

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA – FCET**

HIDERALDO CORBOLIN GUEDES

**A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE FÍSICA NO 9º ANO DO ENSINO
FUNDAMENTAL: AS RELAÇÕES DE PROPORCIONALIDADE COMO
ORGANIZADORES PRÉVIOS.**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2015

HIDERALDO CORBOLIN GUEDES

**A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE FÍSICA NO 9º ANO DO ENSINO
FUNDAMENTAL: AS RELAÇÕES DE PROPORCIONALIDADE COMO
ORGANIZADORES PRÉVIOS.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção o título de mestre em Educação Científica e Tecnológica do Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica – FCET da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Orientador: Prof. Dr. Mário Sérgio Teixeira de Freitas

CURITIBA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica

**TERMO DE APROVAÇÃO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 6/2015**

A aprendizagem significativa de física no 9º ano do ensino fundamental: as relações de proporcionalidade como organizadores prévios

por

Hideraldo Corbolin Guedes

Esta dissertação foi apresentada às 13h30 do dia 12 de junho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ensino de Ciências**, com área de concentração em *Ciência, Tecnologia e Ambiente Educacional* e linha de pesquisa *Formação de Professores de Ciências* do Mestrado Profissional do **Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica**. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Mário Sérgio Teixeira de Freitas

(UTFPR – orientador)

Profª Drª Cláudia Regina Xavier

(UTFPR)

Prof. Dr. Sérgio Camargo

(UFPR)

RESUMO

GUEDES, HIDERALDO C. **A aprendizagem significativa de física no 9º ano do ensino fundamental: As relações de proporcionalidade como organizadores prévios.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, 2015.

Ensinar os conteúdos de Física no 9º ano do Ensino Fundamental tem sido um desafio para os Professores de Ciências, tanto pela possível falta de preparo como pela falta de interesse. Apesar das Diretrizes Estaduais orientarem para um ensino que tenha implicações na superação de obstáculos conceituais, construída a partir da interação entre o conhecimento científico e os conhecimentos prévios estabelecidos na vida cotidiana, boa parte dos Professores ainda abordam os conteúdos de Física de maneira mecanicista e fragmentada. Geralmente, a abordagem segue a relação de tópicos indicado em algum livro didático adotado previamente. No entanto, devido a importância da Física frente ao desenvolvimento tecnológico e também frente à disseminação das tecnologias na sociedade e, pelo fato de que o entendimento qualitativo dos conhecimentos físicos pode facilitar discussões futuras e a educação científica, justifica-se tentar contribuir para melhoria do ensino de Física nesta série. Neste sentido, foi elaborada uma sequência didática sobre pressão, com a intenção de estimular o processo ensino-aprendizagem deste assunto fazendo uso do conhecimento prévio de proporcionalidade existente na estrutura cognitiva dos alunos. Como referencial teórico foi utilizada a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. A proposta foi elaborada a partir da ideia de que existe relações de proporcionalidade entre as grandezas que definem o conceito de pressão. Assim, num primeiro momento, foi feito um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos. Em seguida, fizemos uso de situações-problema focalizados no cotidiano dos estudantes, objetivando apresentar um organizador prévio sobre as relações de proporcionalidade discutidas em questões de abrangência geral. A partir daí o assunto pressão foi abordado de maneira específica, buscando a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A implementação do trabalho foi realizada em uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental do Colégio Estadual do Paraná (CEP), em Curitiba, PR, durante o 4º bimestre do ano letivo de 2014. As atividades desenvolvidas foram analisadas de forma qualitativa a partir de dados obtidos das situações-problema resolvidas pelos alunos. A análise dos resultados obtidos, apontaram indícios de aprendizagem significativa, que é o objetivo da sequência didática.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa. Proporcionalidade. Situação-problema. Ensino-aprendizagem

ABSTRACT

GUEDES, HIDERALDO C. **Meaningful learning of physics in the 9th grade of elementary school: The relationship of proportionality as previous organizers.** Dissertation (Master) - Federal Technological University of Paraná , UTFPR , Curitiba, 2015 .

Teaching Physics of content in the 9th grade of elementary school has been a challenge for science teachers, both by the possible lack of preparation as a lack of interest. Despite the State Guidelines geared to teaching that has implications in overcoming conceptual obstacles, built from the interaction between scientific knowledge and previous knowledge set out in everyday life, most of the teachers also address the physical content of mechanistic and fragmented way . Generally, the approach follows the relationship of topics mentioned in any textbook adopted previously. However, because of the importance of physical front of the technological development and also against the dissemination of technologies in society and the fact that the qualitative understanding of physical knowledge can facilitate future discussions and scientific education, it is justified to try to contribute to improving the teaching of physics at series. In this sense, a didactic sequence of pressure was drafted with the intention of stimulating the teaching-learning process of this subject making use of prior knowledge of existing proportionality in the cognitive structure of students. The theoretical framework was used the theory of meaningful learning of David Ausubel. The proposal was developed from the idea that there is proportionality relations between the quantities defining the concept of pressure. So, at first, was made a survey of students' prior knowledge. Then we made use of focused problem situations in daily life of students, aiming at presenting a previous organizer on the relationship of proportionality discussed in general range of issues. From there, the subject pressure was approached in a specific way, seeking the progressive differentiation and integrative reconciliation. The implementation of the work was carried out in a class of 9th grade of elementary school of the State of Paraná College (CEP), in Curitiba, Pr, during the 4th quarter of the school year 2014. The activities were analyzed qualitatively from the data obtained from problem situations resolved by the students. The analysis of results showed significant learning of evidence, which is the goal of the teaching sequence developed .

Keywords: Meaningful learning. Proportionality. Problem situation. Teaching and learning

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01:	Rendimento “Restaurante por quilo” x Categorias.....	49
Gráfico 02:	Evolução do conceito de proporcionalidade direta.....	51
Gráfico 03:	Evolução do conceito de proporcionalidade inversa.....	51
Gráfico 04:	Percentual questão 3 – relação área/foça.....	60
Gráfico 05:	Percentual questão 4 – existência de relações válidas.....	61
Gráfico 06:	Questão1 – parte 2 – Conceito científico/conceito senso comum....	63
Gráfico 07:	Questão 2 – parte 2 – Relação correta/incorreta.....	64
Gráfico 08:	Fazendo alguns cálculos.....	65
Gráfico 09:	Comparativo entre o item “a” e “b” da questão 1 da avaliação de aprendizagem.....	69
Gráfico 10:	Cálculo da pressão – questão 2 “a”.....	71
Gráfico 11:	Uso da unidade de medida – questão 2 “a”.....	72
Gráfico 12:	A força peso como constante – questão 2 “b”.....	73
Gráfico 13:	Proporcionalidade inversa – questão 2 “b”.....	73
Gráfico 14:	Percentual de alunos em cada categoria.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 01:	Grandezas Físicas comuns às Diretrizes Curriculares Estaduais de Ciências (DCEC), ao livro didático e ao Plano de Trabalho Docente (PTD)	41
Quadro 02:	Grandezas Físicas e as possíveis relações de proporcionalidade...	42
Quadro 03:	Panorama de acertos/erros da turma com relação ao uso da proporcionalidade na primeira atividade.....	45
Quadro 04:	Lista de elementos utilizados para avaliação de respostas dadas às situações-problema.....	47
Quadro 05:	Critérios utilizados para categorização das respostas dadas às situações-problema.....	47
Quadro 06:	Relação de categorias por número de alunos em cada item da situação-problema “restaurante por quilo”	49
Quadro 07:	Relação de categorias por número de alunos em cada item da situação-problema “vazão”	50
Quadro 08:	Percentual de entendimento do conceito da força peso.....	56
Quadro 09:	Percentual de entendimento de pressão como sendo força por área.....	58
Quadro 10:	Critérios utilizados no processo de categorização.....	68
Quadro 11:	Relação do número de alunos por categoria.....	69
Quadro 12:	Critérios utilizados na análise da segunda questão da avaliação da aprendizagem.....	71
Quadro 13:	Lista de elementos utilizados na avaliação de aprendizagem por situação-problema.....	75
Quadro 14:	Critérios utilizados para especificação de categorias.....	76
Quadro 15:	Relação de alunos por categoria na verificação de aprendizagem...	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 01:	Representação Simbólica do Princípio da Assimilação.....	18
Figura 02:	Resolução da atividade “Restaurante por Quilo”	52
Figura 03:	Resolução da Atividade “Vazão” – Proporcionalidade Direta...	53
Figura 04:	Resolução da Atividade “Vazão” – Proporcionalidade Indireta.	54

LISTA DE ABREVIATURAS

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

CEP – Colégio Estadual do Paraná

DCEC – Diretrizes Curriculares Estaduais de Ciências

FMI –Fundo Monetário Internacional

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

MEC – Ministério da Educação e Cultura

NR – Não Resolveu

PNLD – Programa Nacional do Livro Didático

PTD – Plano de Trabalho Docente

RCUP – Resolução Correta Utilizando Proporcionalidade

RCSP – Resolução Correta Sem a utilização da Proporcionalidade

RICP – Resolução Incorreta Com a utilização de Proporcionalidade

RISP – Resolução Incorreta Sem a utilização de Proporcionalidade

SEED/PR – Secretaria de Estado da Educação do Paraná

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação à Ciência e a Cultura

UFPR – Universidade Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

\propto	É proporcional
F	Força
M	Massa
d	Distância
a	Aceleração
ρ	Densidade
V	Volume
P	Pressão
A	Área
v	Velocidade
ΔS	Varição de posições
Δt	Intervalo de tempo
Δv	Varição de velocidades
W	Trabalho
P_{ot}	Potência
Q	Quantidade de carga elétrica
i	Intensidade de corrente elétrica
ΔQ	Varição de carga elétrica
U	Diferença de potencial elétrico
R	Resistência elétrica
L	Comprimento de condutor elétrico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 EM BUSCA DA IDENTIDADE PERDIDA	2
1.2 JUSTIFICATIVA	4
1.3 HIPÓTESE	5
1.4 QUESTÃO DE PESQUISA.....	5
1.5 OBJETIVO GERAL	6
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS: ALGUMAS REFLEXÕES	8
2.2 ASPECTOS HISTÓRICOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	12
2.3 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	14
2.4 PESQUISA QUALITATIVA.....	21
3 METODOLOGIA	24
3.1 A INSTITUIÇÃO DE ENSINO.....	24
3.1.1 Descrição da turma	25
3.2 INSTRUMENTOS PARA CONSTITUIÇÃO DE DADOS	25
3.3.1 Temas elencados nas DCEC, Livro Didático e PTD	27
3.3.2 As atividades propostas	28
3.4 O DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES EM SALA DE AULA	34
3.5 A AVALIAÇÃO.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.2 ANÁLISE DE DADOS DA PRIMEIRA ATIVIDADE	44
4.3 ANÁLISE DE DADOS DA SEGUNDA ATIVIDADE	46
4.4 ANÁLISE DE DADOS DA TERCEIRA ATIVIDADE.....	55
4.5 ANÁLISE DE DADOS DA AVALIAÇÃO	67
4.5.1 Primeira Questão: Corrida com “pernas de pau na areia”	67
4.5.2 Segunda Questão: Pressão inversamente proporcional à área	70
4.5.3 Terceira Questão: Altura de uma coluna e pressão constante	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
6 REFERÊNCIAS	82
APÊNDICE A – Sequência didática	85
APÊNDICE B – Levantamento dos Bairros onde Residem os Alunos	103
APÊNDICE C – Conteúdos Estruturantes, Básicos e Específicos das DCEC ..	104
APÊNDICE D – Conteúdos Elencados no Livro Didático	106
APÊNDICE E – Conteúdos Estruturantes, Básicos e Específicos no PTD	107
APÊNDICE F – Diálogo entre Professor e Alunos	109

APÊNDICE G – IDEB das escolas do Estado Paraná e do CEP	110
--	------------

1 INTRODUÇÃO

Apesar de estarmos em pleno século XXI, ensinar as disciplinas de Ciências Naturais e mais especificamente a física, apresenta dificuldades similares às que os professores do início do século XX enfrentavam. Assim como eles, ainda hoje se verifica nas escolas (principalmente nas públicas), dificuldades que já deveriam ter sido superadas, mas, que ainda insistem em assombrar o corpo docente. São elas: a falta de formação adequada dos profissionais do ensino de Física, a falta de espaço e material didático adequado, o formalismo mecanicista, a carga horária cada vez mais reduzida, a pesquisa para o ensino relegada a segundo plano, o professor tratado como técnico e não como pesquisador da Educação em Ciências. Com todos esses obstáculos a serem superados, o ensino das Ciências acaba sendo de qualidade inferior e, pior ainda, um tormento para aqueles que são o fim da educação: os alunos. Gaston Bachelard (1884-1962) indignava-se com a forma de ensino vigente de sua época e, parece que as suas angústias continuam atuais para os docentes deste século:

Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda (...) Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos; não se trata, portanto de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (BACHELARD, 1996, P.23)

Como Professor compartilho da insegurança que temos ao ensinarmos Ciências, ou outra disciplina, nos dias de hoje. São inúmeras as questões que norteiam o ensino e, ao longo desta pesquisa, tentarei argumentar no sentido de dar respostas a algumas delas. De início, busco minha identificação na tentativa de me situar dentro da pesquisa realizada.

1.1 EM BUSCA DA IDENTIDADE PERDIDA

Nesta época da vida, aos 48 anos, escrever uma dissertação de mestrado parece-me uma tarefa muito difícil. Não que seria fácil em tempos anteriores. Mas o que foi vivido até agora não seria um obstáculo a ser vencido 20 anos atrás. Pode parecer contraditória essa afirmação. Mas, as experiências profissionais até agora sedimentadas em minha carreira de professor, foram construídas sobre bases empíricas, guiadas por conceitos intuitivos, desprovidas de cunho científico. Assim, a dificuldade reside em deixar de lado certos vícios e ideias do senso comum, em favor de procedimentos cujo alicerce está firmado na ciência.

Desde criança, tive contato com a leitura ouvindo a minha avó paterna que lia histórias fantásticas não sei bem se para ela ou para mim. Já adolescente tinha contato com demonstrações de teoremas através dos meus tios fascinados pela matemática. Ou ainda, aprendia os primeiros caminhos do desenho técnico ou a mão livre com meu pai e minha tia. A minha trajetória dentro da escola foi percorrida inicialmente na minha cidade natal, Laranjeiras do Sul - PR e, posteriormente, por necessidade familiar mudamos para Pitanga-PR. Nesta cidade, cursei desde a 5ª série até a 8ª série do ensino fundamental. Aos 14 anos fui mandado para estudar em Curitiba-PR, agora em uma escola particular.

Em 1984, ingressei no curso de engenharia elétrica da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Cursei por algum tempo a engenharia, mas, por falta de recursos, me dispus a trabalhar como professor acadêmico¹. Lembro-me como se fosse ontem o diretor da escola estadual Bom Pastor, situado no bairro Vista Alegre de Curitiba, me indagando: *Você já deu aula alguma vez na vida?* Respondi que não. Após alguns momentos de silêncio, ele pega dois livros de matemática e diz: *venha comigo, a turma está te esperando*. Era uma turma de sétima série e estavam estudando sistema de equações. Ali começou minha carreira de professor. Ao final do ano letivo tinha encontrado minha vocação.

Abandonei o curso de engenharia e entrei no curso de Física, na UFPR. Na época me pareceu o mais adequado pois era das Ciências Exatas e me faria um

¹ Na época, todo Professor que lecionava sem ser graduado, mas estava cursando a Universidade, era chamado comumente de Professor Acadêmico.

Licenciado em Física, prerrogativa necessária para preencher as condições legais no exercício da profissão de professor. Me formei em 1996 e, já com certa experiência, passei a lecionar em colégios particulares até que em 2003, através de concurso público, ocupei vaga de professor na rede pública, onde estou até hoje.

Após vinte e dois anos como professor do Ensino médio, sendo onze deles trabalhados no Colégio Estadual do Paraná (CEP), buscando verificar quais as dificuldades dos alunos na aprendizagem dos conceitos trabalhados na disciplina de Física, surgiu a oportunidade em pesquisar sobre a maneira de ensinar de tal modo que haja facilitação do entendimento desses conteúdos por parte dos alunos. Por verificar em terceiros anos, turmas que geralmente leciono, resoluções de problemas fazendo uso direto de fórmulas, mecanicamente, irrefletidamente, mostrando que o hábito adquirido ao longo dos anos de não pensar ainda permanecia em suas ações (mesmo com o incentivo do Professor), ficou claro para mim que o ensino de ciências ainda está voltado para a acumulação de conceitos, cujo objetivo é a assimilação do conhecimento por memorização. Isto me fez ponderar sobre começar a ensinar física a partir de séries anteriores à do ensino médio, mas, em vez de fazer uso de recursos matemáticos mais elaborados, porque não utilizar as relações de proporcionalidade, já que elas estão presentes em muitas das relações entre grandezas físicas? Enfim, a motivação desta pesquisa foi a falta de reflexão existente em turmas de ensino médio com relação às ciências, que pode ser causada pelo hábito de resolver mecanicamente os problemas propostos. Quem sabe, se acostumados a refletir nas relações entre grandezas envolvidas nas ciências desde faixas etárias menores, isto poderia tornar o aprendizado potencialmente mais significativo e, com isso, a formação destes alunos estaria sendo levada a um nível adequado.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho teve início em observações feitas em sala de aula. Então, ele tem um caráter prático. Destas observações, nota-se um problema inserido no contexto de um ensino de ciências que é inócuo, onde prioriza-se o mecanicismo e o atingir índices estatísticos. O tema proposto é relevante no sentido de que o que se ensina na escola tem sido distante da realidade do aluno e, o estudo das grandezas envolvidas nas ciências a partir de observações de como elas se relacionam entre si proporcionalmente, poderia diminuir o abismo existente entre o que se estuda e o que se pratica.

Além disso, ao se fazer um levantamento dos conceitos físicos ensinados na escola, nota-se que boa parte deles mantém em suas características relações de proporcionalidade entre as grandezas que as definem. Então, o conhecimento das relações de proporcionalidade se faz importante para o entendimento conceitual da Física que é ensinada na escola e, em várias aplicações na solução de problemas do cotidiano.

Ainda, devido à dificuldade dos alunos em assimilar as proposições relativas à Física, ao adentrar em séries posteriores, ou porque não estudaram os princípios básicos no 9º ano, ou, se o fizeram, ela lhes foi apresentada com a priorização do enfoque matemático e não segundo seus conceitos, existe uma grande fenda entre o que é escrito em forma de símbolos matemáticos e o significado real deles. Ora, se não se entende a forma representativa dos conceitos, não faz sentido refletir sobre os resultados encontrados na solução de um problema. Dessa forma, acreditamos que a utilização das relações de proporcionalidade pode facilitar o ensino de Física no 9º do Ensino fundamental, pois, possibilitaria ao estudante prever antecipadamente a variação das grandezas envolvidas em situações-problema.

1.3 HIPÓTESE

Verifica-se a dificuldade existente entre os alunos para entender os conceitos de Ciências, em particular neste trabalho a física. Dado que as relações de proporcionalidade ocorrem cotidianamente e elas já são estudadas na disciplina de matemática e, ainda, por existir em grande parte do currículo de ciências grandezas que se relacionam proporcionalmente, então, a hipótese do trabalho é de que se melhorarmos o conhecimento conceitual através das relações de proporcionalidade, seria possível melhorar a eficiência para o entendimento dos conceitos elencados no currículo de Ciências do 9º ano do Ensino Fundamental.

Nesse sentido, acredita-se que o recurso de situações-problema pode contextualizar dentro de uma mesma estrutura, conteúdos de Física comumente estudados na escola integrados com o cotidiano. Este recurso pode possibilitar ao aluno refletir sobre diferentes caminhos a serem tomados na solução de um problema, e, ainda, fazer relações entre as grandezas envolvidas no processo.

1.4 QUESTÃO DE PESQUISA

Partindo do pressuposto de que o que se ensina na escola tem sido extremamente distante da realidade do aluno e a prática pedagógica vigente apresentada em sala de aula tem se mostrada ineficiente, buscaremos situar o nível de entendimento em que se encontram os alunos de uma turma de 9º ano do ensino fundamental do CEP, com relação à proporcionalidade. Estaremos investigando se é possível fazer uso das relações de proporcionalidade como conhecimento prévio para alavancar o ensino-aprendizagem dos conteúdos de física no 9º ano do ensino fundamental. Nossa questão de pesquisa ficou assim definida:

Quais as implicações da utilização da proporcionalidade direta e inversa como organizador prévio, por meio de situações-problema, na melhoria da aprendizagem dos conceitos de Física na disciplina de Ciências no 9º ano do ensino fundamental?

1.5 OBJETIVO GERAL

Analisar como a aprendizagem dos conceitos de física na disciplina de ciências do 9º ano do ensino fundamental é melhorada, quando os estudantes são submetidos à resolução de situações-problema envolvendo relações de proporcionalidade direta e inversa.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A fim de responder à questão de pesquisa delineou-se os seguintes objetivos:

- Identificar o tópico (conteúdo) a ser abordado e desenvolver uma sequência didática para seu ensino.
- Verificar qual o nível de entendimento que os alunos possuem com relação à proporcionalidade, propondo atividades elaboradas segundo situações recorrentes ao seu cotidiano, como parte da sequência didática;
- Propor atividades que promovam a associação entre as relações de proporcionalidade presentes no cotidiano dos alunos e aquelas que envolvem as grandezas físicas;
- Investigar os conhecimentos prévios e subsunçores que os estudantes já possuem sobre a grandeza física pressão;
- Averiguar se a sequência didática utilizando as relações de proporcionalidade como metodologia de ensino influenciou na apropriação do conceito de pressão pelos estudantes.

Tentando estabelecer as ligações necessárias entre aspectos diferentes que envolvem esta pesquisa, dividimos o trabalho em três partes. A primeira refere-se a esta introdução onde se situa minha trajetória dentro do processo e em seguida tracei um delineamento dos elementos básicos na execução de um projeto de pesquisa, quais sejam: justificativa, hipótese, objetivo geral, objetivos específicos e questão de pesquisa.

Na segunda parte, procuraremos situar a pesquisa dentro de um referencial teórico, buscando fundamentos para discussão do ensino de ciências no ensino fundamental bem como da teoria da aprendizagem significativa. Em seguida, apresentaremos uma reflexão sobre pesquisa qualitativa e o porquê da inserção deste trabalho nesta linha. Como o Pesquisador, no caso o Professor, participa ativamente

na causa da pesquisa (inclusive ocasionando mudanças de valores no próprio Professor), muitas vezes retornando ao ponto inicial quando verifica a ineficácia de atividades aplicadas, optamos por inserirmos a pesquisa qualitativa no modelo da pesquisa-ação.

A terceira parte busca descrever detalhadamente o caminho percorrido na execução do trabalho, mostrando os acertos e erros do processo. Ainda mostraremos nesta terceira parte a análise de dados fazendo uso de tabelas e gráficos estabelecendo conexão entre dados obtidos e referencial teórico. Por fim, faremos a conclusão do trabalho objetivando dar resposta à questão norteadora.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS: ALGUMAS REFLEXÕES

Como ensinar Ciências? Geralmente, quando se tenta responder a esta pergunta, utilizam-se várias tentativas de explicações metodológicas que acabam se tornando inadequadas. Logo, isto acaba sendo muito pouco, porque na verdade o Ensino de Ciências, mais especificamente a Física neste trabalho, se revela bem mais difícil de realizar, assim como, aprender. A Física não é a explicação da natureza, mas, de acordo com Gleiser (2000), “um processo de descoberta do mundo natural e de suas propriedades, uma apropriação desse mundo através de uma linguagem que nós, humanos, podemos compreender”. Então, qual seria a razão desse processo de descoberta ser tão custoso? Talvez, porque nesse processo de descoberta deve-se também haver uma tradução da observação para uma linguagem que todos possam tomar posse dela. Isto é, não basta olharmos atentamente um fenômeno, temos que descrevê-lo. E, a maneira utilizada para essa descrição são os modelos matemáticos. Aí é que reside a dificuldade e a razão do questionamento do como ensinar física. É um direito universal de todas as pessoas terem acesso a todo o conhecimento humano produzido, mas, parece que pelo menos a Física tem sido uma Ciência em que não se deseja a apropriação. Isto por que a natureza não parece tão apaixonante quando se olha todas as equações que são utilizadas para descrevê-la. A Secretaria do Estado da Educação do Paraná (SEED/PR) utiliza um pequeno parágrafo de Menezes (2005) ao introduzir o texto dos Parâmetros Curriculares em Física para o Estado do Paraná, para explicitar essas ideias:

Associar as leis de conservação com as propriedades do espaço e do tempo, cogitar sobre diferentes ordens que emergem e se transformam no domínio da vida e das máquinas, compreender as qualidades materiais em sua intimidade quântica, acompanhar quase o mítico surgimento das forças da natureza e a evolução do universo são atividades prazerosas que deveriam ser tomadas como direito universal. A importância desse conhecimento para as tecnologias e as práticas sociais contemporâneas, (...), deveria garantir sua presença na cultura da maioria das pessoas (...) sua relevância (histórica) e filosófica justifica aceitar o desafio de partilhar, com mais gente e com menos álgebra, a emoção dos debates, a força dos princípios e a beleza dos conceitos científicos. (MENEZES, 2005)

Nota-se que a importância do ensino da física não é questionada. O que se questiona na verdade é a matematização da Física. Aliás, este tema tem sido discutido nas escolas e em vários artigos nos últimos anos, como se pode verificar inclusive em documentos oficiais da SEED/PR (2006):

Entende-se que o ensino de física deve estar voltado para os fenômenos físicos, enfatizando-os qualitativamente, com redução da ênfase na formulação matemática sem, no entanto, perda da consistência teórica, visto que é importante a compreensão da evolução dos sistemas físicos, bem como das aplicações decorrentes dessa compreensão e suas influências na sociedade contemporânea.

