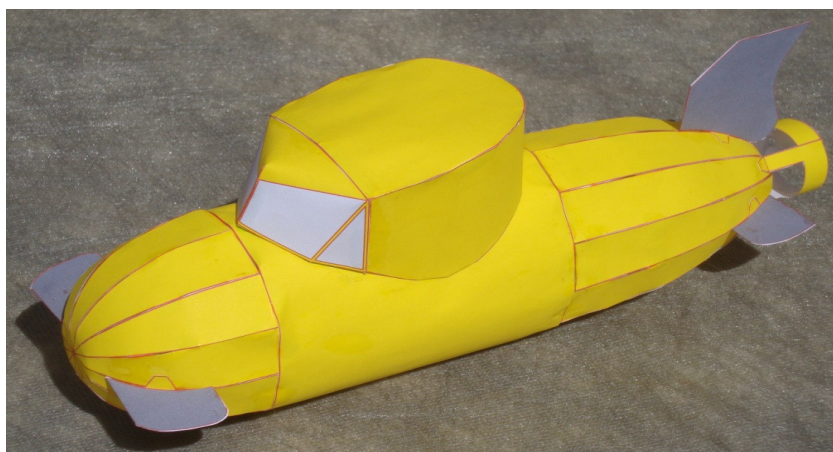


**Fotografia 9 - Parte frontal, posterior, com estabilizadores e leme montados, utilizando a opção 2 para a hélice**  
**Fonte: Autoria própria**

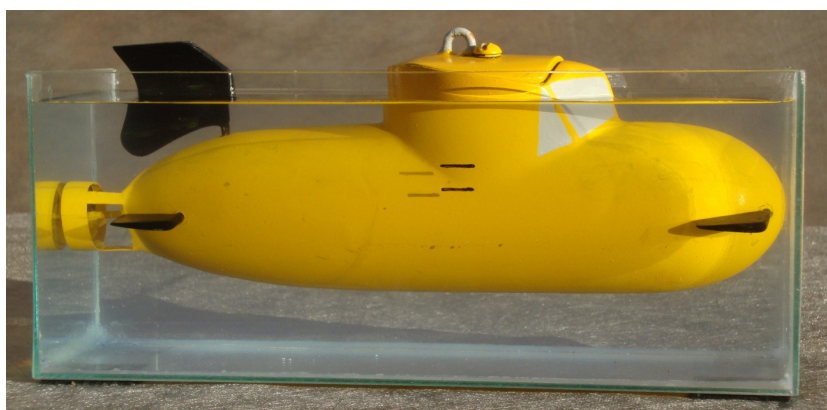




**Fotografia 10 - Cabine completa e corpo, montados**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 11 - Protótipo montado**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 12 - Protótipo flutuando na superfície da água - vista lateral**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 13 - Alunos da 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 14 - Alunos da 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**





**Fotografia 15 - Alunos da 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 16 - Alunos da 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**

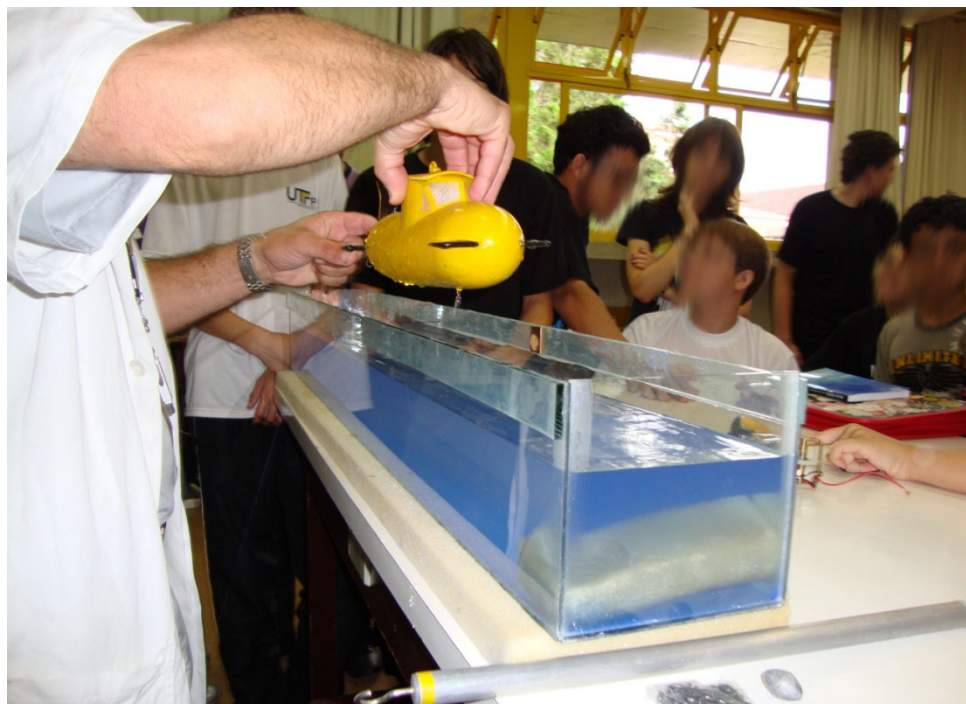


**Fotografia 17 - Alunos da 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 18 - Alunos da 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**





Fotografia 19 - Alunos da 1ª série  
Fonte: Autoria própria



Fotografia 20 - Atividade na 1ª série  
Fonte: Autoria própria



**Fotografia 21 - Alunos da 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 22 - Atividade na 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**





**Fotografia 23 - Alunos da 1ª série**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 24 - Alunos da 3ª série**  
**Fonte: Autoria própria**



**Fotografia 25 - Alunos da 3ª série**  
**Fonte: Autoria própria**