A defasagem temporal entre a descoberta dos fenômenos e o desenvolvimento de aparatos tecnológicos desenvolvidos a partir de conhecimento oriundos das pesquisas em física e o seu ensino escolar tem sido constantemente criticada. O ensino de física deste século continua “medieval”, sem utilizar as ferramentas que a própria ciência propiciou o desenvolvimento e as críticas que apontam tal situação são muitas e bem razoáveis. Por outro lado, existem muitas propostas para mudanças, tais como a descrita por Kawamura e Housome (2003), no texto que apresenta os parâmetros curriculares nacionais para física:

É possível estabelecer novas escolhas e para isso seria necessário pensar em quais critérios utilizar. Esses critérios deveriam, entre outras condições, deixar de considerar o que um futuro profissional vai precisar saber para sua formação universitária, passando a tomar como referência o que precisará saber um jovem para atuar e viver solidariamente em um mundo tecnológico, complexo e em transformação. Os critérios básicos passam, então, a referir-se ao que esse jovem deve saber fazer, às competências em física que deve ter para lidar com o seu dia-a-dia, suas aspirações e seu trabalho. (KAWAMURA e HOUSOME, 2003)

Mas, por que e para que ensinar ciências? Uma das respostas à indagação estaria na presença das tecnologias no cotidiano de qualquer cidadão e cuja presença interfere nos hábitos e comportamentos dos sujeitos. Postman (1994, P.17) alerta que “uma vez que uma tecnologia é aceita, ela atua de imediato; faz o que está destinada a fazer”.

Outra justificativa para o Ensino de Ciências está na necessidade de democratizar o acesso ao conhecimento científico afim de que os sujeitos possam ampliar a visão de mundo e, assim, tenham condições de tomar decisões conscientes

e responsáveis no meio em que vivem. Portanto, o público que é leigo em relação às questões da Ciência e Tecnologia não estaria à mercê das tomadas de decisões feitas por especialistas, o que manteria o *status quo* de setores dominantes da sociedade. Auler e Delizoicov (2001) falam que:

Cada vez mais, corporifica-se a ideia da democratização da ciência e tecnologia como pré-requisito para o exercício da cidadania, da democracia. Nesse ponto levantamos a hipótese de que, ao reivindicar a divulgação, popularização de conhecimentos, fatos, informações, conceitos científicos, com a honesta justificativa de sua imprescindibilidade para o exercício democrático, pode-se contribuir de fato, para o estrangulamento do exercício pleno da democracia, reforçando postulações tecnocráticas. (AULER e DELIZOICOV, 2001)

Além disso, o Ensino de ciências se mostra muito importante no momento em que estudantes tenham que escolher qual profissão seguir. Se o ensino de ciências for de qualidade poder-se-á obter um número maior de jovens que escolheriam seguir carreiras científicas, o que aumentaria a quantidade de profissionais qualificados disponíveis. Esses profissionais, através do desenvolvimento científico e tecnológico que produziriam, iriam auxiliar grandemente o desenvolvimento social e econômico do País. A Organização da Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2005) no Brasil alerta:

Se o País não se inserir com sucesso no mundo globalizado, não crescerá o bolo. Se este não for mais bem distribuído, a imensa população pobre limitará drasticamente as possibilidades de o bolo crescer. E este ciclo para ser mais bem equacionado tem muito a ver com o ensino de ciências...O conhecimento é o maior recurso e, com ele, o desenvolvimento científico e tecnológico, que leva uma nação a se inserir com sucesso no mundo contemporâneo e possibilita o desenvolvimento sustentável.

Não se pretende aqui, fazer com que todos os estudantes que saem da escola sejam cientistas. Isto é, que façam ciência. Mas, sim, que saibam quais as consequências que os avanços científicos e tecnológicos produzidos pelos cientistas podem trazer para suas vidas. Sasseron e Carvalho (2011) informam que aquele indivíduo que possui o conhecimento necessário para entender os resultados divulgados pela ciência é um alfabetizado cientificamente. Mas, quais são as características para reconhecer uma pessoa como alfabetizada cientificamente?

Sasseron e Carvalho (2011) propõem que para ser considerado alfabetizado cientificamente um indivíduo deve:

- 1) Ter conhecimento das relações entre ciência e sociedade. Compreender que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e tecnologias refletem a sociedade.
- 2) Saber sobre ética que monitora o cientista. É a sociedade que exerce controle sobre os cientistas por meio do viés dos subsídios que a eles concede. É a sociedade que fomenta a atividade dos cientistas, então tem o direito de controlá-los.
- 3) Conhecer a natureza da ciência. Apreciar as ciências pela estimulação intelectual que elas suscitam.
- 4) Diferenciar Ciência de Tecnologia;
- 5) Possuir conhecimento sobre conceitos básicos das ciências. Conhecer os principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e ser capaz de aplicá-las.
- 6) Perceber e entender as relações entre as ciências e as humanidades. Reconhecer os limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso e bem-estar da humanidade.

Então, é inegável a necessidade do ensino de Ciências. Mas como ensiná-la com competência? Segundo Calheiro e Garcia (2014), “mesmo com a grande quantidade de pesquisas desenvolvidas na área de ensino de Física, em sala de aula os conteúdos ainda são ministrados através de abordagens baseadas em princípios comportamentalistas”.

Segundo Moreira (2011a), atualmente no contexto da educação, estímulo-resposta, reforço positivo, instrução programada e tecnologia educacional são jargões ultrapassados. Para ele:

As palavras de ordem são aprendizagem significativa, mudança conceitual, ensino centrado no aluno e construtivismo. Um bom ensino deve ser construtivista, estar centrado no estudante, promover a mudança conceitual e facilitar a aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2011a, p. 25)

Com base nisto, esta dissertação faz o relato de experiência de uma sequência didática a fim de contribuir para a aprendizagem significativa da Física e, para isso, foi escolhido como objeto de estudo o conceito de pressão.

2.2 ASPECTOS HISTÓRICOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS

As inquietações sobre os problemas referentes ao ensino de Ciências no Brasil, vêm se desenrolando desde meados do século XX, década de 1950, quando foram feitas as primeiras inserções de inovações no ensino brasileiro com influência direta dos projetos de ciência que se desenvolviam pelo mundo, em particular o Physical Science Study Committee (PSSC), que tinha uma base tecnicista, valorizando o método científico. A proposta era tornar os estudantes pequenos cientistas.

A concepção de ensino estava fundamentada no positivismo e em particular na utilização de um padrão de verificabilidade aplicada nas atividades experimentais, negligenciando a parte cognitiva presente no processo entre observações de fatos, estímulos e respostas. O princípio de verificabilidade, cuja difusão neste tempo era grande, pressupõe que uma determinada lei deve ter comprovação em bases empíricas. Karl Popper (1902-1994) criticou veementemente este princípio através da falseabilidade, onde uma lei é válida até que algum evento venha a contradizê-la. Quanto mais uma lei resiste a testes de falseamento mais validade ela terá. “Pode-se dizer, resumidamente, que o critério que define o ‘status’ científico de uma teoria é sua capacidade de ser refutada ou testada” (POPPER, 1980, p.5)

Segundo Silva (2003), o projeto PSSC propunha a interação dos estudantes com a experimentação, cuja intenção era formar jovens cientistas. A ideia era que *aprende-se ciência fazendo ciência* e, para tanto, propõe-se materiais constituídos de ‘kits’ que eram acompanhados de manuais contendo sugestões de práticas possíveis de serem realizadas, como se fossem “receitas de bolo”, objetivando levar o estudante a redescobrir a ciência, valorizando o método científico e aspectos de comprovação de leis físicas. Nesta perspectiva, de aprender ciências realizando ciências, parecia realmente que o problema do ensino de ciências, complementando a experimentação com um corpo teórico, estaria resolvido. Entretanto, quando avaliado o projeto em escolas norte americanas, onde o projeto foi amplamente utilizado, não se obteve índices significativos na evolução do aprendizado da ciência.

O crédito que se deve dar aos projetos seria o despertar dos professores que estavam adormecidos em um ensino enciclopédico e livresco, para a necessidade de mudança no ensino das ciências. Assim, Krasilchik (2000) explica que:

Esse período marcante e crucial na história do ensino de ciências, que influi até hoje nas tendências curriculares das várias disciplinas tanto no ensino médio como no fundamental, foi dando lugar, ao longo dessas últimas décadas, a outras modificações em função de fatores políticos, econômicos e sociais que resultaram, por sua vez, em transformações das políticas educacionais, cumulativas em função das quais ocorreram mudanças no ensino de ciências. (KRASILCHIK, 2000, p. 85)

Durante o período histórico brasileiro em que houve eleições livres (meados da década de 1950 e início da década de 1960), ocorreu mudança no pensamento vigente sobre uma educação para a elite e outra para as classes trabalhadoras. A escola passaria agora a formar todos os cidadãos, independente da classe que fizesse parte. Foi promulgada a lei 4024 – Diretrizes e Bases da Educação, de 21 de dezembro de 1961. Esta lei veio a ampliar consideravelmente a participação das ciências no currículo escolar, desde o início do curso ginasial até o curso colegial. Segundo Krasilchik (2000), “Essas disciplinas passavam a ter a função de desenvolver o espírito crítico com o exercício do método científico. O cidadão seria preparado para pensar lógica e criticamente e assim capaz de tomar decisões com base em informações e dados”.

Com o advento da ditadura militar em 1964, o papel da escola sofreu modificações, deixando de formar para a cidadania e passando a enfatizar a formação do trabalhador. Novamente o ensino de ciências sofre controvérsias e, através da lei 5692 de 1971, passa a ter um caráter profissionalizante. Em contrapartida, as escolas privadas continuaram a preparar seus alunos para o ingresso no nível superior, estabelecendo outra vez o caráter dualista da educação.

Com o fim da ditadura militar, é promulgada em 1996 a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nº 9394/96 (BRASIL, 1996) que em seu artigo primeiro diz que “A educação abrange os processos formativos que se desenvolvem na vida familiar, na convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais”, indicando que a educação escolar deixa de ter apenas o caráter de transmissora de

conhecimento e passa a agregar também, o mundo do trabalho e a prática social. Os currículos passam a ter uma base nacional comum e que são detalhados através dos chamados “parâmetros curriculares” e “diretrizes curriculares”.

Na tentativa de ultrapassar a visão tradicional do ensino ciência, busca-se contribuições em outras áreas do conhecimento, como por exemplo, psicologia da aprendizagem, história e filosofia da ciência, subsídios para avançar no processo de ensino-aprendizagem das ciências. Villani et al. (1997) comenta que:

O processo de aprendizagem de uma ciência é tão complexo que o exercício eficiente do ensino só pode ser estruturado de maneira quase artesanal. As pesquisas então têm a tarefa de fornecer subsídios, ainda que parciais, para compreensão do processo de aprendizagem e sugestões localizadas sobre estratégias de ensino. (VILLANI et al. 1997, p.37)

Assim, as pesquisas com ênfase no ensino de ciências têm se proliferado e com elas, a busca de concepções alternativas no sentido de encontrar mecanismos que facilitem a evolução do conhecimento dos estudantes.

2.3 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A teoria da aprendizagem significativa está sempre voltada para o que acontece em sala de aula. Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.3) explicam que a preocupação é fornecer fundamentos lógicos aos professores para que possam tomar decisões inteligentes na hora de produzir o material de trabalho para seus alunos.

A aprendizagem chamada de significativa ocorrerá quando aquilo que deve ser aprendido (novas ideias ou novas informações) tenha uma relação significativa com algum conceito já estabelecido na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.23) afirmam que “a aprendizagem significativa ocorre quando a tarefa de aprendizagem implica relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado.” Aí está a essência da aprendizagem significativa: a não-arbitrariedade e substantividade. Isto significa que os novos conceitos a serem aprendidos devem se relacionar, não com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas sim, com conceitos relevantes que já estejam claros e perfeitamente definidos na estrutura cognitiva do aprendiz e que possam servir de âncora para o novo conhecimento a ser incorporado, isto é, de maneira não-arbitrária. Ainda, o novo conceito deve ser entendido não somente pelos termos precisos utilizados para descrevê-lo, mas, sob

qualquer signo que porventura for designado. O mesmo conceito pode aparecer de vários formatos, mas a sua essência tem o mesmo significado em todos eles. Por exemplo, o conceito de campo na física. Podemos ter campo gravitacional, campo elétrico e campo magnético. As palavras específicas utilizadas para designar todos os campos são diferentes, mas, o conceito de campo continua o mesmo. A *substância* do conceito campo é equivalente em cada desígnio.

Por outro lado, quando o aluno decide fazer associações puramente arbitrárias como se estivesse resolvendo quebra cabeças, fazendo associações tarefairas, sem reflexão alguma, objetivando simplesmente realizar a prova ou outro tipo de avaliação (pressupondo que o material apresentado a ele tenha algum significado), segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.23), ocorre a aprendizagem automática. Este tipo de aprendizagem ocorre quando falta ao aluno o conhecimento prévio relevante para dar significado ao material proposto. Moreira e Masini (2005, pp.8-9) comentam que a aprendizagem mecânica ocorre sempre que não exista, ou se existe é insuficiente, nenhuma associação das novas informações com os conceitos existentes na estrutura cognitiva. Segundo Moreira (2013, p.4), os fatores que influenciam na aprendizagem mecânica ou automática são a inexistência de subsunçores ou as informações não são potencialmente significativas, ou ainda, o aprendiz decide não aprender.

Ao conhecimento prévio relevante já existente na estrutura cognitiva do indivíduo, citado no parágrafo anterior, dá-se o nome de Subsunçor. Segundo Moreira e Masini (2005):

Neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor* ou, simplesmente, *subsunçor (subsumer)*, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em *subsunçores relevantes*. (MOREIRA e MASINI, 2005, p.17)

Com isso, entende-se que a aprendizagem significativa ocorre a partir do momento em que as novas informações, após se relacionarem com algum subsunçor, passam a ser incorporadas à estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Moreira e Masini (2005, p.18), “*estrutura cognitiva significa, portanto, uma estrutura hierárquica de subsunçores que são abstrações da experiência do indivíduo*”. Também, a aprendizagem significativa pode ocorrer quando houver um crescimento ou

modificação de subsunçores, o que nos leva a entender que eles podem ser abrangentes ou limitados.

Pressupõe-se que a aprendizagem significativa seja preferível à aprendizagem automática e, como já descrito anteriormente, ela faz referência à existência de conhecimentos prévios relevantes na estrutura cognitiva, os chamados subsunçores. O que fazer quando não houver nenhum deles disponíveis? Quando o material a ser aprendido for completamente novo para o aprendiz (como é o caso de crianças no estágio pré-escolar)? Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.21) ilustram que apesar da aprendizagem significativa ser preponderante à aprendizagem automática, esta pode ser desenvolvida até que os conhecimentos assim adquiridos possam servir de âncoras, mesmo que pouco elaborados, para outras ideias, conceitos e proposições afim de que a aprendizagem passe a ser significativa. Na verdade, a aprendizagem automática é necessária quando não existirem subsunçores presentes na estrutura cognitiva. Então, existe uma continuidade entre a aprendizagem automática e a aprendizagem significativa (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980, p.20). Já Moreira (2013, p.11), diz que a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica são polos opostos de um contínuo.

Apesar da necessidade do uso aprendizagem automática na ausência de subsunçores na estrutura cognitiva, Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.24) advertem que o abuso do método do automatismo na aprendizagem escolar é um fator que prejudica a realização da aprendizagem significativa.

Por envolver várias operações cognitivas ativas, a assimilação de conceitos não é um fenômeno simples e, pelo que já foi descrito, quanto mais for utilizado o processo melhores resultados serão obtidos. Diante disso, seria interessante fazer uso de métodos que potencializassem o processo de assimilação de conceitos. No caso de haver na estrutura cognitiva conhecimentos com significados pouco relevantes e instáveis, ou ainda, com signos ambíguos e de curta duração, Ausubel, Novak e Hannesian (1980, p. 141) recomendam o uso de *organizadores prévios*. Segundo eles:

Estes organizadores são normalmente introduzidos antes do próprio material de aprendizagem e são usados para facilitar o estabelecimento de uma disposição significativa para a aprendizagem. Os organizadores antecipatórios ajudam o aluno a reconhecer que os elementos dos novos materiais de aprendizagem podem ser significativamente aprendidos

relacionando-os com aspectos especificamente relevantes da estrutura cognitiva existente. (AUSUBEL, NOVAK e HANNESIAN, 1980, p. 143)

Um fator importante com relação aos organizadores é que eles não são simples revisões, retomadas ou resumos cuja finalidade é enfatizar os pontos principais de determinado assunto omitindo informações consideradas menos importantes. A apresentação destes geralmente tem mesmo nível de abstração e especificidade do material a ser aprendido. Em contraposição, “os organizadores são apresentados num nível de abstração mais elevado, maior generalidade e inclusividade do que o novo material a ser aprendido” (Ausubel, Novak e Hannesian, 1980, p.143). Então, a função de um organizador seria apresentar em detalhes e de maneira diferenciada aquilo que o aprendiz deve conhecer antes do texto a ser aprendido, discriminar ideias similares a este material que possam levar a conflitos no cognitivo do aluno. “Em resumo, a *principal função do organizador* está em *preencher o hiato* entre aquilo que o aprendiz *já conhece* e o que *precisa conhecer* antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta.” (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980, p. 144).

O princípio da *assimilação* proposto por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) tem em sua essência a hipótese de que novos significados são adquiridos pela interação entre um novo conhecimento com conceitos aprendidos anteriormente. Este princípio objetiva tornar mais claro o processo de aquisição, fixação e organização dos conhecimentos na estrutura cognitiva. A assimilação parte da hipótese de que quando uma nova ideia é aprendida significativamente, supõe-se que ela se relaciona com outra ideia relevante (ideia básica ou “ideia esteio”) sendo assimilada por aquela já estabelecida e provocando a modificação da mesma. As duas ideias acabam sofrendo modificações produzindo no final o produto de interação elas. É importante ressaltar que esse processo de subsunção por assimilação modifica não somente o novo material a ser aprendido, mas também o subsunçor existente inicialmente no cognitivo, produzindo um novo subsunçor modificado onde participam a ideia âncora e a nova, agora modificadas. Moreira e Masini (2005, p.25), representa simbolicamente o princípio de assimilação da conforme a Figura 1:

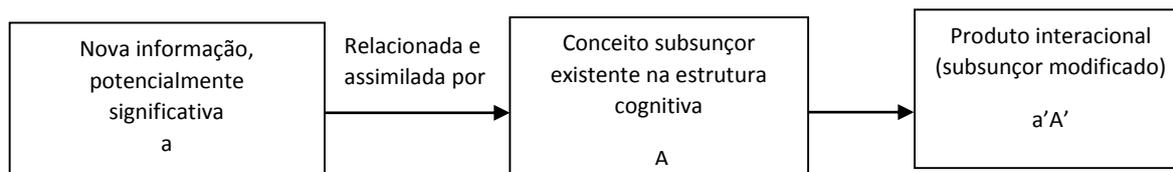


Figura 01: Representação simbólica do princípio da assimilação

Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 110) dizem que ocorrendo a aprendizagem significativa, os dois – novo conceito e subsunçor – permanecem dissociáveis, começando assim, um outro estágio onde os sistemas estabelecidos tendem, gradual e espontaneamente, a tornarem-se indissociáveis de suas ideias básicas formando a base da assimilação obliteradora e são esquecidas. Sobre isso Moreira (1999, p.158) diz que esse processo não passa de um sedimento da associação entre as novas informações e suas ideias âncoras, até que não existam mais individualmente.

Assim, conclui-se que o esquecimento representa uma perda progressiva da diferenciação entre o novo conhecimento assimilado e o subsunçor com o qual se relacionou e cujo significado foi modificado durante o processo. O produto final seria um novo subsunçor mais geral e mais estável do que o anterior, agora incluindo a nova ideia modificada. Pode-se afirmar então, que o processo de assimilação favorece a aquisição e retenção de significados, mas, traz junto consigo um mecanismo de esquecimento dos detalhes e informações específicas que diferenciavam a nova informação das ideias previamente estabelecidas. Assim, “O problema principal na aquisição de conteúdo de uma disciplina acadêmica, portanto, é contrapor-se ao processo inevitável de assimilação obliteradora que caracteriza toda aprendizagem significativa” (Ausubel, Novak e Hanesian 1980, p. 110).

O processo até aqui descrito é chamado de subsunção subordinada, que resumidamente, ocorre quando uma proposição ou um conceito potencialmente significativo é assimilado por uma ideia mais inclusiva já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Repetindo-se outras vezes o processo de modificação do subsunçor por subordinação ocorre a *diferenciação progressiva* (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980, p.103). Assim, ao se apresentar o material a ser aprendido a partir do todo, progressivamente o indivíduo vai diferenciando os conceitos que estão sendo

desenvolvidos em função de suas especificidades, ou seja, gradativamente vai diferenciando os detalhes.

Durante o curso de nova aprendizagem, pode haver o reconhecimento de ideias estabelecidas na estrutura cognitiva e de suas inter-relações, assumindo assim uma nova organização e novo significado, ou seja, ocorre a aprendizagem superordenada ou a combinatória. “Esta recombinação dos elementos existentes na estrutura cognitiva denomina-se *reconciliação integradora*” (Ausubel, Novak e Hanesian 1980, p. 104). A reconciliação integrativa ou integradora busca solucionar conflitos que os alunos possam experimentar frente a novos conteúdos e ideias já existentes na estrutura cognitiva. A confusão inicial é resolvida quando novos significados combinatórios são aprendidos e adicionados na estrutura cognitiva. Assim como na diferenciação progressiva, a reconciliação integradora pode ser potencializada através do professor e de recursos didáticos, ajudando o aluno a buscar uma integração do subsunçor mais inclusivo, do que tentar a criação de um departamento isolado sem interação com conhecimentos anteriores (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980, pp. 161-162). Moreira (2011a, p.22) comenta que a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são processos simultâneos e necessários na construção de estrutura cognitiva, mas ocorrem em intensidades diferentes.

Os organizadores podem representar um papel importante no sentido de levar a efeito os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. A diferenciação progressiva é obtida na programação de determinado assunto idealizando-se organizadores em uma série hierárquica colocada em ordem descendente de inclusividade. “Os organizadores iniciais, portanto, fornecem um esteio a nível global antes que o aprendiz se confronte com *qualquer* parte do novo material” (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980, p.160).

Em contrapartida à diferenciação progressiva onde os organizadores são aplicados antes do novo material, na reconciliação integrativa eles devem ser programados para serem explicitados posteriormente à apresentação do novo material. Eles devem apontar explicitamente as semelhanças e diferenças entre as ideias previamente aprendidas e as novas ideias contidas na sequencia didática. Assim, todos os conceitos relevantes contidos na estrutura cognitiva estarão sendo mobilizados e, por conseguinte, podem desempenhar um papel de subordinadores em relação ao novo material de aprendizagem. Assim:

Esta manobra efetua uma grande economia no esforço de aprendizagem, evita o isolamento de conceitos essencialmente similares em compartimentos separados, incomunicáveis, e desencoraja a proliferação de termos múltiplos para representar ideias ostensivamente diferentes mas essencialmente equivalentes. Além disso, os organizadores aumentam a discriminabilidade de diferenças genuínas entre os novos materiais de aprendizagem e ideias aparentemente análogas mas muitas vezes conflitantes na estrutura cognitiva do aprendiz. (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN.1980, p.163)

Enfim, um organizador deve preceder a unidade de aprendizagem de maneira descendente de inclusividade, detalhada e diferenciada do correspondente material a fim de estabelecer a diferenciação progressiva. Por outro lado, organizadores devem delinear explicitamente as semelhanças e diferenças entre os novos conceitos e subordinadores posteriormente à unidade de aprendizagem no sentido de estabelecer a reconciliação integrativa.

Segundo Moreira (2011a, p. 24), existem duas condições para que ocorra a aprendizagem significativa: O material de aprendizagem ser potencialmente significativo e o aprendiz deve apresentar predisposição para aprender. Com relação à primeira condição, comenta-se que “potencialmente significativo” indica que o material deve ser relacionável com a estrutura cognitiva e que o aprendiz deve possuir conhecimento prévio necessário para fazer a associação entre novo conhecimento e ideias ancoras de maneira não-arbitrária e não-literal. Moreira (2011a, p.25), ressalta que o material só pode ser potencialmente significativo, e não somente significativo, pois o significado está nas pessoas e não nos materiais. Por outro lado, a segunda condição, implica no aprendiz querer relacionar seus conhecimentos prévios de forma não-literal e não arbitrária com os novos conhecimentos. Segundo Moreira (2011a, p. 25), esta condição é mais difícil de ser satisfeita, pois não depende do professor e sim do aprendiz. Se o aluno não possui conhecimento prévio ou não quer dar significado ao material de aprendizagem, optando em fazer a aprendizagem mecânica ou, ainda, simplesmente não querendo aprender, não existirá material potencialmente significativo que o motive ou o leve a gostar da disciplina.

Para verificar se houve ou não aprendizagem significativa, é necessário demonstrar que o estudante domina os significados de maneira clara, precisa, diferenciada e transferível. Isto nem sempre é fácil de se fazer. Em uma avaliação formal os alunos podem simular uma aprendizagem significativa apenas respondendo mecanicamente com verbalizações decoradas. Também, é possível que haja

memorização dos passos necessários para resolver problemas, dando soluções corretas, mas não compreendendo os princípios ilustrados por este problema. Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.123) comentam que se deve evitar na busca da evidência da aprendizagem significativa a estimulação mecânica através de “problemas típicos”, pois a longa experiência dos estudantes em resolver exames pode camuflar a verificação da aprendizagem significativa através de memorização automática. Eles recomendam a formulação de avaliações sob roupagem nova e desconhecida para exigir ao máximo a transformação do conhecimento existente.

2.4 PESQUISA QUALITATIVA

Segundo Moresi (2003, p.8), do ponto de vista da forma da abordagem do problema, uma pesquisa pode ser quantitativa, onde se traduz em números as opiniões e informações a fim de classifica-las e analisa-las ou, qualitativa. Neste caso, a preocupação está focada na relação entre o mundo real e o sujeito. Não se usa obrigatoriamente métodos estatísticos e, o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados, sendo preponderante a participação do investigador. Bogdan, Biklen e Knopp (1994, p.11) comentam que a investigação em educação se tem modificado e, a influência dos métodos qualitativos no estudo de várias questões educacionais é cada vez maior.

Esta pesquisa se utiliza de métodos para coleta de informações que exigem uma produção de textos. Assim, adotamos a pesquisa qualitativa para conduzir a investigação pois o “processo de pesquisa qualitativa pode ser representado como sendo um caminho da *teoria ao texto* e outro caminho do *texto de volta à teoria*” (Flick, 2009, p.14). A escolha se faz assim, não em oposição à pesquisa quantitativa, mas por tratarmos aqui com estratégias indutivas e não dedutivas. Entende-se por estratégia indutiva aquela que leva a uma descoberta através de um conjunto de procedimentos utilizados para interpretar informações contidas em uma lista de dados, e a dedutiva, aquela que parte de uma hipótese, tentando verifica-la. O processo investigativo se faz sobre ações produzidas por pessoas e, portanto, dotados de significados que não são neutros. Nisto, também está embutida a constante interação entre o investigador e o investigado. Como o investigador participa ativamente da pesquisa, destaca-se que:

Os pesquisadores não podem adotar um papel neutro no campo e em seus contatos com as pessoas a serem entrevistadas ou observadas. Em vez disso, devem assumir certos papéis e posições – ou serão designados para tanto – muitas vezes de modo direto e/ou a contragosto. As informações a que o pesquisador terá acesso e das quais permanecerá excluído dependem essencialmente da adoção bem sucedida de um papel ou postura apropriada (FLICK,2009, p.10).

Outro motivo para a escolha da pesquisa qualitativa reside na direção que tomamos em relação a determinados elementos da pesquisa, principalmente aquelas a que se referem à postura do investigador. Buscamos em Bogdan e Biklen (1994) as condições necessárias para adotarmos com relação à nossa posição de pesquisadores:

- Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural constituindo o investigador o instrumento principal. Para o investigador qualitativo o contexto é de suma importância para a pesquisa e influencia de maneira significativa os componentes da mesma.
- A investigação qualitativa é descritiva. Os investigadores qualitativos tentam analisar os dados em toda a sua riqueza, respeitando, tanto quanto possível, a forma com que estes foram registrados. Os investigadores qualitativos abordam o mundo de forma minuciosa. A abordagem da investigação qualitativa exige que o mundo seja examinado com ideia de que nada é trivial, que tudo tem potencial para constituir uma pista que permita estabelecer uma compreensão mais esclarecedora do objeto de estudo.
- Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos. A ênfase qualitativa no processo está no acompanhamento do fenômeno observado e sua manifestação durante o andamento da pesquisa.
- Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva. A pesquisa vai ganhando forma à medida que dados são analisados. Portanto, não se busca confirmar hipótese previamente construídas e sim pintar um quadro cujo desenho vai ganhando os contornos e cores à medida que se recolhem e examinam as partes. O investigador qualitativo utiliza o estudo para perceber quais são as questões mais importantes.
- O significado é de importância vital na abordagem qualitativa. Os investigadores qualitativos estão interessados no modo como diferentes pessoas dão sentido às suas vidas. A investigação qualitativa leva em

consideração a dinâmica interna das situações. Existem certas particularidades que observadores externos não enxergam. Há uma preocupação em apreender as diferentes perspectivas adequadamente. Principalmente em educação, o investigador qualitativo tenta compreender como os sujeitos experimentam e interpretam as experiências sociais a que estão submetidos. Existe um diálogo entre participante e pesquisador, onde o ponto de vista é do informante. O investigador não é neutro.

Devido à dinâmica existente em sala de aula, onde a cada instante pode haver uma mudança no encaminhamento das atividades, optamos por uma abordagem qualitativa do tipo pesquisa-ação. Segundo Gil (2010, p.151), “na pesquisa-ação ocorre um constante vaivém entre as fases, que é determinado pela dinâmica do relacionamento entre pesquisadores e a situação pesquisada.”

3 METODOLOGIA

3.1 A INSTITUIÇÃO DE ENSINO

O CEP é um estabelecimento de Ensino de grande reputação na sociedade paranaense e que possui índices oficiais altos quando comparados com os demais. O Apêndice G mostra os índices atingidos pela instituição e os índices observados no Estado do Paraná.

Nesta instituição, estudaram várias figuras importantes do Estado, tanto da área Política como das Artes, Esportes e das Ciências. Também, as estatísticas escolares mostram que poucos alunos são retidos na área de Ciências, o que pressupõe que haja uma qualidade de Ensino razoável neste nível de escolaridade.

Oficialmente a história do CEP tem início antes da criação do estado do Paraná. Em 1846, é criado o Liceo de Curitiba, sancionado a pelo Presidente da Província de São Paulo, Marechal Manoel da Fonseca de Lima e Silva – o Barão de Suruí, e instalado em casa alugada no largo da Matriz, hoje praça Tiradentes.

A denominação de Colégio Estadual do Paraná, passa a ser utilizada a partir de 1943, através do decreto federal 11.232 de 06 de janeiro e, sancionado pelo interventor federal no Paraná no âmbito estadual.

Já na sede da Avenida João Gualberto, 250, após inúmeras mudanças de sede, é extinto em 1995 o ensino de 1º grau, passando a denominar-se Colégio Estadual do Paraná – Ensino de 2º grau.

A partir de 2008, o colégio passa a ser denominado Colégio Estadual do Paraná – Ensino fundamental, médio e profissionalizante, com a implantação de vários cursos técnicos e, novamente, o ensino fundamental com turmas de 6º ano a 9º ano.

A maioria dos alunos do ensino fundamental do CEP reside na região metropolitana de Curitiba ou em bairros afastados da Capital, como mostra o levantamento realizado junto à Escola com relação aos bairros em que os alunos residem, explicitado no Apêndice B. Assim, pressupõe-se que o deslocamento até a escola é feito, em sua maioria, através de ônibus público ou de vans.

3.1.1 Descrição da turma

A turma escolhida para desenvolver as atividades consistia de 36 alunos formada por adolescentes entre 13 e 14 anos, com as características típicas dessa faixa etária em sala de aula: algumas vezes com vontade de aprender e preocupados com avaliações e outras, com vontade de estar bem longe da sala de aula. Em vários momentos se fez necessário “trazer” os alunos de volta para a sala de aula, procurando fazê-los manter o foco nas atividades.

Em geral, os alunos eram receptivos quanto às tarefas propostas. Apenas quatro alunos demonstraram desinteresse quanto à participação e engajamento, entregando as atividades sem tentativa de resolução. Em sua maioria, eles possuíam boas notas e não apresentaram quanto à disciplina nas aulas de Ciências.

3.2 INSTRUMENTOS PARA CONSTITUIÇÃO DE DADOS

Propõe-se aqui uma sequência didática fazendo uso das relações de proporcionalidade como recurso possível para melhorar as relações hierárquicas entre conceitos de unidades de estudo, entendendo que as atividades serão facilitadoras para relacionar ideias novas com estruturas correspondentes. Escolhendo como unidade de ensino o conceito de pressão, pode-se afirmar que a *pressão é diretamente proporcional à força aplicada sobre uma superfície e inversamente proporcional à área desta superfície*. Entretanto, essa proposição não poderá ser aprendida significativamente, a menos que o estudante possua o conhecimento prévio do significado dos conceitos de força, área e de proporcionalidade direta e inversa.

Como os alunos já estudaram as leis de Newton no primeiro semestre do ano letivo de 2014, tendo, portanto, oportunidades recorrentes em diversos contextos de aplicação do conceito de força, pressupomos que o tema já esteja assimilado pelo cognitivo deles e, ainda, possa vir a ser um subsunçor servindo de âncora no processo de subordinação do novo conceito. Também, a área de uma superfície vem sendo apresentada sistematicamente na disciplina de matemática o sexto ano do Ensino fundamental. Assim mesmo, verifica-se através da resolução de problemas que o

conteúdo referente ao cálculo de área de uma superfície plana já está posto como uma ideia relevante na estrutura cognitiva dos alunos do 9º ano.

Apesar da proporcionalidade ter sido estudado em anos anteriores, faremos uso da recomendação de Ausubel, Novak e Hanesian (1980) no sentido de elaborar um organizador inicial envolvendo as relações de proporcionalidade para fornecer um ancoradouro, num nível geral, antes de apresentar o conceito de pressão na sequência didática.

As situações-problemas envolvendo pressão que são propostos trazem um material significativo que está diretamente ligado com os princípios teóricos como conhecimento prévio, subordinação, diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Então durante o percurso de aplicação das atividades busca-se identificar as relações significativas entre conceitos em forma de proposições.

A sequência didática desenvolvida é uma estratégia didática elaborada a partir de observações em sala de aula e que busca a aprendizagem significativa do conceito de pressão para estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental.

3.3 O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste trabalho focamos o estudo do conceito de pressão, por se tratar de um tema de fácil visualização e também pela sua grande aplicabilidade em vários ramos da Ciência. Além disso, no cotidiano existem muitas referências à palavra *pressão*: “vou tirar minha pressão”, “desligue a panela de pressão”, “não sai água do cano porque tem pouca pressão”, etc. Isto nos remete à possibilidade de iniciarmos a implementação da metodologia de ensino a partir de frases ou fatos comumente utilizados pelos alunos ou pessoas próximas a eles em seu dia-a-dia.

Os dados serão coletados a partir dos textos produzidos pelos alunos. Com base nesses dados, retiraremos as informações sobre as concepções prévias e as modificações no modo de pensar de cada um ao longo da pesquisa, utilizando a análise de conteúdo para discutir os resultados obtidos na aplicação da sequência didática.

A elaboração do material didático utilizado na implementação do projeto seguiu as orientações da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel, Novak e Hannesian (1980).

3.3.1 Temas elencados nas DCEC, Livro Didático e PTD

Antes de formalizarmos a escolha do conceito de pressão como conteúdo a ser utilizado para implementação da sequência didática, buscamos verificar quais são as grandezas físicas listadas em documentos oficiais, no livro didático e pelo professor. Através de informações obtidas na página da internet da Secretaria do Estado da Educação do Paraná (SEED/PR), dos conteúdos do livro didático: CIÊNCIAS – Matéria e Energia, Autor: Fernando Gewandszadner, inserido no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e adotado pelo Colégio Estadual do Paraná (CEP) e, ainda, do Plano de Trabalho Docente (PTD) elaborado pelo professor, elaboramos o Quadro 01, que mostra as grandezas físicas comuns aos três documentos citados neste parágrafo.

No intuito de elaborar uma unidade de ensino de tal maneira que ela seja potencialmente significativa, é necessário que se identifique quais conceitos/tópicos devem ser abordados. Segundo Moreira (2011b, p. 170), um dos papéis que o professor assume para facilitar a aprendizagem significativa é “identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino...”. Assim, elaboramos a partir do que foi explicitado na Quadro 01, o Quadro 02 que mostra as grandezas físicas que possuem relações de proporcionalidade direta e inversa em suas definições e se nessas relações existem produtos ou quadrados envolvidos. Essas últimas grandezas serão retiradas do objeto de estudo pois elas exigiriam um nível de abstração acima do que desejamos pesquisar neste trabalho.

Nesta investigação, abordamos o tópico pressão de forma conceitual. A intenção foi valorizar a interpretação dos fenômenos e a utilização das relações de proporcionalidade, deixando de lado abordagens matemáticas mais avançadas, facilitando a implementação da sequência didática no 9º ano do Ensino Fundamental.

3.3.2. As atividades propostas

Serão descritos a aplicação da sequência didática das tarefas realizadas pelos alunos de acordo com a sequência de passos levados à prática. As atividades utilizadas na implementação estão descritas no Apêndice A.

1ª Atividade

Realização de pré-teste, cuja finalidade foi a de identificar as concepções que os estudantes possuíam sobre as relações de proporcionalidade. Segundo Moreira (2011a, p.103) ao comentar sobre a aprendizagem significativa em textos complementares, “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”. Em outras palavras, estávamos verificando o que o aluno já sabe, e, a partir disso tomamos decisões no sentido de qual caminho percorrer para ensinar de acordo. O teste foi construído de modo que houvesse situações-problema relacionados com o cotidiano dos alunos e, ainda, pudesse ser resolvido utilizando a proporção direta e a proporção inversa. Isto foi feito através de dois problemas: O primeiro se referia à distância percorrida e ao tempo gasto para percorrer essa distância. Gostaríamos de verificar se os alunos percebem que se aumentarmos a distância de certo valor, o tempo gasto para percorrer esta nova distância irá aumentar na mesma proporção. Já no segundo, a abordagem se dá através da relação entre o uso diário de um videogame e a vida útil do aparelho. Objetiva-se achar evidências da percepção dos alunos quanto ao fato de que aumentando o tempo de uso diário, diminui o tempo de vida útil do videogame.

2ª Atividade

Realização de aula expositiva sobre as relações de proporcionalidade. Aqui, não pensamos em somente instruí-los que se variarmos uma grandeza, outra relacionada à primeira poderá variar também, aumentando ou diminuindo proporcionalmente. A ideia aqui é mostrar que as relações de proporcionalidade não são simplesmente resolver uma regra de três simples, mas, orientá-los no sentido de que existe para a relação direta uma razão constante e na relação inversa um produto constante. Assim, estávamos resgatando o conceito de proporcionalidade através de um organizador prévio, que segundo Moreira (2011a, p. 30), deve satisfazer a condição de ter um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade.

Seguindo o procedimento idealizado por nós, colocamos uma situação-problema envolvendo as relações possíveis entre o preço por quilo, preço pago e quantidade de comida ingerida durante o almoço em um estabelecimento chamado comumente de “restaurante por quilo”. Após a resolução e discussão sobre a situação descrita na problematização do “restaurante por quilo”, propusemos um outro material mais próximo do conteúdo de Ciência, utilizando o conceito de vazão. Estávamos começando a mostrar correspondência entre o cotidiano e conceitos físicos estudados na escola. Ao apresentarmos o material a ser aprendido a partir do todo mais geral (situação “restaurante por quilo”), gradualmente estávamos promovendo a *diferenciação progressiva* dos conceitos que estavam sendo desenvolvidos em função das suas especificidades (situação “vazão” e posteriormente o conceito de pressão), como indica Ausubel, Novak e Hannesian (1980, p.103).

3ª Atividade

Realizada no Laboratório de Física, apresentamos uma atividade experimental no sentido de explorar o conceito de pressão como sendo uma grandeza determinada por uma força distribuída sobre uma área. Como método de promover o início das discussões, fizemos a seguinte questão: *Uma moça utilizando um sapato de salto alto bem “fininho” chamado de salto agulha, caminha lado a lado com um*

homem que calça uma bota. Qual dos dois provoca maior dano na superfície onde pisa? Justifique sua resposta.

Passamos então, à atividade experimental que consistia em apoiar o mesmo paralelepípedo inicialmente com a face menor sobre uma superfície coberta com farinha de trigo verificando o “dano” causado. Em seguida, repete-se o mesmo procedimento, mas agora, apoiando o paralelepípedo sobre a face maior. Comparamos as duas situações.

Similar ao procedimento descrito no parágrafo anterior, mas agora os paralelepípedos foram apoiados em faces de mesma medida sendo que um deles possuía um “peso” a mais sobre ele. Novamente. Os alunos verificaram o “dano” causado e compararam as duas situações.

Por fim, utilizando as relações de proporcionalidade já estudadas na 2ª atividade, buscamos conceituar pressão relacionando o maior “dano” causado com maior pressão. Assim, em primeiro lugar, variamos a área de apoio e mantivemos a força constante. Em segundo lugar, a área de apoio se manteve constante e a força foi variada. Esperávamos que os alunos percebessem a relação de proporcionalidade inversa entre a área de apoio e o “dano” causado na superfície e, ainda, a relação de proporcionalidade direta entre a força e o “dano” causado no apoio do paralelepípedo.

Objetivando favorecer a reconciliação integradora entre as relações de proporcionalidade existentes no conceito de pressão, mais específico, e as relações de proporcionalidade descritas na 2ª atividade (“restaurante por quilo” e “vazão”), mais gerais, fizemos a proposição para que os alunos respondessem as questões seguintes.

Questões relativas à primeira parte da atividade de Laboratório

1) *Será que a força peso seria a mesma se fosse medida “pendurando” o paralelepípedo pela face maior? Justifique.*

Lembramos que durante a medida da força peso efetuada com o dinamômetro, o paralelepípedo foi pendurado pela face menor. O objetivo desta questão é a de verificar qual o entendimento que os alunos têm da força peso. Esperava-se que as respostas apontassem para um entendimento de que não há diferença entre a força peso medida através da face menor ou através da face maior.

2) *Qual apoio (face menor/face maior) provocou uma deformação maior na farinha? Explique com suas palavras porque ocorre o fato que você observou.*

Como a primeira parte da pergunta remete a uma observação, a resposta deveria ser que a face menor provocou uma deformação maior. Esperava-se que na segunda parte da pergunta haja respostas do tipo: A força peso se distribui sobre a área menor provocando uma pressão maior sobre a farinha.

3) *A força peso é a responsável sozinha pelo dano causado na farinha? Se a resposta for não, qual a outra grandeza que “ajuda” a força peso?*

Esta questão teve por objetivo levar o aluno identificar qual grandeza, além da força peso, está relacionada ao fenômeno de maior ou menor profundidade observada na deformação da farinha. A resposta esperada seria a área.

4) *Você consegue encontrar uma relação entre a profundidade do “buraco” e a área de apoio? Qual?*

Novamente, por ser uma resposta baseada em observação, esperava-se que a resposta dos alunos seja sim. Agora, a segunda parte da pergunta remete à proporcionalidade que é o objeto da pesquisa. Assim, dentro daquilo que trabalhamos

até o momento com os alunos, esperamos que haja resposta indicando uma relação de proporcionalidade inversa entre pressão e área.

Questões relativas à segunda parte da atividade de laboratório

1) Se a face de apoio é a mesma, por que houve uma deformação maior quando havia um paralelepípedo sobre outro?

Esta é uma questão da segunda parte da atividade, onde mantemos constante a área e variamos a força peso. Espera-se que todos percebam que se aumentarmos a força peso também aumentamos a profundidade da deformação aumentando, conseqüentemente, a pressão sobre a superfície de contato. Queremos com isso tomar o cuidado de mostrar que também existe dependência da força para variação de pressão e não somente da área de contato que poderia ser uma conclusão tirada pelos alunos, devido às observações até agora terem sido feitas somente variando a área de contato.

2) Existe uma relação entre a força peso e a deformação da farinha? Qual?

A questão remete novamente a uma relação de proporcionalidade. Agora, a proporcionalidade é direta entre pressão e força. Então, esperava-se obter respostas que levassem à conclusão de que aumentando a força, a pressão devesse aumentar proporcionalmente.

Até esta parte da atividade, as questões estavam relacionadas às observações qualitativas de que aumento a área de contato, ocorrerá a diminuição da pressão e, quanto maior a força peso maior a pressão exercida na superfície. Essas conclusões são retiradas através do exame realizado na profundidade da deformação feita na farinha. O próximo passo, foi fazer análise numérica de força e área. Isto foi feito através das medidas de massa, peso e área. Os dados foram compilados em tabelas, cujo modelo é apresentado no Apêndice A, e utilizados para responder novas questões no intuito de leva-los a conclusões de razão e produto constantes.

Fazendo alguns cálculos

Após o preenchimento das tabelas especificadas no Apêndice A, fizemos a seguinte orientação:

1) Faça a razão entre a força peso e área, nas duas situações. Verifique se os valores encontrados estão coerentes com as observações feitas por você (“buraco” maior ou menor).

Com isso, estaremos verificando se a razão e produto constantes fazem sentido para eles quanto a maior ou menor profundidade da deformação. Isto é, será que os alunos relacionam o fato do produto ser constante significa que se dobramos o valor da área a pressão deve diminuir pela metade? Por outro lado, se dobramos o valor da força a pressão sofre um aumento de duas vezes, indicado na razão constante?

Para concluir a atividade, propomos que os alunos definissem pressão e, ainda, propusessem uma expressão matemática para o cálculo da pressão.

2) A partir das observações feitas e dos cálculos realizados, elabore com suas palavras uma definição de pressão. Ache uma expressão que calcule o valor da pressão.

Pressupondo que os alunos tenham diferenciado progressivamente os dois tipos de relação de proporcionalidade, esperamos que neste final de atividade eles consigam solucionar o problema realizando uma combinação dos conceitos de proporcionalidade inversa relativa à área e direta com relação à força, obtendo assim, o conceito geral de pressão, promovendo a *reconciliação integradora*.

4ª Atividade

Utilizamos este momento para resolver junto com os alunos dois problemas clássicos relativos à pressão, apresentados no Apêndice A, p.99. O objetivo seria

sedimentar o conceito de pressão e abordar a questão da unidade de pressão, a partir da expressão obtida na 3ª atividade.

3.4 O DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES EM SALA DE AULA

Primeiramente fazemos a observação de que o ano letivo de 2014 foi um período atípico, onde o calendário escolar ficou comprimido devido à realização da copa do mundo, greve de professores, às inúmeras intervenções em sala de aula para avisos e retiradas de alunos para atividades extraclasse. Além disso, devido a constante troca de professores, houve mudança de horário escolar sistemática, o que acarretava uma dificuldade de organização na aplicação da sequência didática, ou por coincidir o horário da turma com a do pesquisador em outra turma, ou por haver perda de carga horária semanal quando as aulas recaíram em dias de feriado, provocando um adiamento na aplicação das atividades.

As atividades foram aplicadas pelo pesquisador, que assumiu a turma durante o desenvolvimento da pesquisa. A coleta de dados foi realizada através das repostas dos alunos aos problemas apresentados. Apesar de não ser a forma utilizada para coletar dados, quando houve perguntas ou intervenções de estudantes, foram realizadas anotações rápidas e resumidas.

Os critérios utilizados como referência para a avaliação dos resultados obtidos ao longo da aplicação da sequência didática, estão descritos nos Quadros contidos nos itens 4.1, 4.2 e 4.3. Tais critérios, foram elaborados a partir dos elementos de aprendizagem apresentados, de acordo com a evolução dos conceitos ensinados. Ainda, foram utilizados para categorizar as respostas dadas pelos alunos nas atividades e, estão referenciadas e ancoradas na teoria da aprendizagem significativa. Assim, passamos a descrever como se desenvolveram as atividades em sala de aula, onde cada aula tinha 50min.

1ª aula

Consistiu em uma explicação aos alunos do que seria feito durante algumas aulas de Ciências, tendo como objetivo tranquiliza-los no sentido de que não haveria prejuízos avaliativos e, também, incentiva-los a participarem do processo com seriedade e afinco.

Feitas as devidas apresentações, iniciamos aplicando as questões descritas na 1ª atividade, em que exigia a aplicação do conhecimento de relações de proporcionalidade direta e inversa. Foi dado o tempo de 30 minutos para a realização da tarefa, que se mostrou suficiente. A final da aula a tarefa foi entregue ao professor.

2ª aula

Em um nível introdutório, foi feita uma aula expositiva sobre as relações de proporcionalidade explicando que grandezas diretamente proporcionais mantêm uma razão constante e, em contrapartida, as que se relacionam de maneira inversa conserva um produto constante. Exemplificamos essas relações utilizando ideias como uma maior quantidade de laranjas produz um volume maior de suco, mantendo uma razão constante entre número de laranjas e volume de suco. Por outro lado, a construção de um muro é realizada em menor tempo quanto maior a quantidade de operários existirem para executar a obra. Portanto, existe um produto constante entre o tempo e o número de operários.

Como organizador prévio, apresentamos a situação “restaurante por quilo” (Apêndice A) com o propósito de discutir com os alunos as primeiras inserções da proporcionalidade, objetivando a resolução de situações-problema baseado no cotidiano do sujeito.

3ª aula

Esta foi realizada no último horário do mesmo dia da 2ª aula. Foi utilizado este momento para a resolução da situação-problema “restaurante por quilo” por parte dos alunos.

4ª aula

Após a análise das respostas dadas ao problema do “restaurante por quilo”, retomamos os conceitos introduzidos na 2ª aula e devolvemos a atividade resolvendo-a no quadro de giz, sempre enfatizando a questão da razão e produto entre as grandezas.

5ª aula

Ocorreu no mesmo dia da 4ª aula. Dando seguimento a uma diferenciação progressiva, isto é, propusemos a resolução da situação-problema envolvendo vazão para eles resolverem individualmente. Antes, porém, explicamos o significado da vazão como uma relação entre o volume de água que sai de uma torneira e o tempo gasto para sair. Levaram 20 minutos para resolverem o problema.

6ª aula

Esta aula foi realizada no laboratório de Física. Novamente fizemos a retomada sobre as relações de proporcionalidade. Após isso, apresentamos a questão do sapato de salto agulha na 3ª atividade, localizada no Apêndice A, p.92. Disponibilizamos cinco minutos para realização da tarefa.

No laboratório de Física do CEP, constituído por seis bancadas, é possível acomodar no máximo sete alunos em cada uma. Isto propiciou a discussão do fato observável sobre pressão. Cada equipe possuía um conjunto dos materiais a serem utilizados. Nesta aula a turma realizou a primeira parte da experiência (Apêndice A, p. 93) e respondeu as questões propostas. O propósito deste início de exploração é verificar a dependência da pressão como sendo o inverso da área de contato com a superfície. Na análise dos dados provenientes desta atividade, buscamos evidências da diferenciação progressiva entre os conceitos mais gerais do uso da proporcionalidade nas situações-problema anteriores e o conceito mais específico da pressão.

7ª aula

Realizada no laboratório de Física. Fizemos uma retomada e pedimos que agora os alunos fizessem a parte da experiência nomeada de *novas observações* (Apêndice A, p.96). Esta segunda fase da atividade experimental tem por objetivo explorar a dependência direta existente entre pressão e força. Novamente, buscaremos evidenciar uma diferenciação progressiva para o conceito de pressão.

Nesta aula, o final da tarefa consistia de um item denominado *fazendo alguns cálculos* (Apêndice A, p. 98). Este item busca a relação da experiência com as situações-problema do “restaurante por quilo” e da “vazão”. Estávamos retomando conteúdos e unindo as atividades desenvolvidas até aqui, em uma tentativa de conseguir a reconciliação integrativa.

Ressaltamos que o tempo utilizado para aplicação dessa parte da atividade em laboratório se mostrou insuficiente, proporcionando uma falha na complementação da tarefa e fazendo com que alguns alunos não conseguissem chegar à conclusão do que foi proposto. Como aplicamos a sequência didática no final do ano letivo, não houve condições de retornarmos ao laboratório e nem terminarmos este tópico da aula em outro momento, pois não houveram horários disponíveis para tanto.

8ª aula

Através de aula expositiva buscamos sedimentar o que foi visto e, ainda, sistematizando de forma integradora aquilo que foi estudado até o momento. Fizemos isto durante os primeiros 20 minutos de aula. Em seguida, foram apresentados dois problemas típicos sobre pressão. Isto foi feito para que os alunos, progressivamente, reúnam cada vez mais situações onde as relações de proporcionalidade se apresentam de maneiras diferentes no conceito de pressão.

9ª aula

Após a resolução dos dois problemas propostos na 8ª aula, como uma retomada do que foi visto, os alunos responderam individualmente a três problemas

que utilizamos para avaliação de aprendizagem. Os critérios utilizados para análise da avaliação estão descritos nos Quadros contidos no item 4.5.

3.5 A AVALIAÇÃO

A avaliação foi realizada concomitantemente à implementação da sequência didática, onde foram verificadas as respostas dos alunos, procurando dar ênfase ao que pode ser considerada evidência de aprendizagem significativa dos conteúdos propostos. Além disso, fizemos a proposição de questões, explicitadas no Apêndice A, que buscaram verificar a compreensão e a assimilação de conceitos pelos alunos.

Com relação às questões aplicadas para avaliação de aprendizagem, o primeiro problema, explicitado no Apêndice A, p.101, tinha por objetivo examinar a percepção dos alunos relativa às condições de equipamentos eram de fato as mesmas, mas, o que estava diferente era a pressão exercida sobre a areia em cada competidor. Esperávamos que eles fizessem referência à aula experimental descrita na 3ª atividade, onde maior força peso acarretaria maior “dano” à superfície de contato. Enfim, avaliamos se os alunos estão notando a proporção direta que existe entre pressão e força, mantendo a área de contato entre superfícies constante. Existe a possibilidade de eles calcularem as pressões em separado e no final verificarem através de uma divisão quantas vezes a pressão exercida pelo pai é maior que pressão exercida pelo filho. Mas, nossa expectativa era que eles percebessem que não é necessário fazer este caminho para responder à pergunta. Basta notar que a força peso exercida pelo pai sobre a areia é dobro da força peso exercida pelo filho. Portanto, a pressão exercida será duas vezes maior. Isto é, que existe uma razão constante entre força e pressão.

Já o segundo problema, descrito no Apêndice A, p.101, relativo à avaliação mostrado no Apêndice A, objetivamos avaliar no item (a) se o aluno sabia calcular o valor da pressão e se utiliza corretamente a unidade como sendo unidade de força por unidade de área. Já no item (b), gostaríamos de verificar se se existe a compreensão pelo aluno no que se refere à relação inversa de proporcionalidade entre pressão e área e, ainda, se ele percebe que ao haver um aumento de quatro vezes a área, a pressão deve diminuir de quatro vezes, mantendo a força constante.

Por fim, o último problema relativo à avaliação especificado no Apêndice A, p.102, teve por objetivo avaliar se o aluno consegue transportar o que foi verificado em laboratório, profundidade do buraco deixado na farinha relacionada com maior ou menor pressão, para construção da fundação de um prédio. O que gostaríamos de ter percebido era se os alunos conseguiriam relacionar o fato de a profundidade da “sapata” ser a mesma nos dois casos, significando que a pressão exercida sobre o solo ser a mesma nas duas situações. Esta é uma situação que não foi abordada nas atividades descritas anteriormente. Estávamos propondo algo novo no sentido de verificar se existia uma extrapolação na aplicação da proporcionalidade com relação ao conceito de pressão. Ausubel, Novak, Hannesian (1980, p. 123) recomenda que na verificação da aprendizagem seja utilizado nova problematização para que não haja a recorrência a métodos de resolução decorados de problemas típicos, não havendo assim possibilidades de conclusões sobre se houve ou não a aprendizagem significativa.

Então, no item (a) do último problema esperávamos que houvesse respostas que indicassem a pressão como grandeza constante, pelo fato das profundidades das duas “sapatas” serem a mesma. Já no item (b), esperaríamos obter como conclusão pelos alunos a ideia de que se a pressão é constante e, aumentando a área de contato com o solo, deveria aumentar a força distribuída sobre a área. Isto é, existe uma relação de proporcionalidade direta entre força e área. Também, avaliamos qual nível de entendimento que este aluno tem relativo à implicação de que quanto maior a altura da coluna maior o peso que exerce sobre a fundação. Isto remete ao cálculo da nova altura da coluna com uma simples proporção entre altura e área de apoio da “sapata”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 AS DCEC, O LIVRO DIDÁTICO E O PTD

Na análise das DCEC nota-se que não existe uma listagem formal de conteúdos de Física. As DCEC são estruturadas em grandes temas, chamados de conteúdos estruturantes que, para esta etapa de Ensino são: Astronomia, matéria, sistemas biológicos, energia e biodiversidade (Apêndice C). Por sua vez, os conteúdos estruturantes são subdivididos em conteúdos básicos. A abordagem teórica metodológica está baseada nos aspectos focados na história da ciência, divulgação científica e atividades experimentais como indicado no documento da SEED/PR – DCEC, 2008, p.84.

A análise do conteúdo do livro didático CIÊNCIAS: Matéria e Energia, autor: Fernando Gewandszadj, inserido no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e adotado pelo CEP, mostrou que a estrutura do livro também está dividida em grandes temas e, subdivido posteriormente em conteúdos específicos (Apêndice D).

O Plano de Trabalho Docente (PTD) elaborado pelo professor de Ciências está estruturado de maneira similar às DCEC, com relação aos conteúdos estruturantes e conteúdos básicos. Porém, com relação aos conteúdos específicos, nota-se uma extensa lista os quais resumimos em tópicos mais gerais, para uma confrontação com o que se orienta pelas DCEC e o que se coloca no livro didático (Apêndice E).

A análise do conteúdo do livro didático CIÊNCIAS: Matéria e Energia, autor: Fernando Gewandszadj, inserido no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e adotado pelo CEP, mostrou que a estrutura do livro também está dividida em grandes temas e, subdivido posteriormente em conteúdos específicos.

Fazendo a combinação entre os dados levantados nas DCEC, livro didático e PTD, verificamos quais as grandezas que se repetem. Percebemos que algumas, no nosso entendimento, ficam subentendidas nas DCEC. É o caso da energia mecânica, que é explicitado no livro didático e no PTD, mas nas DCEC aparece nos tópicos sistemas de conversores de energia, as fontes de energia e conservação de energia. O Quadro 01 mostra o resultado da combinação entre os três documentos.

Quadro 01: Grandezas físicas comuns à DCEC, ao livro didático e ao PTD

GRANDEZAS FÍSICAS	DCEC	LIVRO DIDÁTICO	PTD
A gravitação Universal	As leis de Newton no tocante a Gravitação Universal	A Gravitação Universal	As Leis de Kepler e a gravitação Universal
As Leis de Newton	As Leis de Newton no tocante a Gravitação Universal	As Leis de Newton	As Leis de Newton
Massa, volume e Densidade.	As propriedades da matéria: massa, volume e densidade	Matéria: estados físicos e propriedades	Constituição e propriedades da matéria e suas transformações
Deslocamento, tempo, velocidade e aceleração.	Movimento, deslocamento, velocidade e aceleração.	O movimento	Movimento deslocamento, velocidade e aceleração
Trabalho e potência	Movimento... Trabalho e potência	O trabalho das máquinas	Trabalho e potência
Energia Mecânica	Conversores de energia, as fontes de energia e a lei da conservação da energia.	Energia Mecânica	Energia mecânica
Eletricidade	Energia elétrica e magnetismo	Eletricidade	Energia elétrica e relação com o magnetismo

Magnetismo	Energia elétrica e magnetismo	Magnetismo	Energia elétrica e sua relação com o magnetismo
------------	-------------------------------	------------	---

Assim, elaboramos a partir do que foi explicitado no Quadro 01, uma lista de grandezas físicas que possuem relações de proporcionalidade direta e inversa em suas definições e se nessas relações existem produtos ou quadrados envolvidos. Essas últimas grandezas foram retiradas do objeto de estudo pois elas exigiriam um nível de abstração acima do que desejaríamos pesquisar neste trabalho.

Quadro 02: Grandezas físicas e as possíveis relações de proporcionalidade

GRANDEZAS FÍSICAS	RELAÇÕES DE PROPORCIONALIDADE	EXISTE RELAÇÃO DE PROPORCIONALIDADE?	EXISTE PRODUTOS OU QUADRADOS?
A lei de Newton para Gravitação Universal	$F \propto M_1$ $F \propto M_2$ $F \propto \frac{1}{d^2}$ $M_1 M_2 \propto \frac{1}{d^2}$	Sim	Sim
A 2ª Lei de Newton	$F \propto a$ $F \propto M$ $M \propto \frac{1}{a}$	Sim	Não
Densidade	$\rho \propto M$ $\rho \propto \frac{1}{V}$ $M \propto V$	Não	Não
Pressão	$P \propto F$ $P \propto \frac{1}{A}$ $F \propto A$	Sim	Não

Velocidade	$v \propto \Delta S$ $v \propto \frac{1}{\Delta t}$ $\Delta S \propto \Delta t$	Sim	Não
Aceleração	$a \propto \Delta v$ $a \propto \frac{1}{\Delta t}$ $\Delta v \propto \Delta t$	Sim	Não
Trabalho	$W \propto F$ $W \propto \Delta S$ $\Delta S \propto \frac{1}{F}$	Sim	Não
Potência	$P_{ot} \propto W$ $P_{ot} \propto \frac{1}{\Delta t}$ $W \propto \Delta t$	Sim	Não
A Lei de Coulomb	$F \propto Q_1 Q_2$ $F \propto \frac{1}{d^2}$ $Q_1 Q_2 \propto \frac{1}{d^2}$	Sim	Sim
A corrente elétrica	$i \propto \Delta Q$ $i \propto \frac{1}{\Delta t}$ $\Delta Q \propto \Delta t$	Sim	Não
A 1ª Lei de Ohm	$U \propto i$ $U \propto R$ $i \propto \frac{1}{R}$	Sim	Não
A 2ª Lei de Ohm	$R \propto L$ $R \propto \frac{1}{A}$ $L \propto A$	Sim	Não

No Quadro 02 foi mostrado que a grandezas físicas em geral mantém relações de proporcionalidade e, isso nos habilita fazer uso constante do método proposto na pesquisa. Por ser grande o número de conceitos cuja aplicabilidade das proporções é possível, delimitamos a aplicação em sala de aula somente o estudo da pressão. As grandezas que apresentam relações envolvendo produtos ou quadrados em suas definições que foram retiradas são: A lei de Newton para gravitação universal e a lei de Coulomb.

O capítulo 1 do livro didático CIÊNCIAS: Matéria e Energia menciona a influência da pressão na mudança do estado físico da matéria. Traz um comentário sobre a panela de pressão e, conclui que o aumento de pressão aumenta o ponto de ebulição de um líquido. Mas, não faz referência do significado da pressão. Não existe exercícios de aplicação e tão pouco alguma atividade experimental sobre o assunto. Portanto, neste caso, a metodologia desenvolvida na sequência do trabalho pode servir como uma unidade didática de introdução ao estudo de gases que é realizado no capítulo 17 sob o título de “a dilatação dos gases”

4.2 ANÁLISE DE DADOS DA PRIMEIRA ATIVIDADE

Verificamos o nível de entendimento dos alunos sobre proporcionalidade através do número de acertos utilizando as proporções ou aqueles que não acertaram mas fizeram menção em utilização das relações de proporcionalidade para resolver as questões. O número de alunos que participaram da atividade foram 36. Os dados recolhidos da primeira atividade foram separados segundo as regularidades observadas e inseridos em cinco categorias:

- Resolução correta utilizando proporcionalidade (RCUP)
- Resolução correta sem a utilização da proporcionalidade (RCSP)
- Resolução incorreta utilizando a proporcionalidade (RICP)
- Resolução incorreta sem a utilização da proporcionalidade (RISP)
- Não resolveu (NR)

Averiguamos qual foi a participação na atividade e em qual categoria o aluno está inserido, montamos o Quadro 03.

Quadro 03: Panorama de acertos/erros da turma com relação ao uso da proporcionalidade na primeira atividade

	CATEGORIAS					TOTAL
	RCUP	RCSP	RICP	RISP	NR	
PROBLEMA 1	20	09	01	02	04	36
PROBLEMA 2	09	02	12	08	05	36

Observamos que dos onze (11) participantes que resolveram o problema 1 (corretamente e incorretamente) sem fazer referência de proporções, sete (07) deles utilizaram a formulação da velocidade média. Os demais fizeram uso de operações aritméticas.

Já no problema 2, que é uma situação onde se exige o conceito de grandezas inversamente proporcionais, verificou-se que dos doze (12) que tentaram resolver utilizando proporções mas obtiveram resultado errado, sete (07) erraram no momento de perceber que existe ali um produto constante. Cinco (05) erraram em operações aritméticas.

Também notamos que grande parte dos participantes utilizou a relação de proporcionalidade direta (RCUP e RICP) para resolver o problema 1: Vinte (20) que acertaram o resultado final e um (01) que resolveu fazendo uso de proporções mas errou na resposta, totalizando vinte e um (21). Este número corresponde a 58% do número total, incluindo no cálculo os que não resolveram o problema. Se retirarmos os quatro (04) que alunos que deliberadamente escolheram não participar entregando os problemas em branco, o índice passa a ser 66%.

Com relação ao problema 2, em que se fazia necessário o uso de proporcionalidade inversa, o número de participantes que utilizam a proporção (RCUP e RICP) é o mesmo do problema 1. A diferença está na quantidade de alunos que resolveram corretamente o problema 2: nove (09) que acertaram o resultado final e doze (12) que tentaram dar a solução através da proporcionalidade, mas erraram.

Aparentemente, se compararmos as porcentagens entre o total de participantes que utilizaram a proporção direta no problema 1 e os que fizeram uso da proporção inversa no problema 2, encontraremos o mesmo resultado. Mas, se

analisarmos mais profundamente, veremos que as diferenças aparecem entre o número de soluções corretas do problema 1 ser maior em relação ao problema 2. Pelo Quadro 03, concluímos que existe um índice de acertos (RCUP) de aproximadamente o dobro do problema 1 em relação ao problema 2. Por consequência chegamos à conclusão de que os problemas envolvendo as relações de proporcionalidade inversa possuem um nível de dificuldade maior para o aluno do que aqueles que envolvem as relações diretas.

O número daqueles que erraram na solução devido à utilização de razão e produto de maneira equivocada (RICP) também são notavelmente maiores no problema 2. Talvez isso tenha justificativa no fato dos alunos sempre lembrarem de fazer a dita “multiplicação cruzada”, que na relação de proporcionalidade direta não exige inversão de frações, o que já não ocorre na inversa.

Pudemos também observar que o número de alunos que acertaram o problema 1 sem fazer uso da proporcionalidade (RCSP), é maior do que os que acertaram o problema 2, evidenciando ainda mais a dificuldade relativa aos problemas envolvendo a proporcionalidade inversa.

Contudo, verificamos que os alunos em sua maioria possuem uma concepção prévia sobre proporções (66%) mesmo que pouco elaboradas. A concepção referente à proporcionalidade inversa (apesar de existir em 29% da turma) é bastante exígua. Assim, por se tratar de uma pesquisa-ação, em que existe uma flexibilidade nas etapas da pesquisa, tomamos a decisão de aplicar à turma um organizador prévio na intenção de homogeneizá-la com respeito à proporcionalidade. Este organizador foi trabalhado durante a 2ª e 3ª aulas da sequência didática.

4.3 ANÁLISE DE DADOS DA SEGUNDA ATIVIDADE

Para essa análise as resoluções recolhidas dos alunos foram classificadas em categorias cujos elementos para avaliação foram descritos no Quadro 03. Buscamos em Calheiro e Garcia (2014, p.184) subsídios para elaboramos os critérios de avaliação das respostas dadas à situações-problema “restaurante por quilo” e “vazão” e, posteriormente, classifica-los em categorias de aprendizagem.

Quadro 04: Lista de elementos utilizados para avaliação de respostas dadas às situações-problemas

	CRITÉRIOS	DIVISÃO DE ACERTIVIDADE
1	Resolveu corretamente?	Sim
		Não
2	Estabeleceu relações de produto/quociente constante?	Sim
		Não
3	Identificou o tipo de proporcionalidade (direta ou inversa)?	Sim
		Não
4	Identificou as grandezas que se mantêm constante ou aquelas que variam?	Sim
		Não

Quadro 05: Critérios utilizados para categorização das respostas dadas às situações-problema

	Categoria A	Categoria B	Categoria C	Categoria D
Resolveu corretamente?	Não	Sim	Sim	Sim
Estabeleceu relações de produto/quociente constante?	Não	Sim	Sim	Sim
Identificou o tipo de proporcionalidade (direta ou inversa)?	Não	Não	Sim	Sim
Identificou as grandezas constantes ou grandezas que variam?	Não	Não	Não	Sim

Avaliamos o desenvolver do conhecimento no decorrer da atividade qualitativamente, a partir dos conceitos de aprendizagem explicitados no Quadro 04. Criamos um conjunto de critérios relacionados no Quadro 05 que foram utilizados na categorização das respostas dadas à situação-problema “restaurante por quilo”. Então, as soluções elaboradas pelos alunos foram classificadas em quatro categorias determinadas a partir dos critérios listados no Quadro 05 e, ancorados na teoria da aprendizagem significativa.

- *Categoria A* – Soluções que não apresentaram relações válidas entre os conceitos envolvidos no problema “restaurante por quilo” e proporcionalidade e, também, não indicaram haver subsunçores relevantes com relação à possibilidade de resolver o problema.
- *Categoria B* – Soluções que apresentam poucos indícios de aprendizagem significativa com relação ao uso das relações de proporcionalidade para solucionar o problema “restaurante por quilo”. As resoluções indicam uma reprodução mecânica das explicações do professor, não atribuindo significado às grandezas envolvidas.
- *Categoria C* – Soluções que apresentam indícios de aprendizagem significativa. Mostram relações válidas entre as grandezas que variam no problema “restaurante por quilo” e os tipos de proporcionalidade, mas ainda pouco estáveis.
- *Categoria D* – Soluções que apresentam indícios satisfatórios de aprendizagem significativa. Relacionam de maneira válida as grandezas envolvidas no problema “restaurante por quilo” e a proporcionalidade, identificando e atribuindo significado às associações estabelecidas na resolução do problema.

Através da análise da resolução individual dos itens “b” e “c” da situação-problema “restaurante por quilo”, classificamos o rol de alunos segundo as categorias obtendo os resultados listados no Quadro 06.

Quadro 06: relação de categorias por número de alunos em cada situação-problema do “restaurante por quilo”.

CATEGORIAS	SITUAÇÃO-PROBLEMA “b”	SITUAÇÃO-PROBLEMA “c”
A	11 alunos	16 alunos
B	19 alunos	15 alunos
C	02 alunos	01 aluno
D	02 alunos	02 alunos

A análise da atividade “restaurante por quilo”, envolveu a participação de 34 alunos, que individualmente resolveram as situações-problema propostas durante o tempo de uma aula. Através da análise destas resoluções foi possível verificar a compreensão dos conceitos relativos às relações de proporcionalidade. Os resultados elencados no Quadro 06, foram plotados em um gráfico que ilustra de forma percentual o desempenho dos alunos nesta atividade.

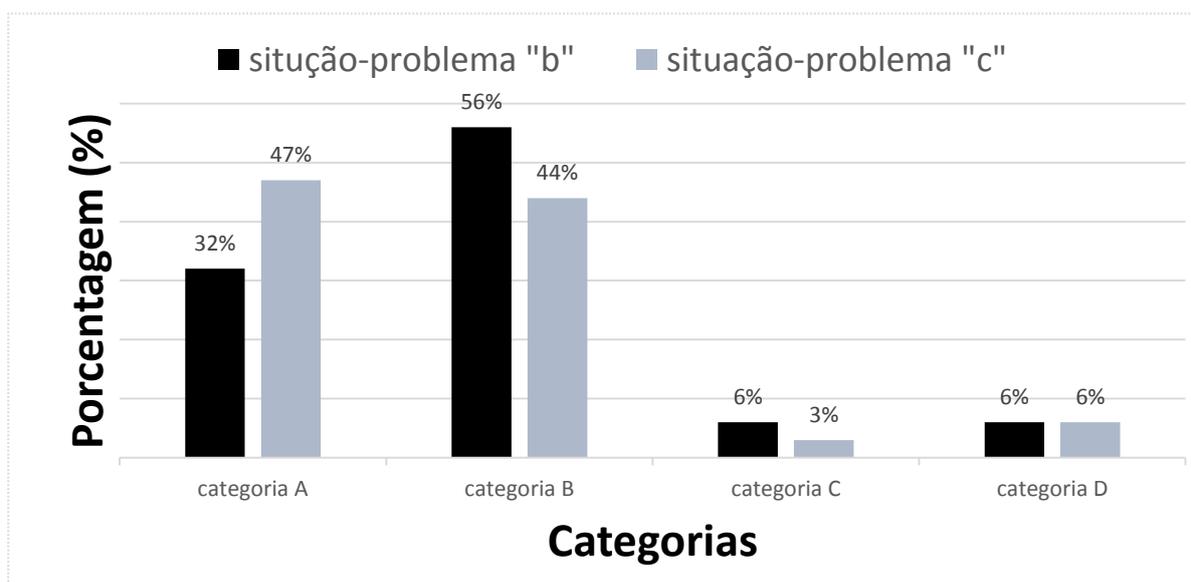


Gráfico 01: Rendimento “restaurante por quilo” x categorias

O gráfico 01 ilustra o baixo índice de aproveitamento alcançado na solução da situação-problema, tanto no tópico envolvendo relação de proporcionalidade direta (situação-problema “c”) como naquela em que envolvia proporção inversa (situação-problema “b”), na qual grande parte dos alunos estão inseridos nas categorias A e B.

Assim, decidiu-se fazer uma retomada do que foi apresentado aos alunos e fazer nova verificação de aprendizagem, utilizando a situação-problema que envolve o conceito de vazão.

Com relação à atividade que envolve a situação-problema “vazão”, fizemos uso da categorização mostrada no Quadro 05. Nesta tarefa, houve participação de 33 alunos, um a menos que na atividade “restaurante por quilo”. Isto se deve ao não comparecimento de um aluno nas atividades escolares neste dia. Por esta razão, decidiu-se fazer uma comparação percentual entre as atividades para verificar a evolução dos conceitos e indícios de aprendizagem.

Quadro 07: Relação categorias por número de alunos em cada situação-problema “vazão”

CATEGORIAS	SITUAÇÃO-PROBLEMA 2	SITUAÇÃO-PROBLEMA 3	SITUAÇÃO-PROBLEMA 4
A	Nenhum aluno	Nenhum aluno	Nenhum aluno
B	17 alunos	17 alunos	16 alunos
C	11 alunos	11 alunos	12 alunos
D	5 alunos	5 alunos	5 alunos

Nota-se que houve um crescimento do aprendizado, pela observação de que não houve ocorrência de soluções classificadas como pertencentes à categoria A. Para uma melhor visualização da evolução do conhecimento obtida pelos alunos em relação às duas situações-problema, organizamos gráficos comparativos entre os índices atingidos na solução dos problemas “restaurante por quilo” e “vazão”. Escolheu-se a situação-problema “c” da atividade “restaurante por quilo” e a situação-problema 2 da atividade “vazão” para verificar o progresso do conceito de proporcionalidade direta. Esta escolha deve-se à similaridade existente entre as duas situações. Semelhantemente, tomou-se os dados da situação-problema “b” e a situação-problema 4 para comparar os resultados da proporcionalidade inversa.

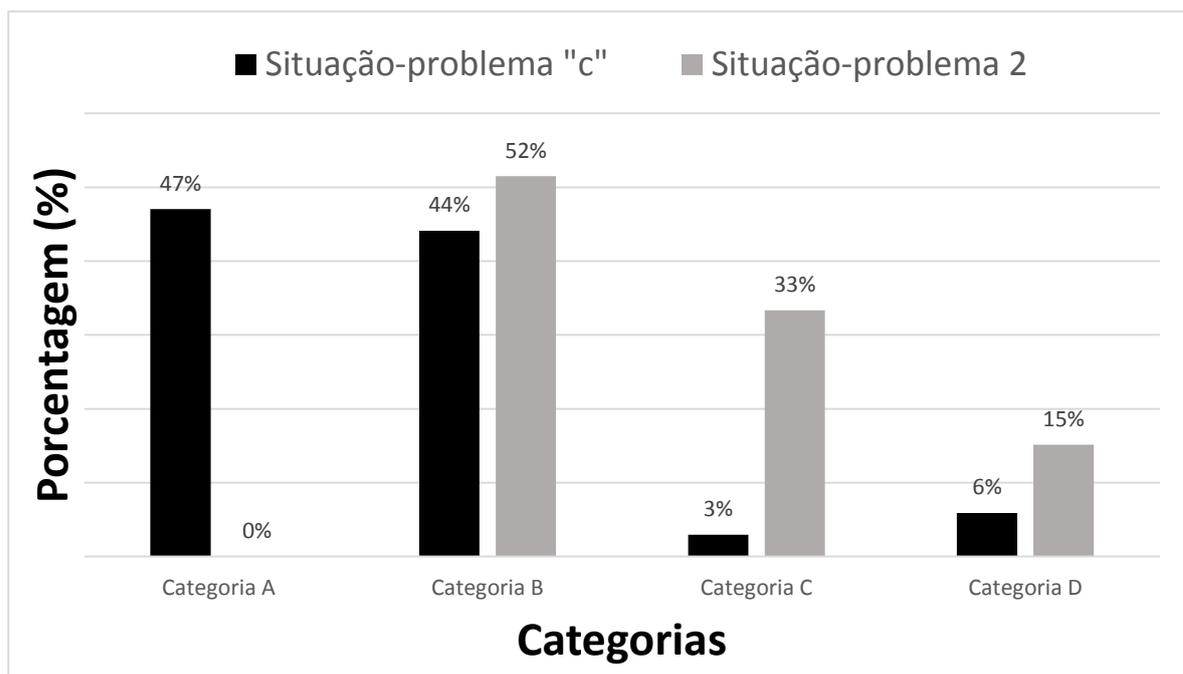


Gráfico 02: Evolução do conceito de proporcionalidade direta

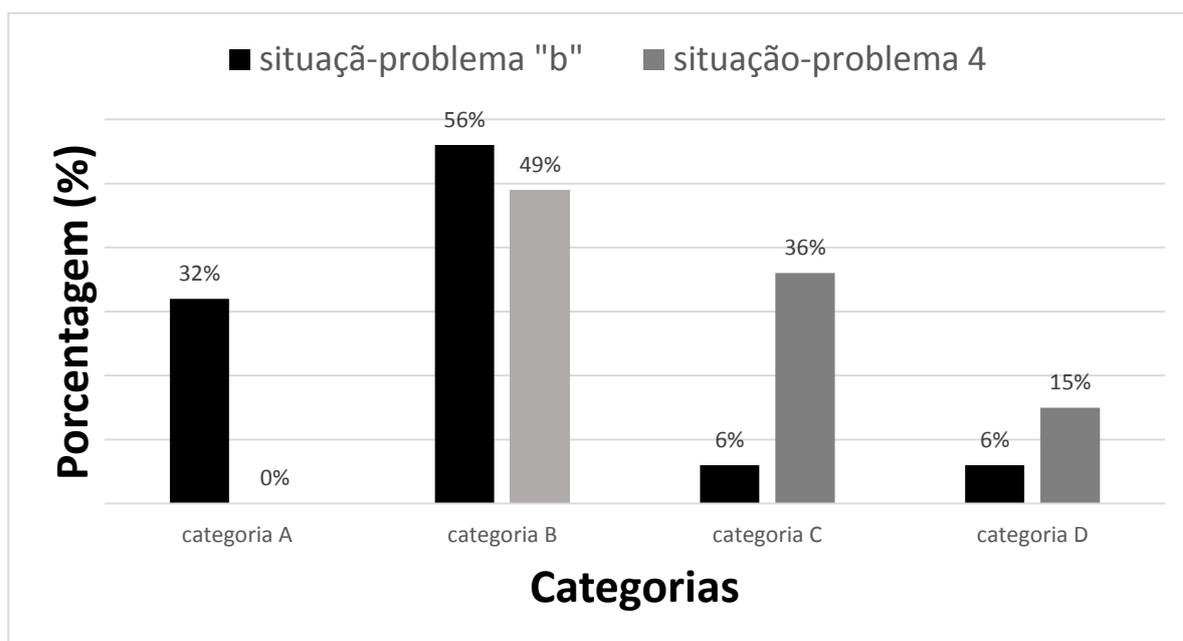


Gráfico 03: Evolução do conceito de proporcionalidade inversa

Observando os gráficos comparativos 02 e 03, nota-se uma evolução significativa com relação aos conceitos de proporcionalidade. Apesar de ainda persistir boa parte de alunos inseridos na categoria B, o percentual dos que evoluíram para as categorias C e D foram na nossa perspectiva satisfatória. Pressupõe-se que uma maior quantidade de aulas disponíveis possivelmente teria elevado os índices mostrados até aqui.

Como exemplo, analisamos as soluções apresentadas por um aluno, objetivando mostrar a evolução conceitual apresentada durante a sequência das atividades “restaurante por quilo” e “vazão”.

Na figura 02 observa-se através da resolução do problema “restaurante por quilo” que não existe ligação entre o conceito de proporcionalidade e a variação das grandezas existente na situação colocada. O aluno preencheu os quadros reproduzindo o método exemplificado pelo professor, mas não fez aferições próprias indicando qual tipo de proporcionalidade presente na questão e, ainda, quais grandezas variavam e quais permaneciam constante. Por outro lado, a solução contempla indicativos de conhecimento para a descoberta de quais grandezas variam e que tipo de relação de proporcionalidade elas mantém. Isto é evidenciado pela execução de produtos e quocientes executados na resolução do problema.

b) Neste mesmo dia, João Manoel almoçou em um restaurante onde gastou R\$15,00 comendo 0,400kg enquanto que João Ricardo, que almoçou em outro restaurante, gastou R\$15,00 comendo 0,600kg. Seguindo os mesmos passos do problema anterior, você deve completar a tabela seguinte e responder às questões.

JOÃO MANOEL			JOÃO RICARDO			Razão (PK/Q)	Produto (PK.Q)
PK(R\$)	Q(Kg)	P(R\$)	PK(R\$)	Q(kg)	P(R\$)		
37,50	0,400	15,00	25	0,600	15,00	≠	=

b.1) Qual o preço que cada um pagou por quilo?
b.2) Como você chegou a essa conclusão? *Dividindo o P pelo Q.*
b.3) Qual restaurante é mais caro? *Que João Manoel almoçou.*

15 ÷ 0,400 = 37,5
15 ÷ 0,600 = 25

37,5 - 93,7
0,4
37,5 · 0,4 = 15

25 · 0,6 = 15

c) Por acharem que outros restaurantes servem comida mais saborosa, João Felipe e João Marcos almoçaram em outros dois lugares diferentes, cada um. João Felipe foi almoçar em um restaurante onde comeu 0,500kg gastando R\$14,50 enquanto que João Marcos almoçou em um estabelecimento em que se serviu de 0,500kg, gastando R\$16,00. Complete a tabela seguinte responda as questões.

JOÃO FELIPE			JOÃO MARCOS			Razão (P/PK)	Produto (P.PK)
PK(R\$)	Q(Kg)	P(R\$)	PK(R\$)	Q(kg)	P(R\$)		
29,00	0,500	14,50	32,00	0,500	16,00	=	≠

c.1) Qual o preço que cada um pagou por cada 1,0kg de comida? *João Felipe: 29,00*
c.2) Como você chegou a essa conclusão? *Dividindo o preço do João Marcos: 32,00*
c.3) Existe algo que se mantém constante? O que? *PELA QUANTIDADE*

14,50 ÷ 0,5 = 29
16 ÷ 0,5 = 32
14,50 × 29 = 4205
16 × 32 = 512
16 × 0,5 = 8
14,5 × 0,5 = 7,25

Figura 02: Resolução da atividade “restaurante por quilo”

Nas figuras 03 e 04, tem-se a resolução da atividade envolvendo o conceito de vazão elaborada pelo mesmo aluno. Observa-se a ocorrência de algumas proposições indicando tipo de proporcionalidade e quais grandezas estão interagindo entre si.

“O volume é diretamente proporcional ao tempo”

“O volume é diretamente proporcional à vazão”

“O tempo é inversamente proporcional à vazão”

Além disso, nota-se indicação de quocientes constantes quando as afirmações citadas acima se referiam à proporcionalidade direta e produto constante quando indicava proporcionalidade inversa.

2) Huguinho e Luizinho voltando de uma aula de educação física em um dia muito quente pararam para encher suas garrafas com água em mesmo bebedouro na pista de atletismo. Huguinho, tem uma garrafa de 500ml e a encheu em 20s. Sabendo que Luizinho possui uma garrafa de 300ml e associando com o problema do restaurante por quilo, complete a tabela e responda as questões seguintes:

a) Quanto tempo Luizinho levaria para encher sua garrafa?
 b) E se a garrafa de Luizinho fosse de 625ml, qual seria o tempo?
 c) Existe algo que se manteve constante?

HUGUINHO			LUIZINHO			Razão (volume/tempo)	Produto (volume.tempo)
Volume (ml)	Tempo (s)	Vazão (ml/s)	Volume (ml)	Tempo (s)	Vazão (ml/s)		
500	20	25	300	12	25	=	≠

$500 \div 20 = 25$
 $300 \div 25 = 12$

HUGUINHO
 $500 \div 20 = 25$
 $500 \cdot 20 = 10.000$

LUIZINHO
 $300 \div 12 = 25$
 $300 \cdot 12 = 3.600$

$\frac{V}{T} = 25$
 $\frac{V}{T} = VA$

O volume é diretamente proporcional ao tempo

3) Em outro dia, devido ao atraso no término da aula e não querendo esperar sua vez no bebedouro da pista de atletismo, Luizinho correu até a torneira do pátio da ala par e encheu sua garrafa no mesmo tempo que Huguinho. O tempo foi de 20s. Qual das torneiras tem maior vazão de água?

HUGUINHO			LUIZINHO			Razão (volume/vazão)	Produto (volume.vazão)
Volume (ml)	Tempo (s)	Vazão (ml/s)	Volume (ml)	Tempo (s)	Vazão (ml/s)		
500	20	25	300	20	15	=	≠

$500 \div 20 = 25$
 $300 \div 20 = 15$

HUGUINHO
 $500 \div 25 = 20$
 $500 \cdot 25 = 12.500$

LUIZINHO
 $300 \div 15 = 20$
 $300 \cdot 15 = 4.500$

$\frac{V}{VA} = T$
 $\frac{V}{VA} = 20$

O volume é diretamente proporcional a vazão

Figura 03: Resolução da atividade “vazão” - proporcionalidade direta

- 4) Neste último dia, Zezinho que estava presente mas não participou da aula por estar com problemas de saúde, encheu sua garrafa com água no bebedouro do segundo andar da ala par. A garrafa de Zezinho é semelhante à garrafa de Huguinho, com volume de 500ml. Huguinho encheu sua garrafa na torneira da pista de atletismo, que possui uma vazão de 25ml por segundo, levando 20s para enchê-la. Já Zezinho, levou um tempo de 25s para encher sua garrafa.
- a) Qual seria a vazão do bebedouro do segundo andar da ala par? 20 ml/s
- b) Será que Luizinho levaria mais tempo ou menos tempo que Zezinho para encher sua garrafa utilizando a torneira da pista enquanto Zezinho utiliza a torneira do segundo andar ala par? *Sim*

HUGUINHO			HUGUINHO Zezinho			Razão (tempo/vazão)	Produto (tempo.vazão)
Volume (ml)	Tempo (s)	Vazão (ml/s)	Volume (ml)	Tempo (s)	Vazão (ml/s)		
500	20	25	500	25	20	\neq	$=$

$$20 \div 25 = 0,8$$

$$20 \cdot 25 = 500$$

$$25 \div 20 = 1,25$$

$$25 \cdot 20 = 500$$

$$500 \div 25 = 20$$

$$t \cdot VA = V$$

$$t \cdot VA = 500$$

ZEZINHO
500 / 25

o tempo
é inversa-
mente pro-
porcional
à vazão

Figura 04: Resolução da atividade “vazão” - proporcionalidade inversa

Da análise da resolução dos problemas propostos no início da unidade de ensino, com objetivo de verificar conhecimento prévio relativo à proporcionalidade, pode-se concluir que a maioria dos alunos não apresentava subsunções relevantes em sua estrutura cognitiva relativa à proporcionalidade inversa. Ficou também evidente a carência de ideias claras, hierárquicas e organizadas dos conceitos disponibilizados na atividade desenvolvida no que se chamou de “restaurante por quilo”.

Constatou-se também que os alunos, após nova intervenção pedagógica, apresentaram indícios de evolução relativamente aos conceitos envolvendo a variação proporcional tanto direta como inversa, trabalhados durante as aulas iniciais. Assim, presume-se que ao conhecimento mais estável assimilado ao cognitivo dos alunos, a proporcionalidade direta, foi acrescentada através da aplicação destas atividades a proporcionalidade inversa.

4.4 ANÁLISE DE DADOS DA TERCEIRA ATIVIDADE

Na terceira atividade, os alunos foram levados ao Laboratório de Física, onde realizaram uma atividade experimental sobre o conceito de pressão. Dando início às discussões, foi proposto aos alunos que respondessem à questão descrita na 3ª atividade que era relativa à interação entre força e área. Esperava-se obter indicações que levassem à ideia de força distribuída sobre uma área. Após análise das respostas dadas por 36 alunos à questão, chegou-se aos seguintes resultados:

- Dois alunos respondem corretamente à questão, mas justificam sua resposta associando a pressão com o atrito.
- Seis alunos respondem corretamente à questão, mas não conseguem justificar a resposta dada.
- Um aluno respondeu corretamente à questão, mas associou a pressão à altura do salto “agulha”.
- Vinte e sete alunos responderam corretamente à questão, associando de alguma forma a pressão como sendo uma força distribuída sobre uma área.

Assim, 75% dos alunos apresentaram relações hierárquicas válidas e dão sentido às proposições através de palavras de ligação, como indica os três exemplos seguintes:

“A moça provoca maior dano pois como seu sapato tem salto muito fino que sustenta todo o peso da moça, e no sapato do homem o peso é mais distribuído. ”

“É a mulher pois o salto agulha tem que sustentar todo seu peso em muito pouco espaço assim o salto provoca mais dano a superfície a bota por ser grande distribui bem o peso. ”

“O homem com a bota tem menor pressão por ter distribuído o sapato no tapete e a mulher com o salto a pressão dela está só em um lugar e isso provoca maior dano na superfície. ”

Para a **questão 1** relativa à primeira parte da atividade realizada em laboratório, encontramos as seguintes respostas:

- 10 alunos responderam que a força peso seria a mesma independentemente da posição pelo qual o paralelepípedo fosse pendurado, sem justificar a resposta dada.
- 22 alunos responderam que a força peso seria a mesma porque a atração gravitacional independe da posição do objeto e que não houve mudança na massa do paralelepípedo.
- 3 alunos responderam que o peso era o mesmo pois estavam pendurados pela mesma corda.
- 1 aluno respondeu que o peso era o mesmo porque estava sendo puxado pela mesma gravidade. Não associou à massa.

As frases acima foram reescritas tentando manter ao máximo o mesmo sentido dado pelos alunos. Para efeito de análise sobre o entendimento da força peso por parte dos alunos, propomos a codificação descrita a seguir:

- A- Possuem o senso comum de que a força peso de um objeto é igual em qualquer posição, sem justificar;
- B- Possui o senso comum de que a força peso de um objeto é igual em qualquer posição, justificando erroneamente;
- C- Sabe que a força peso é igual independentemente da posição e explica corretamente a observação.

O Quadro 08 mostra o percentual de respostas inseridos nos códigos A, B e C descritos no parágrafo anterior.

Quadro 08: Percentual de entendimento do conceito da força peso

CÓDIGO	NÚMERO DE ALUNOS	PERCENTUAL
A	10	28%
B	4	11%
C	22	61%

Então, todos os alunos têm internalizado em seu cognitivo que a força peso não depende da posição em que um objeto se encontra equilibrado. Todavia, apenas 61% deles associa o peso à gravidade e à massa do corpo. Estes resultados indicam haver em 39% da turma, uma defasagem no entendimento do conceito da força peso. Apesar de não ser a maioria, 14 alunos é um número relevante, e, indica a necessidade de uma retomada do estudo do campo gravitacional. Como “a aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual, um campo de situações, é progressivo, com rupturas e continuidades e pode levar um tempo relativamente grande (MOREIRA, 2011 a, p.47), optamos por utilizar o recurso da *linguagem* para minimizar o efeito da falta de conhecimentos prévios adequados relativos à força peso. Segundo Moreira (2011 a, p. 48), a aprendizagem significativa depende essencialmente da linguagem. Se algum significado de um conceito já estudado, utilizado pelo aluno, não for condizente com aquele que se espera na matéria de ensino, o professor deve apresentá-lo de outra maneira, de tal forma que haja uma devolução ao docente dos significados que estão captando. “Quer dizer, a captação de significados implica diálogo, negociação de significados” (MOREIRA, 2011 a, p.48). Como exemplo disso, descrevemos uma das situações vivenciadas durante o desenrolar da atividade, no Apêndice F.

Com relação à **questão 2** da primeira parte da atividade experimental, descrita na 3ª atividade, relativo a qual apoio provocou maior deformação na superfície de farinha de trigo, obteve-se as seguintes respostas:

- 09 alunos responderam que apoiando o paralelepípedo na face menor provoca uma deformação maior, apenas descrevendo a observação;
- 21 alunos responderam que apoiando o paralelepípedo na face menor provoca uma deformação maior, justificando a resposta explicando que o peso é concentrado em uma área menor;
- 04 alunos responderam que apoiando o paralelepípedo na face menor provoca uma deformação maior, utilizando o termo “pressão maior” para justificar a resposta;
- 02 alunos responderam que apoiando o paralelepípedo na face menor provoca uma deformação maior, justificando a resposta dizendo que o peso não está

distribuído igualmente na área menor e é distribuído de maneira igual na face maior.

Elaboramos o Quadro 09, que indica qual a percentual de entendimento que os alunos possuem com relação à força distribuída sobre a área ser a responsável pelo maior ou menor “dano” causado a uma superfície, referenciados nos códigos elaborados a partir das repostas dadas pelos alunos e pela definição do conceito de pressão.

- D – Respondem corretamente apenas descrevendo o observado, sem justificar;
- E – Respondem corretamente justificando a resposta através da ideia de que o peso é concentrado em uma área menor;
- F – Respondem corretamente justificando a resposta erroneamente.

Quadro 09: Percentual do entendimento de pressão como força sobre a área

CÓDIGO	NÚMERO DE ALUNOS	PERCENTUAL
D	09	25%
E	25	69%
F	02	6%

Na construção do Quadro 09, consideramos que os alunos que utilizaram o termo “pressão maior” como uma justificativa correta, entendendo que eles já possuem internalizada a relação de proporcionalidade inversa entre pressão e área.

Como a tarefa exigia uma observação empírica, todos os 36 alunos perceberam que o apoio menor provocava na superfície uma deformação maior. Entretanto, somente 69% conseguiram associar a deformação maior com a área de apoio menor. Retomando o índice de 75% atingido na questão inicial do “salto agulha”, existe uma diferença para menos de 6% (02 alunos) que coincide com o número de alunos classificados no código F. Possivelmente, esses dois alunos ao redigirem as suas repostas não souberam expor corretamente as suas ideias, provocando assim a discrepância entre os índices iniciais para o conceito de pressão e este atingido na questão 2 da primeira parte da atividade experimental.

Analisando as repostas dada à **questão 2**, podemos pressupor que existem subsunçores já estabelecidos nos cognitivos da maioria dos alunos. Por outro lado, aqueles que simplesmente reproduziram o observado, sem dar significado à relação entre “deformação” e área de contato, possivelmente o fizeram por não ter conhecimentos prévios adequados, ou o material didático não teve significado logico, isto é, ou o material não foi potencialmente significativo para esses alunos. Também, é possível que não houve predisposição deles em aprender, o que acreditamos não ser o caso, pois houve uma participação evidente dos alunos nas atividades. Por fim, notamos que houve dois alunos que deram uma resposta indicando uma concepção *alternativa* àquela que consideramos “correta”. Deve-se lembrar que, segundo Moreira (2011 a, p.24), aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem “correta”. Quando esses dois alunos atribuíram significado à relação peso e área, não o fizeram por ser contextualmente aceito, mas, provavelmente, por ser pessoalmente aceito. Geralmente, as concepções alternativas também são aprendizagens significativas e, por esta razão, são resistentes às mudanças conceituais.

A questão 3 da primeira parte da atividade experimental, que é constituída de duas perguntas, teve como resultado 33 alunos afirmando que a força peso não é a única responsável pela deformação da farinha e 03 alunos não responderam à questão. Na segunda pergunta da questão, relacionada à resposta quase unânime da primeira, obteve-se os seguintes resultados:

- 12 alunos responderam que a área de apoio também influencia no dano causado à farinha;
- 02 alunos responderam como sendo a gravidade e a pressão as grandezas que ajudam a força peso no dano causado na farinha;
- 11 alunos responderam que somente a pressão ajuda a força peso na deformação da farinha;
- 06 alunos responderam que somente a gravidade ajuda a força peso;
- 02 alunos associaram a deformação a uma grandeza relacionada ao que eles chamaram de “dureza” da farinha.

O gráfico 04 mostra o percentual de alunos que conseguem relacionar força com área e aqueles que não.

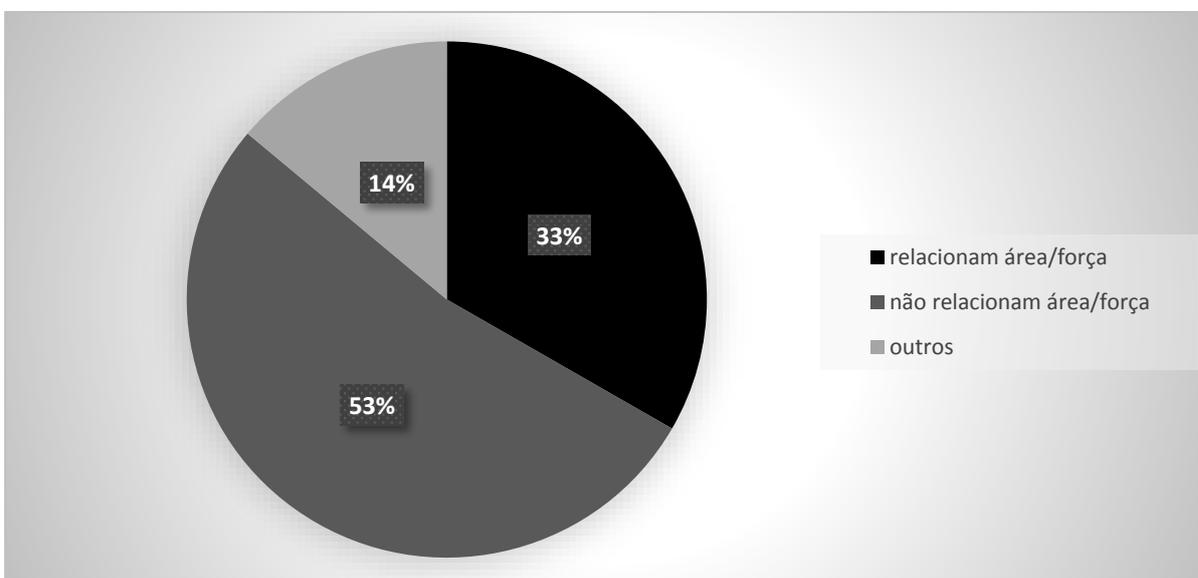


Gráfico 04: Percentual questão 3 – relação área/força

Nota-se que existe uma confusão entre os conceitos de campo gravitacional e peso. Novamente, verificamos a necessidade da retomada do conceito de campo gravitacional, já comentado na análise da **questão 2**. Também chama a atenção o fato de que 02 alunos tiveram a ideia de relacionar a deformação obtida com o tipo de material em contato. Não era a resposta esperada, mas, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.43), no curso da aprendizagem significativa pode haver alguma discrepância entre a resposta dada pelo aluno e aquela esperada pelo professor, mesmo quando a resposta esteja fundamentalmente correta. O problema então, consiste em levar esses alunos a compreenderem o que lhes é ensinado, não considerando suas respostas erradas, mas, delimitando melhor o problema proposto.

A **questão 4**, que buscava levar os alunos a compreenderem a relação existente entre a profundidade do “buraco” e a área de apoio, teve como resultado as seguintes respostas.

- 23 alunos responderam que quanto menor a área de apoio, maior a profundidade do “buraco” na farinha.
- 08 alunos não souberam dizer corretamente a relação existente entre profundidade do “buraco” e área de apoio.
- 05 alunos não responderam à questão.

Considerando que a observação de um “buraco” mais profundo, indicaria uma pressão maior sobre a superfície de apoio, existe uma relação entre pressão e área. O gráfico 05, mostra o percentual obtido na verificação da existência de relações hierárquicas válidas entre pressão e área de apoio.

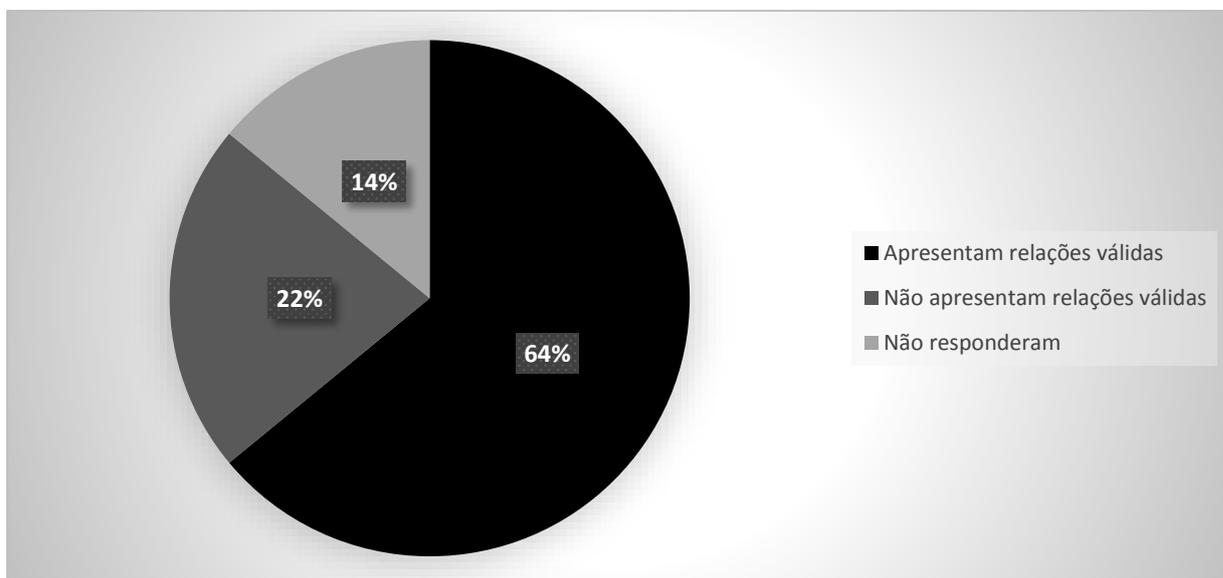


Gráfico 05: Percentual questão 4 – existência de relações válidas

Esperávamos obter como resposta que quanto menor a área de contato, maior a deformação ocorrida na superfície da farinha, levando à indicação de que existe uma relação de proporcionalidade inversa entre área e deformação. Também, tínhamos a expectativa nesse momento de que se tornasse visível nos escritos dos alunos, indicações deles sobre o fato da profundidade do “buraco” ser resultado da relação entre peso e área e, que o nome dessa relação, seria pressão. Nesse caso, estaríamos observando além do processo de diferenciação progressiva, ao atribuir novo significado ao subsunçor relações de proporcionalidade, também verificaríamos o início de uma nova ancoragem, tendo agora como ideia âncora, os subsunçores força e área, dando como resultado, após o processo de subordinação, o novo conceito de pressão. Essa possibilidade se tornou realidade em alguns alunos que já utilizaram a palavra “pressão” como uma relação válida entre força e área.

A segunda parte da atividade realizada em laboratório, consistia de duas questões, cujo objetivo já descrito anteriormente, seria o de verificar a relação direta entre pressão e força. A partir das respostas dadas na **questão 1** da segunda parte, se verificou os seguintes dados:

- 23 alunos responderam que o peso é maior, portanto, a área deformada também o será;
- 04 alunos responderam que devido à pressão ter sido duplicada, já que a massa e o volume foram multiplicados por dois, e ainda, a gravidade ter permanecido a mesma, aumentou a deformação da farinha;
- 03 alunos associaram a maior deformação com o aumento da gravidade devido ao aumento da força peso;
- 02 alunos associaram com a forma e com a concentração da força peso.
- 01 aluno não respondeu a questão.

Esta segunda parte da atividade em laboratório foi realizada em aula diferente da primeira parte. Neste dia, houve ausência de 03 alunos o que justifica um número menor de alunos na retirada de dados. Com relação aos dados listados no parágrafo anterior, observamos que 09 alunos responderam a questão baseados no senso comum. Como exemplo para justificar esta conclusão, tomamos a ideia descrita por alguns alunos sobre a relação entre força peso e gravidade: *a maior deformação se deve ao aumento da gravidade com o aumento da força peso*. Também, apareceu a concepção alternativa de que a massa e volume se alteram com a posição de apoio diferente. As concepções alternativas foram discutidas na análise da questão 2 da primeira parte da atividade experimental. Assim, elaboramos o gráfico 6 estabelecendo respostas baseadas em conceitos científicos e respostas obtidas a partir do senso comum.

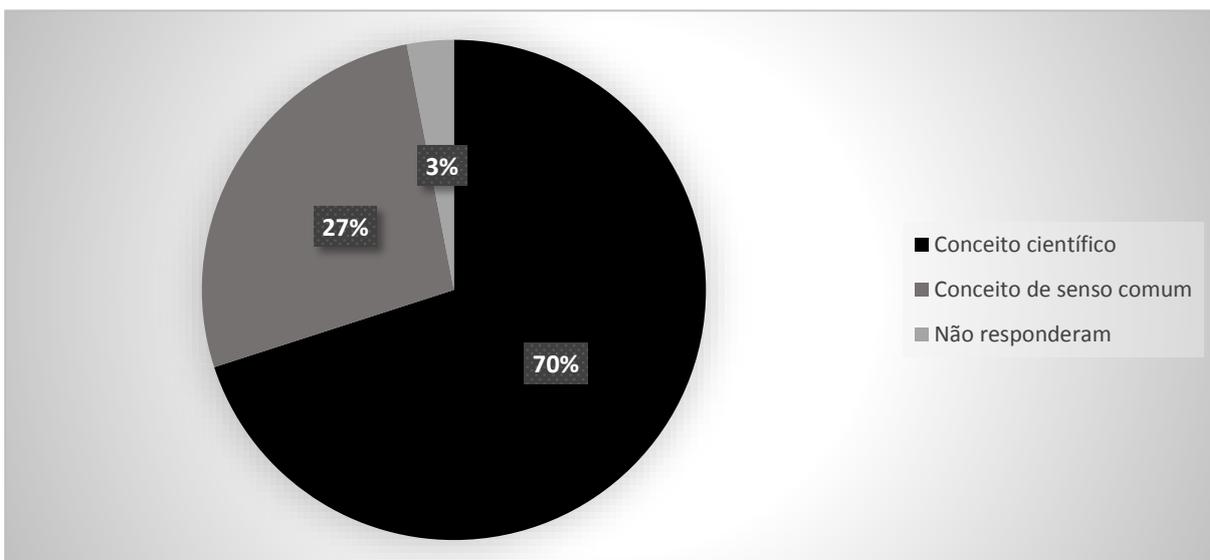


Gráfico 06: Questão 1 – parte 2 – Conceito científico/Conceito de senso comum

Aqui, tomamos como princípio de análise para diferenciar conceito científico de senso comum, as ideias de Francelin (2004, p.31) que justifica a separação entre os dois conceitos pelo aperfeiçoamento metodológico desenvolvido pelo conhecimento científico, de onde se retira através de métodos especiais resultados especiais. Estes métodos especiais conduzem a conclusões de que, por exemplo, mantida a área de apoio constante, maior a deformação quanto maior a força aplicada sobre a área.

O Gráfico 06, permite a visualização de que houve um melhor desempenho na resposta referente à proposição relacionada ao conhecimento científico indicado pelo método da atividade de laboratório. Ao contrário do trabalho semelhante realizado por Ribeiro, Bonfleux, Della Justina e Balbo (2006, p.34) sobre o sistema digestório, onde se concluiu que as concepções dos alunos levantadas demonstraram que no ensino fundamental e no médio os conceitos científicos se mostraram isolados, fragmentados e restritos, as ideias associadas ao conhecimento científico na relação direta entre pressão e força prevalece na maioria dos estudantes (70%), o que pode ser um indício de aprendizagem significativa para estes alunos.

A **questão 2** da segunda parte da atividade de laboratório, que também remete a uma relação direta entre força e pressão, teve como resultados a seguinte relação:

- 20 alunos responderam que quanto maior o peso maior a deformação;

- 09 alunos continuaram associando deformação com área de apoio;
- 02 alunos associaram a maior deformação com aumento da gravidade;
- 02 alunos associaram a maior deformação com a “dureza” da farinha e à força peso do paralelepípedo.

Assim, consideramos que 22 alunos estabeleceram uma relação correta entre força e pressão, sendo que dois desses alunos associaram também a deformação com a natureza do material de apoio. O gráfico 07 mostra o percentual de relação correta ou incorreta entre força e pressão.

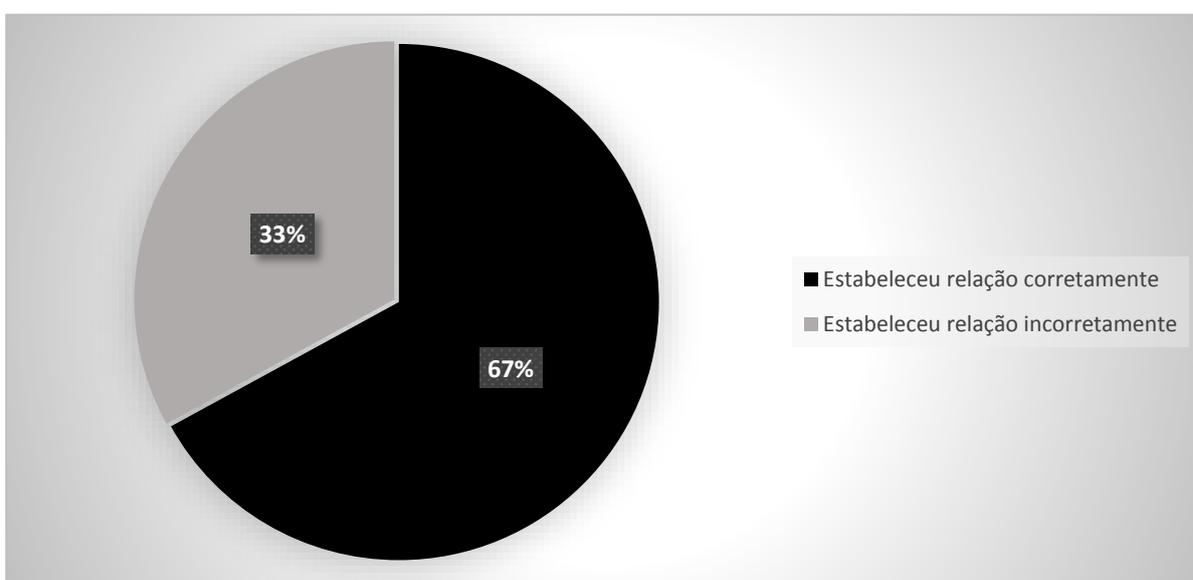


Gráfico 07: Questão 2 – parte 2 – Relação correta/incorreta

As duas questões da segunda parte tinham como objeto associar a força e pressão como grandezas físicas diretamente proporcionais, mantendo a área de apoio constante. Então, fazendo a comparação entre o gráfico 06 e o gráfico 07, nota-se uma similaridade nos resultados relativos à porcentagem de alunos cujas concepções científicas são preponderantes e aqueles que estabeleceram uma relação entre as grandezas de forma correta.

Com relação ao tópico “fazendo alguns cálculos” presentes na atividade de laboratório, obteve-se os seguintes dados:

- 22 alunos completaram as tabelas e realizaram as razões. Contudo, não fizeram associações com as relações direta e inversa presentes na atividade;

- 11 alunos fizeram os cálculos associando a razão entre as grandezas envolvidas como sendo diretamente proporcionais. Ainda, perceberam que quanto maior o “buraco” na farinha maior a razão força peso por área, indicando haver uma pressão maior. Por fim, concluíram a atividade afirmando através de uma expressão matemática ou de maneira discursiva que a pressão é diretamente proporcional à força peso e inversamente proporcional à área de apoio.

Esses dados foram plotados no gráfico 08, a fim de visualizar em termos de porcentagem os resultados obtidos.

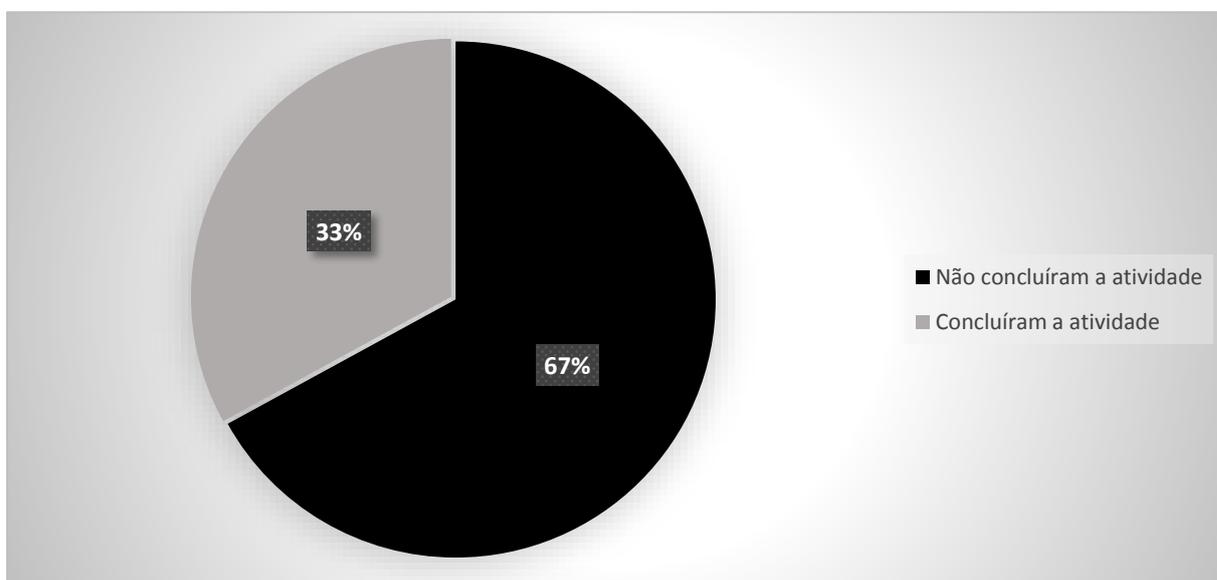


Gráfico 08: Fazendo alguns cálculos

O gráfico 08, demonstra que a maioria dos alunos não conseguiram concluir a tarefa o que poderia levar à conclusão de que a atividade não é potencialmente significativa, isto é, não possui significado lógico para se relacionar com ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz. Porém, como ressaltamos no item 3.4, na descrição da 7ª aula, é possível que vários alunos não concluíram a atividade por falta de tempo hábil para isso e não por falta de conhecimento sobre o assunto. Por outro lado, pode-se refletir de que dos 33% que concluíram a atividade, todos o fizeram de maneira correta, o que indica um índice muito bom de aproveitamento.

Ao efetuarmos a verificação do nível de entendimento dos alunos sobre proporcionalidade, como forma de averiguar o conhecimento prévio, nosso objetivo era avaliar o quanto o aluno sabia e, a partir disso, propor atividades que trabalhasse

o conhecimento cientificamente aceito. Pôde-se observar a existência do conceito de proporcionalidade na estrutura cognitiva dos alunos, mas, pouco elaborado, dando ênfase para a proporcionalidade direta e colocando em segundo plano a inversa.

Dentro da proposta da sequência didática, a ordem cronológica de atividades, previa a implementação de situações-problema “restaurante por quilo” e “vazão” como organizador prévio, sendo que a análise comparativa entre os resultados obtidos ao final desta parte sequência didática com aqueles obtidos pelos alunos no pré-teste de avaliação do conhecimento prévio, evidencia uma evolução bem clara acerca do conceito de proporcionalidade. Desta forma, considera-se como satisfatória a aprendizagem construída a partir da estratégia utilizada no decorrer da primeira parte da sequência didática.

Na terceira atividade, que teve seu primeiro encontro ocorrido na sexta aula da sequência didática, pode-se observar a existência de estruturas conceituais prévias relativas ao conceito de pressão, através de relações válidas entre força e área, explicitadas pelos alunos, já utilizando o termo pressão para responder à questão do “salto agulha”. No entanto, foi identificado algumas afirmações de concepções alternativas, como por exemplo, a relação da maior profundidade com a altura do salto, indicando existir em alguns alunos dificuldade em estabelecer relações entre os conceitos de força, área e pressão.

A verificação do conhecimento através das respostas dadas às questões contidas no relatório de laboratório (Apêndice A, pp. 92-99), foi satisfatória. Com isso, consideramos que o objetivo inicial dessa atividade que era de favorecer a reconciliação integradora entre as relações de proporcionalidade e o conceito de pressão foi atingido. Simultaneamente a isso, através do processo de diferenciação progressiva foi promovido um enriquecimento do subsunçor proporcionalidade ao utilizá-lo para dar significado ao conceito de pressão. Percebemos, no entanto, que seria necessário um tempo maior para aplicação da atividade de laboratório, pois verificamos que alguns alunos não conseguiram terminar a proposição “fazendo alguns cálculos”.

4.5 ANÁLISE DE DADOS DA AVALIAÇÃO

4.5.1 Primeira Questão: Corrida com “pernas de pau na areia”

Na primeira questão esperava-se no item “a” respostas que indicassem a dependência da profundidade na areia devido a relação existente entre força e área, neste caso, manteve-se a área constante. Logo, como a força peso do pai é maior que a do filho, a pressão exercida pela sua perna de pau sobre a areia é mais intensa, explicando assim o fenômeno da profundidade maior atingida e sua dificuldade de locomoção. As respostas obtidas pelos 34 alunos que fizeram a atividade foram transcritas mantendo o sentido original das afirmações:

- 18 alunos responderam: ***o pai é mais pesado;***
- 01 aluno respondeu: ***o peso do pai é diferente do filho;***
- 14 alunos responderam: ***como a força peso do pai era maior, a pressão era maior fazendo as pernas de pau afundarem mais na areia;***
- 01 aluno respondeu: ***quanto mais as pernas de pau afundassem, o progresso diminui a velocidade.***

O que se esperava era que no item “b” desta questão, os alunos utilizassem a proporcionalidade direta para concluir que a pressão exercida pelo pai sobre a areia é duas vezes maior que a exercida pelo filho, pois a área de contato entre as pernas de pau de ambos com a areia é a mesma, mas, a força peso do pai é o dobro da do filho. Para o item “b” da questão 1, obteve-se os seguintes resultados:

- 05 alunos calcularam a força peso do pai e do filho, mas não responderam a questão;
- 16 alunos responderam que a pressão exercida pelo pai sobre a areia é duas vezes maior que a do filho, justificando que a área é constante e o peso do pai é o dobro do filho;
- 02 alunos responderam que a pressão exercida pelo pai é 800 vezes maior;
- 02 alunos utilizaram a proporcionalidade corretamente, mas não souberam responder corretamente quantas vezes a pressão exercida pelo pai é maior. Nos cálculos, mantiveram a área constante e encontraram a pressão exercida

em cada caso. Ao dar a resposta, em vez de verificar o quanto uma pressão era maior que a outra, fizeram uma subtração obtendo um valor errado;

- 09 alunos responderam que a pressão exercida pelo pai era o dobro daquela exercida pelo filho, mas não fizeram menção sobre a área de contato ser a mesma nas duas situações.

Com relação a esta questão, elaboramos a seguinte codificação de categorias:

Categoria A – Não possui subsunçores relevantes estruturados no cognitivo.

Categoria B – Alunos que apresentam pouco indícios de aprendizagem significativa. Continuam respondendo as questões baseados em observações de senso comum;

Categoria C – Alunos que apresentam indícios de aprendizagem significativa. Respondem as questões utilizando relações válidas entre as grandezas envolvidas no problema.

Utilizamos critérios qualitativos, especificados no Quadro 10, para estabelecer em qual categoria de aprendizagem o aluno pode ser inserido.

Quadro 10: Critérios utilizados no processo de categorização

Critérios	Categoria A	Categoria B	Categoria C
Reconhece que a força peso influencia no desempenho da corrida?	Não	Sim	Sim
Reconhece que a força peso maior do pai influencia no desempenho menor do pai?	Não	Sim	Sim
Verifica que o peso do pai é o dobro da do filho?	Não	Sim	Sim
Verifica que a área de contato é a mesma para pai e filho?	Não	Sim	Sim
Reconhece que a pressão exercida pelo pai é maior que a exercida pelo filho?	Não	Não	Sim
Estabelece a relação de proporcionalidade entre pressão e força peso?	Não	Não	Sim

Com relação especificamente à análise da questão 1 da avaliação de aprendizagem, onde tivemos a participação de 34 alunos, as respostas elaboradas pelos alunos foram classificadas conforme as categorias descritas no parágrafo anterior, demonstrado no Quadro 11.

Quadro 11: Relação do número de alunos por categoria

	Item "a"	Item "b"
Categorias	Nº de alunos	Nº de alunos
A	02	5
B	18	4
C	14	25

O gráfico 09, mostra de forma percentual que o número de alunos que externaram relações válidas entre pressão, força e área aumentou consideravelmente quando se fez uso de proporcionalidade direta. Por outro lado, o número de alunos que foram inseridos na categoria A também aumentou.

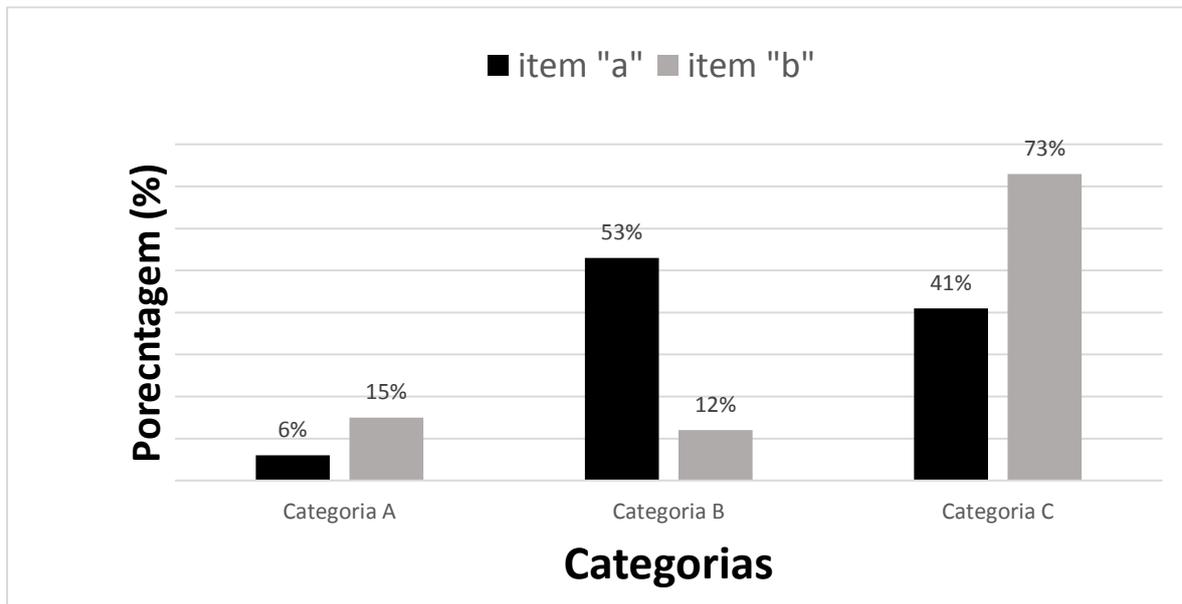


Gráfico 09: Comparativo entre item "a" e "b" da questão 1 da avaliação de aprendizagem

Assim, as observações anteriores com relação à análise do gráfico 09, remetem a três possibilidades:

- 1) O subsunçor “diretamente proporcional” de aproximadamente 70% dos alunos passou a assimilar que a nova ideia “pressão” varia proporcionalmente com a força, quando se mantém a área de contato constante;
- 2) Aproximadamente 12% dos alunos possui assimilada a ideia nova, no caso pressão. Esses alunos fazem relações entre pressão, força e área através da proporcionalidade em certas condições, mas não em outras. Ainda existe uma alta força dissociativa entre o conceito subsunçor e a nova ideia. Isto é, a nova ideia “pressão” foi somente relacionada e assimilada pelo subsunçor “proporcionalidade”, mas, ainda são utilizados de modo separado;
- 3) Esta terceira possibilidade indica que 15% dos alunos não assimilaram o novo conceito ou por opção ou por falta de conceito relevante estabelecido nos seus cognitivos.

Vale ressaltar, que 32% dos alunos que foram classificados na categoria B quando da análise do item “a”, foram colocados na análise do item “b” na categoria C e, 9% foram inseridos na categoria A. Também, os dois alunos que fizeram uso da proporcionalidade corretamente, mas não conseguiram dar a resposta final corretamente por assimilação obliteradora relativa à maneira de fazer comparação entre duas aferições, foram considerados como pertencentes à categoria C.

4.5.2 Segunda Questão: Pressão inversamente proporcional à área

A análise das respostas da 2ª questão da avaliação tem como objetivo verificar, no item “a”, a compreensão do aluno relativo ao cálculo da pressão e, ainda, como se ele entende a unidade de pressão como sendo uma unidade de força por uma unidade de área. Já no item “b”, objetiva-se avaliar se o aluno compreende ou não o conceito qualitativo da pressão através das relações de proporcionalidade.

No intuito de facilitar a análise dos dados obtidos a partir das respostas colocadas pelos alunos, estabelecemos critérios para orientar a verificação de aprendizagem que estão especificados no Quadro 12.

Quadro 12: Critérios utilizados na análise da segunda questão da avaliação de aprendizagem

Item	Critérios	Ocorrência	
		Sim	Não
"a"	Calcula a pressão	32	02
	Utiliza a unidade de medida corretamente	22	12
"b"	Reconhece a força peso como constante.	23	11
	Estabelece a relação de proporcionalidade inversa	16	18

Com relação ao item "a" obtivemos o gráfico 10 que indica a porcentagem de ocorrências atingidas pelos alunos no cálculo da pressão.

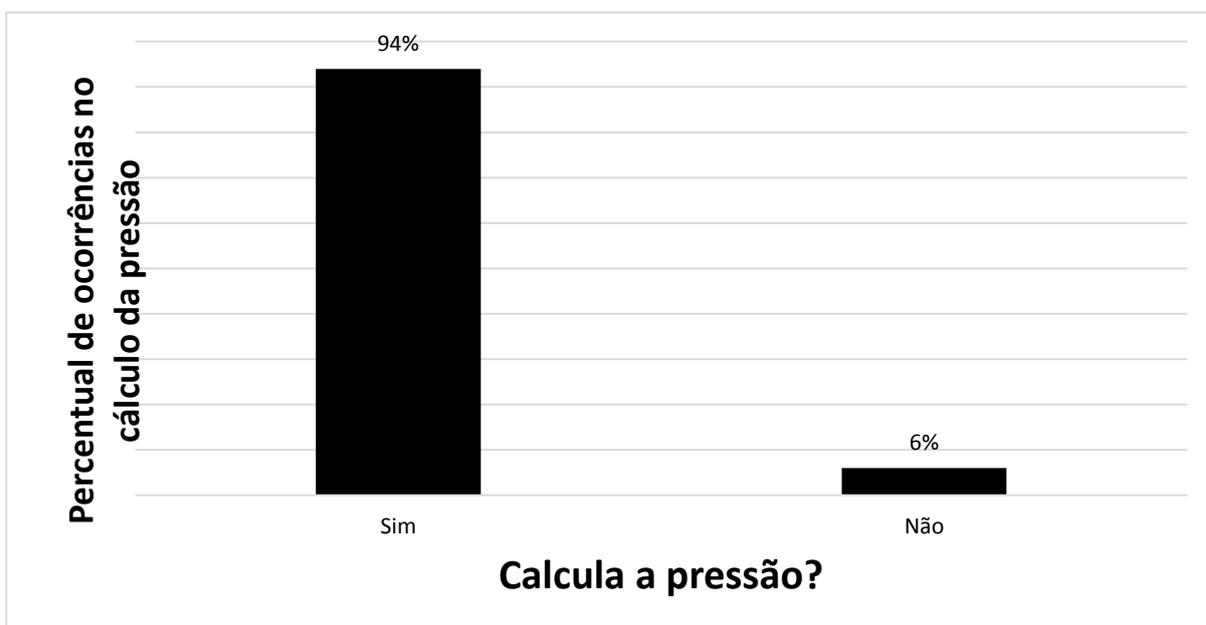


Gráfico 10: Cálculo da pressão – questão 2 – item "a"

Da mesma forma, plotamos o gráfico 11, agora tomando como dados as ocorrências relativas ao uso da unidade de medida de forma correta.

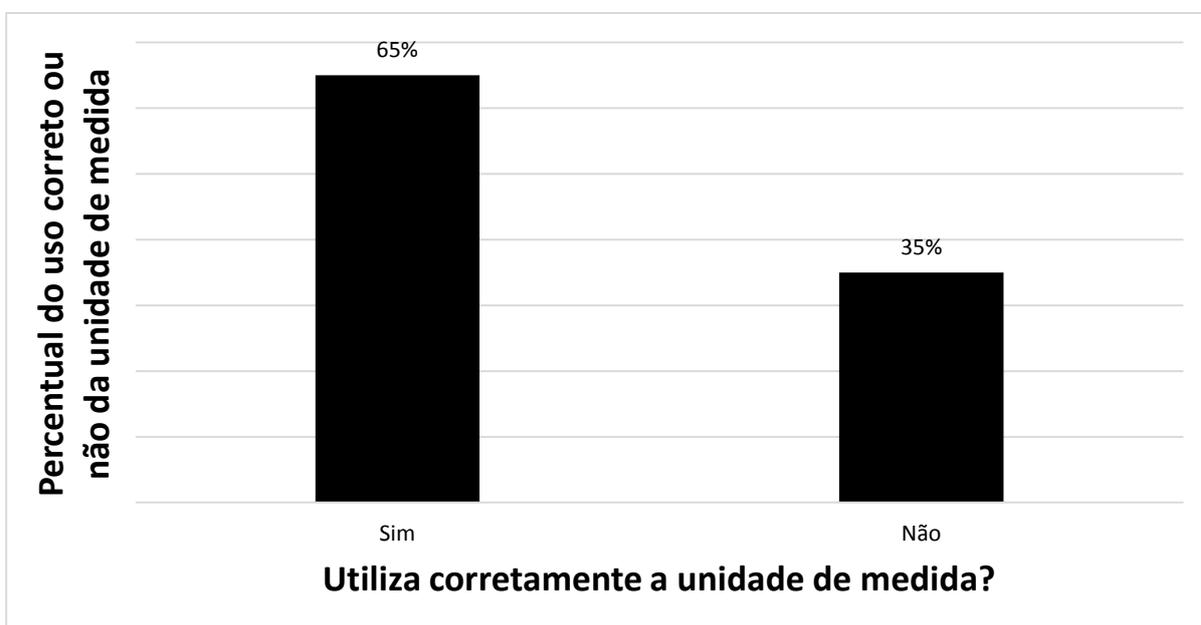


Gráfico 11: Uso da unidade de medida – questão 2 – item “a”

Analisando os dados plotados nos gráficos 10 e 11, nota-se que o cálculo da pressão foi feito de maneira mecânica por grande parte dos alunos, mas, ao se verificar o entendimento da pressão como sendo uma relação entre força e área através do uso de suas respectivas unidades de medida, nota-se uma queda na porcentagem de acertos. Isto pode indicar que nem todos os 95% de alunos que calcularam corretamente a pressão evoluíram da aprendizagem automática para uma clarificação de relações entre conceitos indicadas no uso correto da unidade de medida, o que iria sugerir segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.21), uma aprendizagem significativa.

Relativamente ao item “b” desta questão, destaca-se a existência de uma grandeza que permanece constante, no caso a força peso, e uma dependência de maneira inversa da pressão com a variação da área de contato. Assim, foi estabelecido o gráfico 12, indicando o número de reconhecimento da força peso como constante e suas respectivas porcentagens de ocorrências.

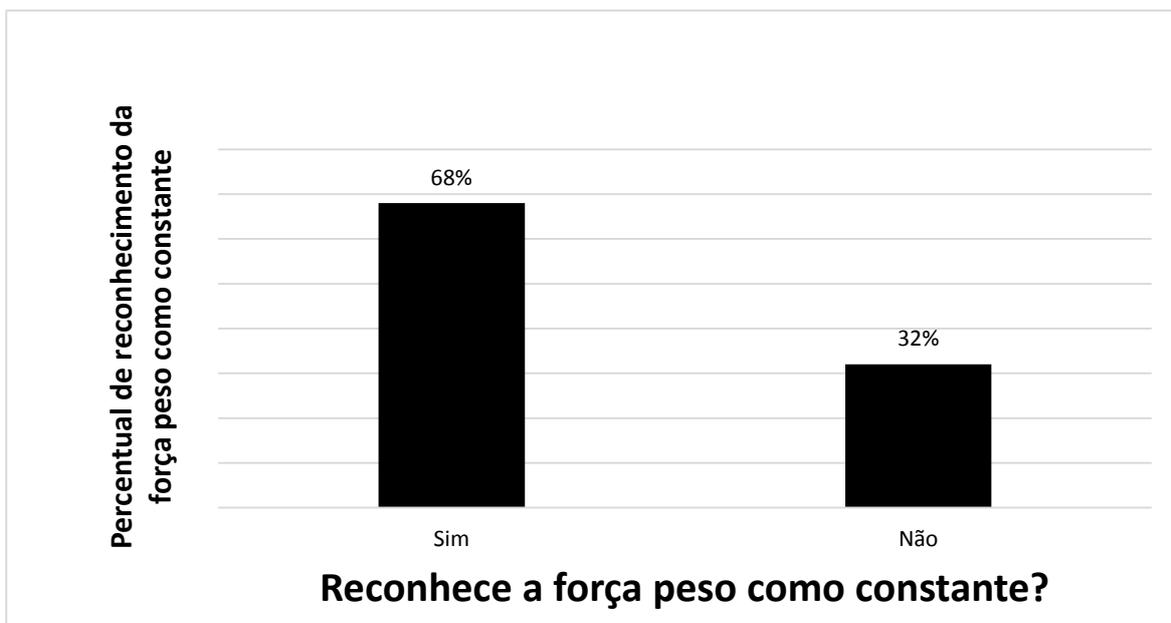


Gráfico 12: A força peso como constante – questão 2 – item “b”

Da mesma forma, foi confeccionado o gráfico 13 indicando o número de ocorrências daqueles que estabeleceram a relação de proporcionalidade inversa entre pressão e área de contato.

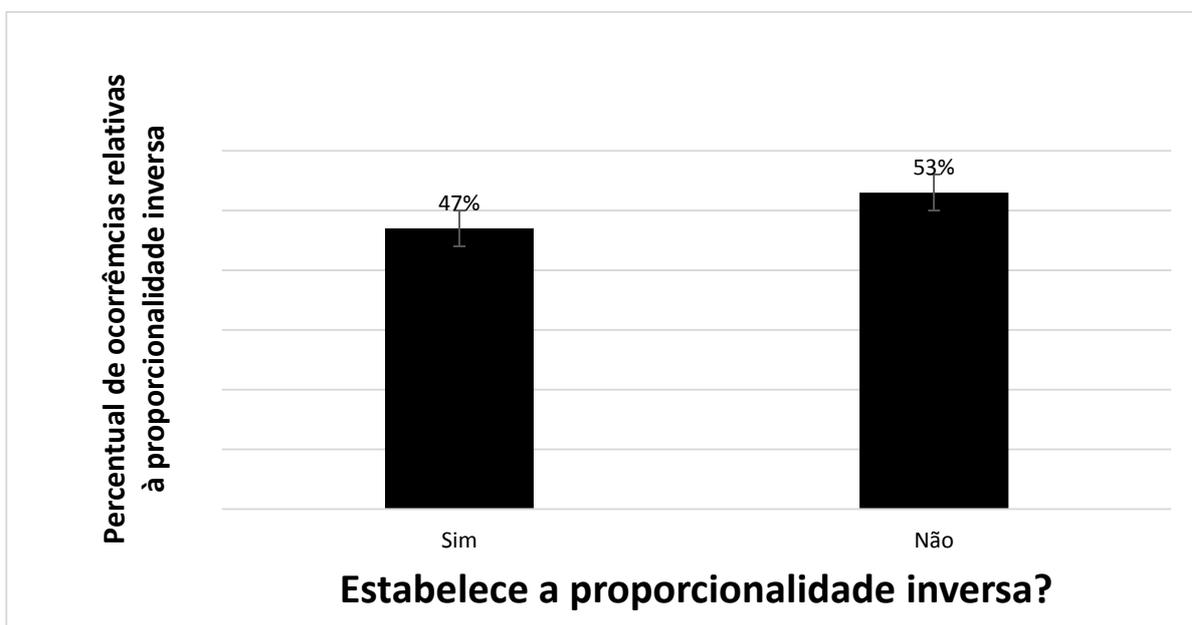


Gráfico 13: Proporcionalidade inversa – questão 2 – item “b”

Diferentemente do item “a”, no qual se verificou o processo de evolução da aprendizagem automática à aprendizagem significativa, aqui no item “b” examinou-se a porcentagem de alunos que conseguiram reagrupar informações. Se compararmos os caminhos a serem tomados na resolução da questão 1 e aquele referente à questão 2 da avaliação, verificamos que na primeira situação quem permanecia constante era a área e, portanto, o caminho a ser percorrido passaria pela relação direta entre pressão e força. Já na segunda situação, quem permanece constante é a força, indicando que o modo de resolução é diferente, qual seja: a proporcionalidade inversa. Assim, averiguamos o percentual de alunos que optaram em reorganizar essas informações transformando-as e uma proporcionalidade direta na questão 1 para uma inversa na questão 2. Entendemos que o processo cognitivo de reorganização e transformação da combinação integrada entre pressão, força e área é mais complexa na questão 2, levando a obtenções de índices de acertos menores. Observando o gráfico 12, obtém-se um percentual de 68% de afirmações corretas, mostrando que boa parte dos alunos conseguem identificar a grandeza que permanece constante. Mas, ao se analisar a porcentagem de acertos com relação à identificação da relação de proporcionalidade inversa, esse número cai para 47%. Porém, quando comparado com o índice atingido na solução do problema 2 da verificação dos conhecimentos prévios (no caso 25%), houve uma evolução significativa.

4.5.3 Terceira Questão: Altura de uma coluna e pressão constante

A terceira questão, envolve uma situação onde a pressão é a grandeza mantida constante. Este é um tipo de problema que não foi abordado durante a aplicação da sequência didática. Objetivamos com isso, examinar se houve de fato uma aprendizagem significativa através do percentual de alunos que conseguiram extrapolar de situações-problemas típicos como a questão 1 e 2 para outra situação-problema diferente daquilo que foi apresentado até agora.

Para isso, fizemos uma adaptação dos critérios de avaliação qualitativa de Calheiro e Garcia (2014), propondo como elementos de avaliação de aprendizagem significativa através de situações-problemas os conceitos descritos na Quadro 13.

Quadro 13: Lista de elementos utilizados na avaliação de aprendizagem por situações-problemas.

ELEMENTOS	DESCRIÇÃO DE CONCEITOS
Proposições	Estão relacionadas com o significado entre os conceitos de pressão, força, área e proporcionalidade indicadas pelas frases e/ou signos estabelecidos pelos alunos?
Integração entre os conceitos abordados na sequência didática	Existe integração entre os conceitos de pressão, força, área e proporcionalidade?
Diferenciação progressiva	A ideia mais geral da proporcionalidade é utilizada para relacionar os conceitos menos gerais de pressão, força e área?
Reconciliação integrativa	Existe a recombinação de conceitos já existentes, como força e área, para formar outro conceito, no caso a pressão?

Como já feito anteriormente, fizemos uso de uma codificação para analisar os dados retirados dos escritos dos alunos. Para isso, utilizamos os critérios descritos no Quadro 13 para montar um quadro de categorias estabelecidos no Quadro 14, cujos critérios foram utilizados no processo de análise da aprendizagem significativa.

Quadro 14: Critérios utilizados para especificação de categorias

Categorias	Proposições/ligações erradas	Proposições/ligações válidas	Conceito irrelevantes	Integração entre os conceitos abordados na sequência didática	Diferenciação progressiva	Reconciliação integrativa
A	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não
B	Não	Em parte	Em parte	Em parte	Sim	Não
C	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim

Assim, podemos distribuir as respostas dos alunos nas categorias, cujas descrições são:

- Categoria A – respostas sem relações válidas entre os conceitos de pressão, força, área e proporcionalidade;
- Categoria B – respostas com poucos indícios de aprendizagem significativa;
- Categoria C – respostas que apontam indícios satisfatórios de aprendizagem significativa.

As respostas obtidas na **questão 3** foram então categorizadas segundo os critérios descritos anteriormente, cujos resultados foram sistematizados no Quadro 15.

Quadro 15: Relação de alunos por categoria – verificação de aprendizagem

CATEGORIAS	NÚMERO DE ALUNOS
A	13
B	6
C	14

Com isso, podemos verificar que boa parte dos alunos não apresentam indícios de aprendizagem significativa segundo os critérios utilizados na pesquisa. Por outro lado, fica evidente que mesmo tendo um percentual alto na categoria A, existe

uma parcela significativa da turma que foram classificados na categoria C. A interpretação dos dados fica facilitada quando construímos o gráfico 21, que mostra visualmente as porcentagens dos alunos classificados em cada categoria.

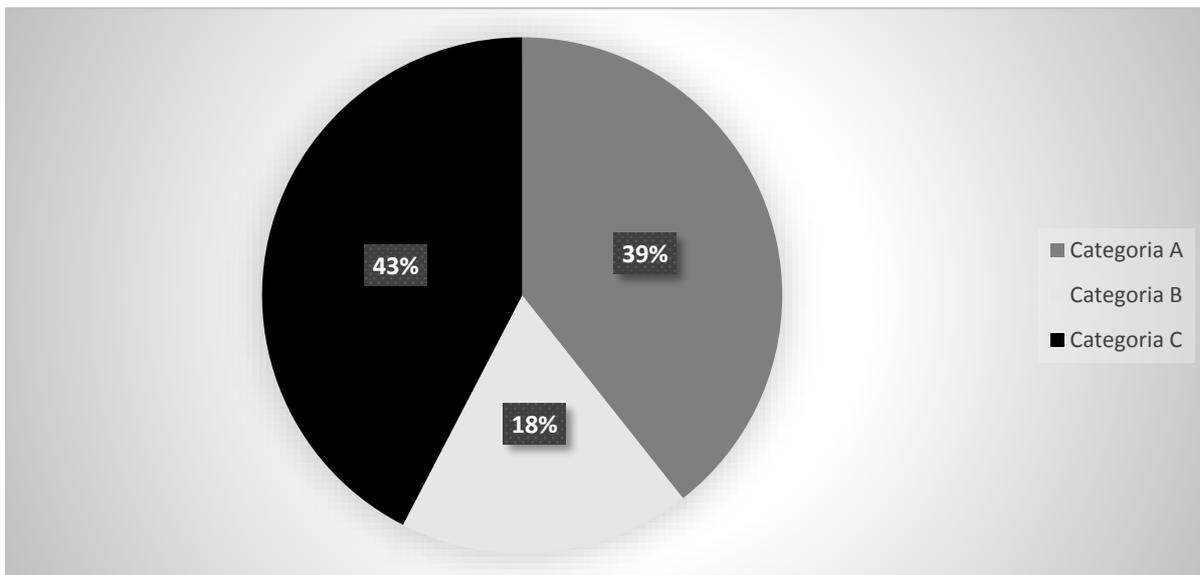


Gráfico 14: Porcentagem dos alunos em cada categoria

No início da sequência didática, as respostas apresentavam soluções incorretas dos problemas propostos para verificação do conhecimento prévio dos alunos, os quais evidenciaram que os conteúdos sobre relações de proporcionalidade anteriormente estudados na disciplina de matemática, foram assimilados de maneira superficial. Então, caracterizamos que a turma em geral não tinha subsunções relevantes estabelecidos na estrutura cognitiva.

Após a aplicação do organizador prévio que consistia de aulas expositivas e resolução de situações-problemas, nomeados de “restaurante por quilo” e “vazão”, obteve-se índices satisfatório de entendimento das relações de proporcionalidade. Assim, passamos a fazer uso dessas relações para introduzir o conceito de pressão, a qual remete um conhecimento prévio de força e área de uma superfície. Não nos preocupamos em fazer uso de organizadores para esses conteúdos pois, segundo o professor da turma, eles já haviam conceituado anteriormente as duas grandezas exaustivamente.

O desenrolar das atividades foi mostrando uma evolução no entendimento do conceito de pressão, desde o conhecimento prévio sobre o assunto até culminar em resolução de problemas similares àqueles trabalhados nas aulas e na resolução de

problema com texto e abordagem diferente dos anteriores. Na análise da **questão 3** a turma ficou praticamente dividida igualmente entre os que ficaram classificados na categoria A, sem indícios de aprendizagem significativa, e aqueles classificados na categoria C, cujos apontamentos mostraram resultados satisfatórios. A nosso ver, essas aferições poderiam ser melhores se a sequência didática fosse aplicada em uma situação menos conturbada (final de ano, mudanças de constante de horários, retirada dos alunos de sala de aula para atividades extracurriculares, carga horária insuficiente e o hábito de utilização de fórmulas matemáticas prontas). Apesar do baixo rendimento de 39% dos alunos da turma na questão 3 da avaliação, entendemos que se as relações de proporcionalidade fossem utilizadas sistematicamente no ensino de física, naturalmente um número maior de alunos passariam a estabelecer relações significativas de similaridades entre conceitos já estudados e novos a serem aprendidos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a discussão dos resultados obtidos na aplicação da sequência didática, cujas atividades foram aplicadas num total de nove aulas, centradas no conteúdo **Pressão**, é possível tirar conclusões sobre a abrangência do uso da proposta metodológica descrita nesta dissertação. Acreditamos que as atividades têm grande potencial de aplicação para introduzir o Ensino de Física neste nível de escolaridade, pois os resultados obtidos foram satisfatórios, uma vez que alcançaram os objetivos inicialmente propostos.

No início, a proposta didática se destinou a averiguar qual o grau de entendimento que os alunos tinham das relações de proporcionalidade. Desta forma, apresentamos situações-problema abordando temas relevantes vividas nas experiências diárias dos alunos. A intenção era de que o estudante percebesse desde o início que as Ciências estão presentes no mundo que os rodeiam e que a Física estuda esse mundo. Os resultados obtidos neste primeiro momento mostraram que boa parte dos alunos utilizam em qualquer situação a proporcionalidade direta, indicando que em seus cognitivos existem conhecimentos prévios estabelecidos sobre o assunto, mas, pouco desenvolvidos ou incompletos. A partir disso, buscando aplicar as ideias da aprendizagem significativa, julgamos necessária a aplicação de um organizador prévio no sentido de refinar o entendimento das relações de proporcionalidade dando condições para que esse recurso possa ser utilizado na compreensão do conceito de pressão.

Entendemos que somente a aplicabilidade do conhecimento científico não se mostra condição suficiente para o êxito da sequência didática proposta. É necessário também que ela seja atraente para aqueles que participam da sua implementação. Assim, ao elaborarmos o organizador prévio, tomamos o cuidado em escolher situações-problema que instigassem a interatividade entre o mundo que o adolescente vive e o mundo científico. Por esta razão, acreditamos que as situações-problema “restaurante por quilo” e “vazão”, situações essas comuns no cotidiano dos estudantes do CEP, tenham sido preponderantes para levar boa parte dos alunos à compreensão das relações de proporcionalidade tanto direta como inversa.

A teoria da aprendizagem significativa se mostrou importante no desenvolvimento da proposta pedagógica. O uso do organizador prévio ajudou na orientação dos alunos no começo da atividade experimental. Não houve grandes indecisões e ansiedades, características de um início de trabalho. Além disso, o acompanhamento da metodologia trouxe fortes indícios de que o organizador permitiu aos alunos acessarem em suas estruturas cognitivas conhecimentos básicos ligados ao assunto. Houve também consulta a outros elementos e vivências que mantêm relações com o tema abordado na atividade experimental. Isso, deu liberdade aos estudantes para utilizarem subsunçores já estabelecidos em seus cognitivos, oportunizando a construção de uma ponte entre o que já lhes é conhecido e o novo conceito a ser aprendido. Outros conceitos da teoria da aprendizagem significativa estiveram presentes no decorrer da aplicação da proposta, como a diferenciação progressiva e reconciliação integradora, a primeira utilizada largamente nos problemas de retomada. Esses conceitos deram alicerce para a sistematização dos encaminhamentos a serem dados ao projeto, estiveram presentes no desenvolvimento das atividades e auxiliaram grandemente no processo de entendimento da aprendizagem.

Destacamos também os resultados obtidos na avaliação, cuja proposta foi baseada segundo os preceitos de Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Moreira (2000). A ideia era verificar se houve crescimento no grau de entendimento do conceito de pressão a partir de duas situações-problema típicas e um terceiro abordando o assunto através de uma roupagem diferente daquelas até apresentadas aos alunos. Os resultados se mostraram, ao nosso ver, satisfatórios. Apesar disso, entendemos que o ano letivo atípico, prejudicou de maneira contundente a aplicação da sequência didática, e que, os resultados podem ser melhorados em condições normais de ensino.

Avaliando toda a proposta didática, desde a sua concepção até a implantação em sala de aula, pode-se perceber a importância da teoria da aprendizagem significativa na orientação desse trabalho. A verificação do conhecimento prévio, o organizador prévio sobre as relações de proporcionalidade e, as atividades, tanto expositivas quanto experimental, se mostraram adequadas para ser classificado em um material potencialmente significativo com relação ao conceito de pressão. Apesar das situações vividas pelos alunos terem sido pequenas, foram suficientes para a

discussão do tema. Essas discussões desafiaram os conhecimentos de senso comum existentes, permitindo a modificação ou até mesmo a substituição deles, criando subsunçores mais abrangentes ou modificados, através do princípio da assimilação.

A disciplina de Física é rotulada comumente como difícil e que poucos possuem capacidade de entendê-la. Isto cria um abismo entre essa importante Ciência e os estudantes. Acreditamos que esse trabalho pode contribuir para a mudança deste pensamento entre aqueles que acreditam nesse rótulo e entre os alunos em geral. Assim mesmo, apesar dos resultados obtidos, não temos a pretensão de que essa seja a solução definitiva para levar os alunos do 9º ano do Ensino Fundamental a serem alfabetizados cientificamente. A contribuição desta abordagem metodológica está em propor e fornecer aos docentes uma alternativa para o início de um tratamento diferenciado e inovador no Ensino de muitos tópicos da disciplina de Física. Obviamente, apesar dos bons resultados aqui obtidos, esta proposta deverá ser continuamente avaliada, adaptada ou até mesmo modificada a fim de que cumpra os seus objetivos finais junto à alfabetização científica.

Temos a expectativa de que esse trabalho motive outros Professores a criarem novas atividades fundamentadas nesta proposta, utilizando temas elencados anteriormente como por exemplo: A 2ª lei de Newton, impulso, quantidade de movimento, trabalho, a calorimetria, as leis de Ohm, etc., a fim de que haja à disposição dos Professores um volume cada vez maior de atividades.

Por fim, pelos resultados satisfatórios obtidos nesta dissertação, entendemos que as relações de proporcionalidade, contextualizadas e aplicadas aos conteúdos de Física, pode levar à melhora na aprendizagem de Ciências no 9º ano do Ensino Fundamental. As experiências vivenciadas durante a aplicação deste projeto se mostraram instigadoras e, desejamos que tenham valor prático a Professores que porventura venham fazer uso delas.

6 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antonio Carlos. **Física – Volume único**. Belo Horizonte. Editora Scipione, 2014.

AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científico-tecnológica para que? **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v.03, n.1, jun. 2001. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/act_para_que_auler_delizoicov.pdf Acessado em: 10 fev.2015.

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro. Editora Interamericana Ltda, 1980

BACHELARD, Gaston. **A Formação do Espírito Científico: Contribuição para uma Psicanálise do Conhecimento**. Rio de Janeiro, Contraponto, 1996.

BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal. Posto Editora LDA, 1994.

BRASIL, Presidência da República. Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília/DF. 1996

CALHEIRO, Lisiane B.; GARCIA, Isabel K. **Proposta de inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidade de ensino potencialmente significativo**. Investigação em Ensino de Ciências – v19(1), p.177-192, 2014. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID365/v19_n1_a2014.pdf Acessado em: 10 fev.2015.

GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Ciências: Matéria e energia**, v.4, 1. Ed. São Paulo. Editora Ática, 2012.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. Ed. Porto Alegre. Artmed, 2009.

FRANCELIN, Marivalde Moacir. Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonância e paradoxos. **Ci. Inf. Brasília**, v.33, n.3, p.26-34, set. /dez. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ci/v33n3/a04v33n3> Acessado em: 14 maio 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. Ed. São Paulo. Editora Atlas, 2010.

GLEISER, Marcelo. Por que ensinar física? **Física na escola**, v.1, n.1, 2000. Disponível no site <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/pdf/artigo1.pdf>> Acessado em junho/2015.

KAWAMURA, Maria R. D.; HOUSOUME, Yassuko. **A contribuição da Física para um novo ensino médio**. Coleção Explorando o Ensino v. 7 – Física, 2003. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/EnsMed/expensfisica.pdf> > acessado em: 16 maio 2015.

KRASILCHIK, Myrian. **Reformas e realidade: O caso do ensino de ciências**. São Paulo em Perspectiva, 14(1), 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n1/9805.pdf>> Acessado em: 16 mai. 2015

MENEZES, Luís Carlos. **A matéria**. São Paulo: SBF, 2005.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, UFMT, Cuiabá, 23 de abril de 2000. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueefinal.pdf> Acessado em: 14 maio 2015.

_____. **Aprendizagem Significativa: Um conceito subjacente**. Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review – V1(3), pp. 25-46, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf Acessado em: 16 mai. 2015.

_____. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011a

_____. **Teorias de aprendizagem**. 2.ed. ampl. São Paulo. EPU, 2011b.

_____. **Textos de apoio ao Professor de Física**. V.24, n.6, 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira_.pdf> acessado em: 16 mai.2015.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. S. **Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo. Editora Centauro, 2005.

MORESI, Eduardo (org.) **Metodologia de Pesquisa**. Universidade Católica de Brasília – UCB. Programa de pós-graduação stricto sensu em gestão do conhecimento e tecnologia da informação. Brasília –DF, 2003. Disponível em: <http://www.inf.ufes.br/~falbo/files/MetodologiaPesquisa-Moresi2003.pdf> Acessado em: 25 jun. 2015

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Ensino de Ciências: O futuro em risco**. 2005. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139948por.pdf> Acessado em: 10 fev. 2015.

PARANÁ. Secretaria do Estado da Educação. **Educação Profissional na rede pública estadual: Fundamentos Políticos e Pedagógicos**. Curitiba/PR 2006. Disponível no site <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/portal/semana/fundamentos_politicos_pedagogicos.pdf> Acessado em: 10 fev. 2015.

POPPER, Karl R. **Conjecturas e Refutações**, Brasília: Editora da UNB, 1980. Disponível em: <http://people.ufpr.br/~borges/publicacoes/notaveis/Popper.pdf> Acessado em: 16 mai. 2015.

POSTMAN, Neil. **Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo. Editora Nobel, 1994.

RIBEIRO, R.A.; BONFLEUX, M. L.; DELLA JUSTINA, L. A.; BALDO S. L.; **Senso comum x conhecimento científico: as concepções de alunos da educação básica sobre o sistema digestório**. Arq. Mudi. 2006; 10(1): 28-35. Disponível em : <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/20410/10824> Acessado em: 14 maio 2015.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigação em Ensino de Ciências**, v.16, n.1, p.59-77, 2011.

SILVA, Mônica Ribeiro. **Competências: a pedagogia do “novo ensino médio”**. Educar, Curitiba, n.22, 2003. Editora da UFPR.

VILLANI, Alberto.; BAROLLI, Elisabeth; CABRAL, Tania C. B.; FAGUNDES, Maria B.; YAMAZAKI, Sergio.C. Filosofia da ciência, história da ciência e psicanálise: Analogia para o ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.14, n1: p.37-55, abr.1997. Disponível em:<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/7039/6515> Acessado em: 14 mai. 2015.

APÊNDICE A – Sequência didática

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE PRESSÃO ATRAVÉS DAS RELAÇÕES DE PROPORCIONALIDADE NO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Objetivo: Auxiliar a aquisição de significados de conceitos básicos de pressão no 9º ano do Ensino Fundamental, incentivando a análise de situações-problema por meio do conhecimento prévio das relações de proporcionalidade.

SEQUÊNCIA

1. A VERIFICAÇÃO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS

Incentivar os alunos a resolver as duas situações-problema descritas na sequência, dando ao sujeito total liberdade para fazer associações entre seus conhecimentos e representações existentes no seu cognitivo. Assim, os alunos estarão fornecendo subsídios para análise do nível de entendimento que eles possuem sobre proporcionalidade. A avaliação do conhecimento prévio dos alunos será feita através da forma de abordagem feita para resolver os problemas. Averigua-se se tentou utilizar as relações de proporcionalidade ou não, e, caso tenha tentado, se o fez de maneira correta.

Ressaltamos que estas situações foram colocadas baseadas no cotidiano dos alunos do CEP. Pode não fazer parte do dia-a-dia dos estudantes de outras escolas. Mas, entendemos que as situações-problemas descritas são perfeitamente entendidas pela grande maioria dos adolescentes, já que mesmo não sendo necessário ir à escola de ônibus, todos já andaram de ônibus alguma vez na vida. Também, é possível que a grande maioria dos jovens da faixa etária já tenham jogado videogame em casa ou na casa de um colega. Isto não invalida a possibilidade de cada professor (a) construir situações-problemas que são familiares a seus alunos para iniciar a sequência didática

Situação-problema 1

1) Lucas estuda em uma escola onde o sinal de entrada para a primeira aula é às 13 horas. Ele mora a 10km da escola e toma ônibus em um ponto próximo à sua casa às 12h10min descendo em frente ao colégio às 12h50min. Certo dia, devido a obras de reparo em uma rua do trajeto do ônibus, ele teve que tomar um desvio aumentando a distância até a escola para 15km. Sabendo que a rapidez do ônibus não pode aumentar devido ao trânsito, responda:

- a) O aluno vai chegar atrasado à escola?
- b) Explique como você chegou à resposta do item anterior.

Situação-problema 2

2) Lucas possui um videogame X-box. Se o Lucas jogar durante 2 horas por dia, o X-box vai funcionar perfeitamente durante 24 meses. Mas, o Lucas é “fissurado” em videogame e acaba jogando durante 3 horas diárias. Por quantos meses o videogame vai funcionar perfeitamente?

2. O ORGANIZADOR PRÉVIO

O objetivo desta atividade é apresentar os conceitos de proporcionalidade direta e inversa, através de situações-problema coletados do cotidiano. No caso, propomos os problemas “restaurante por quilo” e “vazão”. Alertamos a necessidade do organizador preceder a apresentação do material de aprendizagem, no caso pressão, e ser mais abrangente e mais geral que este (MOREIRA, 2012, p.11). Também, sugerimos que as situações-problema iniciais sejam de teor geral (nesta proposta “restaurante por quilo”) e gradativamente seja inserido problemas mais específicos (neste caso “vazão”) relativo ao estudo de ciências.

Lembrando que um conceito (nesta sequência didática as relações de proporcionalidade) utilizado continuamente para dar significados a novos conhecimentos, promove a diferenciação progressiva de conceito (MOREIRA, 2012, p.09). Pressupõe-se então, que se houver um número maior de situações-problema

diferentes a serem propostos, mais diferenciado o conceito ficará e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas será.

Situação-problema “restaurante por quilo”

Alguns alunos do 9º ano A, do turno da tarde, do CEP chegam à escola segunda e quarta para treinar futebol de campo às 10 horas da manhã. Após o treino que termina às 11h30min, eles saem para almoçar, devendo retornar para as aulas às 13 horas.

a) Em determinado dia, João Lucas e João Pedro vão a um mesmo restaurante “A” que cobra R\$ 22,00 por 1,0kg de comida. João Lucas comeu 0,300kg e João Pedro comeu 0,400kg. Agora, você deve preencher a tabela abaixo, baseando-se nas experiências que já teve com esse tipo de restaurante, e também em seu próprio bom senso. Arme as contas que achar necessárias. Complete a tabela seguinte e responda as questões.

JOÃO LUCAS			JOÃO PEDRO			Razão (P/Q)	Produto (P.Q)
PK(R\$)	Q(Kg)	P(R\$)	PK(R\$)	Q(kg)	P(R\$)		

Q: Quantidade de comida - P: Total pago pela comida - PK: Preço por quilo

- a.1) Quem gastou mais? Quanto?
- a.2) Como você chegou a essa conclusão?
- a.3) Existe algo que se mantém constante? O que?
- a.4) Existe algum tipo de proporcionalidade? Qual? Explique.
- a.5) Se os alunos comessem duas vezes mais, o que aconteceria com o preço pago?

b) Neste mesmo dia, João Manoel almoçou em um restaurante “B” onde gastou R\$15,00 comendo 0,400kg enquanto que João Ricardo, que almoçou em outro restaurante “C”, gastou R\$15,00 comendo 0,600kg. Seguindo os mesmos passos do problema anterior, você deve completar a tabela seguinte e responder às questões.

JOÃO MANOEL			JOÃO RICARDO			Razão (PK/Q)	Produto (PK.Q)
PK(R\$)	Q(Kg)	P(R\$)	PK(R\$)	Q(kg)	P(R\$)		

Q: Quantidade de comida – P: Total pago pela comida – PK: Preço por quilo

- b.1) Qual o preço que cada um pagou por quilo?
- b.2) Como você chegou a essa conclusão?
- b.3) Existe algo que se mantém constante? O quê?
- b.4) Existe algum tipo de proporcionalidade? Qual? Explique
- b.5) Qual restaurante é mais caro?

c) Por acharem que outros restaurantes servem comida mais saborosa, João Felipe e João Marcos almoçaram em outros dois lugares diferentes, cada um. João Felipe foi almoçar em um restaurante “D” onde comeu 0,500kg gastando R\$14,50 enquanto que João Marcos almoçou em um restaurante “E”, em que se serviu de 0,500kg gastando R\$16,00. Complete a tabela seguinte responda as questões:

JOÃO FELIPE			JOÃO MARCOS			Razão (P/PK)	Produto (P.PK)
PK(R\$)	Q(Kg)	P(R\$)	PK(R\$)	Q(kg)	P(R\$)		

Q: Quantidade de comida – P: Total pago pela comida – PK: Preço por quilo

- c.1) Qual o preço que cada um pagou em cada 1,0kg de comida?
- c.2) Como você chegou a essa conclusão?
- c.3) Existe algo que se mantém constante? O que?
- c.4) Existe algum tipo de proporcionalidade? Qual? Explique.

Situação-problema “vazão”

1) Huguinho e Luizinho voltando de uma aula de educação física em um dia muito quente pararam para encher suas garrafas com água em mesmo bebedouro na pista de atletismo. Huguinho, tem uma garrafa de 500ml e a encheu em 20s. Sabendo que Luizinho possui uma garrafa de 300ml e associando com o problema do restaurante por quilo, complete a tabela e responda as questões seguintes:

- Quanto tempo Luizinho levaria para encher sua garrafa?
- E se a garrafa de Luizinho fosse de 625ml, qual seria o tempo?
- Existe algo que se manteve constante? O que?
- Existe alguma proporcionalidade? Qual? Explique

HUGUINHO			LUIZINHO			Razão (V/T)	Produto (V.T)
V(ml)	T(s)	Va(ml/s)	V(ml)	T(s)	Va(ml/s)		

V: Volume - T: Tempo - Va: Vazão

2) Em outro dia, devido ao atraso no término da aula e não querendo esperar sua vez no bebedouro da pista de atletismo, Luizinho correu até a torneira do pátio da ala par e encheu sua garrafa no mesmo tempo que Huguinho. O tempo foi de 20s.

- Qual das torneiras tem maior vazão de água?
- O que se manteve constante?
- Existe proporcionalidade? Qual? Explique.

HUGUINHO			LUIZINHO			Razão (V/Va)	Produto (V.Va)
V(ml)	T(s)	Va(ml/s)	V(ml)	T(s)	Va(ml/s)		

V: Volume - T: Tempo - Va: Vazão

3) Neste último dia, Zezinho que estava presente mas não participou da aula por estar com problemas de saúde, encheu sua garrafa com água no bebedouro do segundo andar da ala par. A garrafa de Zezinho é semelhante à garrafa de Huguinho, com volume de 500ml. Huguinho encheu sua garrafa na torneira da pista de atletismo, que possui uma vazão de 25ml por segundo, levando 20s para enchê-la. Já Zezinho, levou um tempo de 25s para encher sua garrafa.

- a) Qual seria a vazão do bebedouro do segundo andar da ala par?
- b) Será que Luizinho levaria mais tempo ou menos tempo que Zezinho para encher sua garrafa utilizando a torneira da pista enquanto Zezinho utiliza a torneira do segundo andar ala par?
- c) O que se manteve constante?
- d) Existe proporcionalidade? Qual? Explique.

HUGUINHO			ZEZINHO			Razão (T/Va)	Produto (T.Va)
V(ml)	T(s)	Va(ml/s)	V(ml)	T(s)	Va(ml/s)		

V: Volume - T: Tempo - Va: Vazão

3. NOVA SITUAÇÃO: A PRESSÃO

Os conceitos de proporcionalidade serão novamente utilizados para apresentar a grandeza física pressão através de uma atividade experimental. Estaríamos neste momento, promovendo além da diferenciação progressiva, também favorecendo a reconciliação integradora, ou integrativa. Segundo Moreira (2012, p.06), os dois processos ocorrem simultaneamente. No caso, as relações de proporcionalidade estariam sofrendo uma diferenciação progressiva, pois daria significado a um novo conceito: pressão. Por outro lado, também estaria eliminando aparente diferenças entre as situações estudadas nas sequências 1 e 2 e a nova proposição que é definida a partir da relação entre uma força distribuída através de uma área. Além disso, faria a integração do significado da grandeza física pressão como algo que pode ser inserido na posição daquelas que se relacionam proporcionalmente com outras variáveis (força e área) de maneira direta e inversa.

Atividade experimental

Para o desenvolvimento da atividade experimental no laboratório, incentiva-se o aluno perceber a dependência inversa da pressão com a área através primeira parte da atividade experimental. Na segunda parte da atividade experimental, motiva-se o aluno a observar a dependência direta da pressão com a força peso

PRESSÃO:

DISTRIBUINDO E CONCENTRANDO

1ª Parte

Introdução

Diariamente você escuta a palavra pressão. Frases como: *a minha pressão está alta!* ou ainda, *cozinhe a carne na panela de pressão*. É bem possível que todos já tiveram a experiência de descer a serra em direção à praia e ter a sensação de “ouvido entupido”, devido a diferença de pressão. Mas, o que será que significa “pressão”? Esta aula tem por objetivo introduzir o conceito deste termo muito utilizado cotidianamente, mas, nem sempre bem compreendido.

Questão

Uma moça utilizando um sapado de salto alto bem “fininho” chamado de *salto agulha*, caminha lado a lado com um homem que calça uma bota. Qual dos dois provoca maior dano na superfície onde pisa? Justifique sua resposta.

Resumo

Para iniciar nossa pesquisa sobre pressão, nada mais conveniente do que utilizarmos um experimento simples mas bem ilustrativo daquilo que se entende por pressão. Esta experiência consiste em apoiarmos o mesmo objeto com faces diferentes sobre uma superfície coberta com farinha de trigo e verificar o “dano” causado. Posteriormente, apoiamos objetos de mesma medida de face mas, agora, um deles com um “peso” a mais sobre ele. Novamente, verificaremos o “dano” causado. Por fim, utilizando as relações de proporcionalidade já estudadas em aulas anteriores, buscaremos conceituar pressão relacionando as grandezas que a definem.

Material utilizado

Bandeja de plástico, farinha de trigo, balança, paralelepípedo de alumínio, régua milimetrada e dinamômetro.

Procedimento

Sobre as bancadas estão distribuídos os materiais relacionados acima. Leia atentamente os procedimentos descritos a seguir e complete a tabela.

- 1) Meça as dimensões (os lados) do retângulo que forma a face menor do paralelepípedo e anote na tabela. Repita a medida com a face maior.



Figura 01: a) face menor b) face maior

- 2) Utilizando o dinamômetro, meça a força peso do paralelepípedo. Anote na tabela.

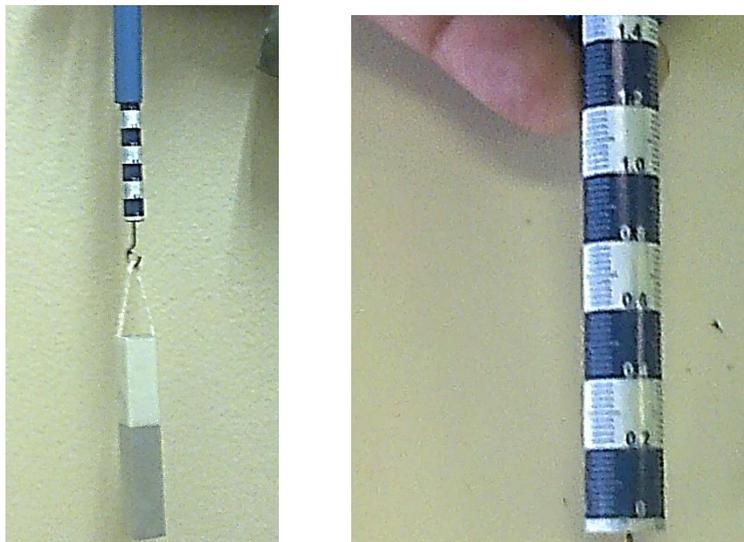


Figura 02: O dinamômetro de 2N

- 3) Coloque sobre a balança o paralelepípedo “de pé”, como indica a figura. Meça a massa do paralelepípedo. Não é necessário anotar as casas depois da vírgula. Repita o procedimento com o paralelepípedo “deitado”.



Figura 03: a) Paralelepípedo em pé b) Paralelepípedo deitado

- 4) Coloque o paralelepípedo “em pé” sobre a farinha **cuidadosamente!** Observe o buraco deixado sobre a farinha. Repita o procedimento, colocando agora o paralelepípedo “deitado”.

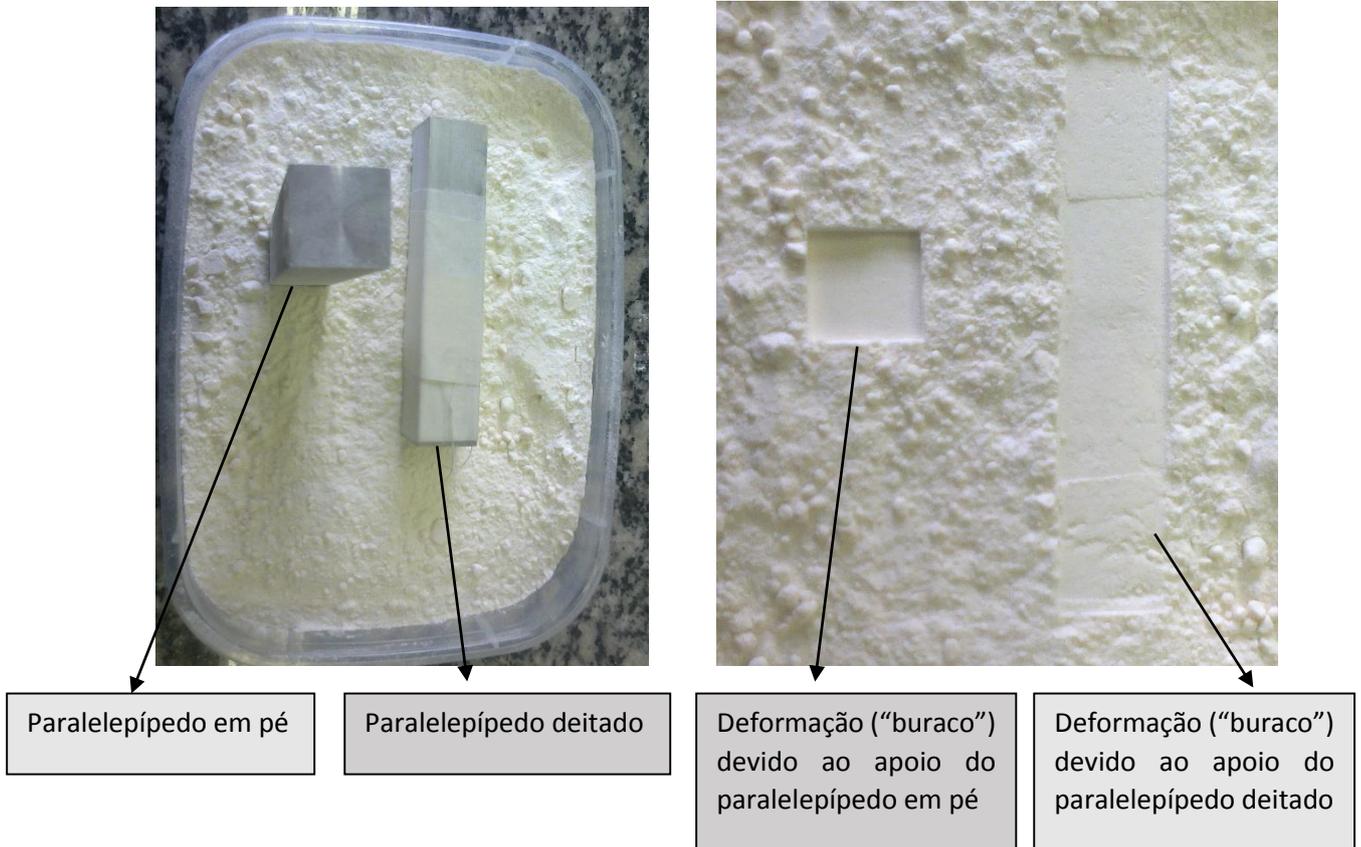


Figura 04: Deformações provocadas pelo paralelepípedo apoiado sobre a face menor e sobre a face maior

Questões

- 1) Será que a força peso seria a mesma se fosse medida “pendurando” o paralelepípedo pela face maior? Justifique.

2) Qual apoio (face menor/face maior) provocou uma deformação maior na farinha? Explique com suas palavras porquê ocorre o fato que você observou.

3) A força peso é a responsável sozinha pelo dano causado na farinha? Se a resposta for não, qual a outra grandeza que “ajuda” a força peso?

4) Você consegue encontrar uma relação entre a profundidade do “buraco” e a área de apoio? Qual?

2ª Parte

Novas observações

- 1) Coloque sobre a balança dois paralelepípedos e meça a massa deles. Calcule a força peso dos dois juntos (um sobre o outro). Utilize a fórmula já conhecida por vocês ($F_p = mg$). Use o valor de $g=10\text{m/s}^2$. Anote este valor.
- 2) Repita o procedimento do item 1 da 2ª parte, agora para apenas um paralelepípedo.
- 3) Coloque sobre a farinha (cuidadosamente), apoiado na face maior, um paralelepípedo. Observe a deformação na farinha. Repita o procedimento com um paralelepípedo sobre o outro.

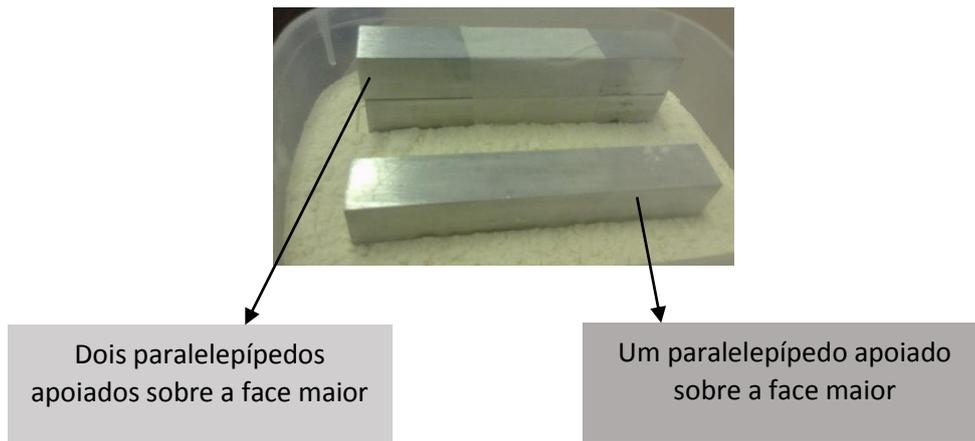


Figura 05: Paralelepípedos de pesos diferentes apoiados sobre faces de mesma medida de área

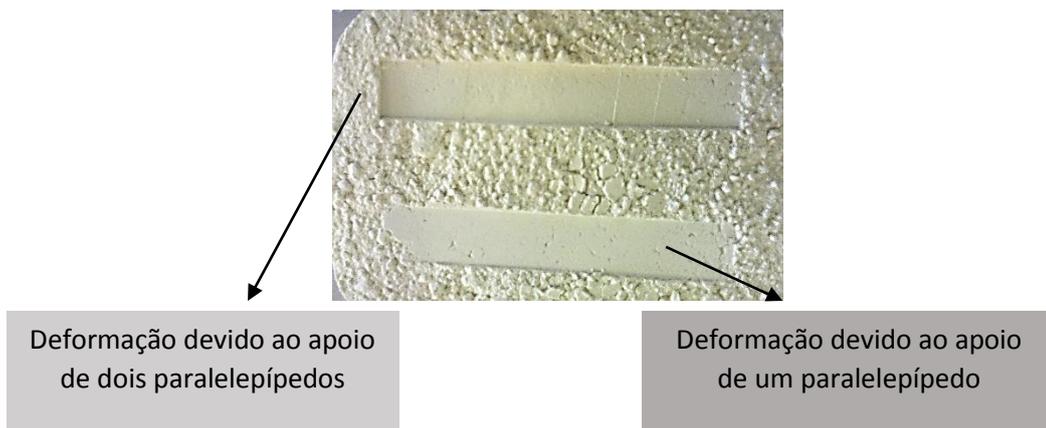


Figura 06: Deformações provocadas pelos paralelepípedos com pesos diferentes e apoiados sobre faces de mesma medida de área.

Novas questões

1) Se a face de apoio é a mesma, porquê houve uma deformação maior quando havia um paralelepípedo sobre outro?

2) Existe uma relação entre a força peso e a deformação da farinha? Qual?

Fazendo alguns cálculos

Vamos utilizar a quadros que preenchamos durante a observação

Quadro 1: medidas quando o paralelepípedo está apoiado sobre a face menor

FACE MENOR			
Força peso (F_p) (N)	Lado 1	Lado 2	Área (A) (m^2)
	L1(m)	L2(m)	

Quadro 2: medidas quando o paralelepípedo está apoiado sobre a face maior

FACE MAIOR			
Força peso (F_p) (N)	Lado 1	Lado 2	Área (A) (m^2)
	L1(m)	L2(m)	

Faça a razão entre a força peso e área, nas duas situações. Verifique se os valores encontrados estão coerentes com as observações feitas por você (“buraco” maior ou menor).

Vamos repetir o procedimento, para a área de apoio constante e variando a força peso.

Quadro 3: medidas quando apenas um paralelepípedo está apoiado sobre a face maior

FACE MAIOR			
Força peso (F_p) (N)	Lado 1	Lado 2	Área (A) (m^2)
	L1(m)	L2(m)	

Quadro 4: medidas quando dois paralelepípedos estão apoiados sobre a face maior

FACE MAIOR			
Força peso (F _p) (N)	Lado 1	Lado 2	Área (A) (m ²)
	L1(m)	L2(m)	

Concluindo

A partir das observações feitas e dos cálculos realizados, elabore com suas palavras uma definição de pressão. Ache uma expressão que calcule o valor da pressão.

4. DIFERENCIANDO PROGRESSIVAMENTE E RECONCILIANDO INTEGRATIVAMENTE

Apresentamos novos problemas relativos aos conceitos de pressão, no intuito de propiciar a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa do conceito de pressão, através de resolução de problemas típicos. As soluções das situações foram inicialmente dadas individualmente pelos alunos e, após análise realizada pelo Professor, discutidas em conjunto com a classe.

O problema proposto para incentivar a diferenciação progressiva da pressão, inicialmente faz uso da expressão matemática deduzida na conclusão da atividade experimental e, em seguida, promove a utilização da relação de proporcionalidade inversa entre pressão e área, mantendo a força constante.

Problema 1

(Questão adaptada da UFOP-MG) Uma pessoa com peso 600N, está calçando um par de sapatos que cobrem uma área de 0,05m². Determine:

- Qual a pressão exercida por essa pessoa sobre o chão em que ela está apoiada?
- Sabendo que esta pessoa não consegue atravessar uma região lamacenta sem afundar, porque essa região não suporta uma pressão superior a 10000N/m², qual

deve ser a área mínima do par de sapatos que essa pessoa deveria usar para não afundar?

O segundo problema contempla um dispositivo comum em posto de gasolina, o elevador hidráulico. Neste aparato, aparece pela primeira vez a situação da pressão constante. Por este motivo, utilizamos ele para motivar a reconciliação integradora de mais uma maneira onde as relações de proporcionalidade podem ser utilizadas para solucionar questões envolvendo o conceito de pressão. Agora, colocamos a ideia de que a pressão pode não variar durante um evento, enquanto que a força e área mudam.

Problema 2

Um elevador hidráulico equilibra um carro de 8000N de peso. Qual é a força que deve ser aplicada sobre o êmbolo menor da área de 100cm²? Dado: área do êmbolo maior=100000 cm². Importante: se os êmbolos estão equilibrados, significa que a pressão sobre os dois são iguais.

5. AVALIAÇÃO INDIVIDUAL

Realiza-se uma avaliação individual através de questões similares às trabalhadas na sequência didática e, pelo menos uma delas, deverá ter uma apresentação inédita. A ideia, seguindo a indicação de Ausubel, Novak e Hannesian (1980, p.123), é promover uma transformação máxima do conhecimento sobre pressão existente. A questão inédita sugerida por nós, traz como grandeza constante a pressão e as que variam, a força e área. A diferença entre o que já foi visto e o que se pede aqui, é a associação da pressão com a altura de uma coluna de concreto.

Problema 1

(Problema adaptado do livro didático Física, cujos autores são Alysson R. Artuso e Marlon Wrublenski). Em uma bela tarde de sol na praia, pai e filho decidem fazer uma disputa: apostar corrida na areia usando pernas de pau. Ambos têm equipamentos idênticos para que tudo aconteça em igualdade de condições. Durante a prova, eles dão muitas risadas e, ao final, vitória do filho sobre o pai, por uma distância considerável.

Numa tentativa bem-humorada de justificar sua derrota, o pai afirma que o filho trapaceou e que suas pernas de pau não eram iguais às dele, pois não afundaram tanto na areia. Como você pode perceber, não houve igualdade de condições na disputa.

- a) Explique o porquê.
- b) Sabendo que a área de contato entre a perna de pau do filho e a perna de pau do pai são iguais e que a massa do filho é 40kg e a do pai 80kg, quantas vezes a pressão exercida pelo pai sobre a areia é maior que a pressão exercida pelo filho? Considere $g=10\text{m/s}^2$.

Problema 2

(Problema adaptado do livro Física- volume único- dos autores Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga) (ALVARENGA e MÁXIMO, 2014).

Considere uma moça de peso igual a 600N em pé sobre o assoalho de uma sala.

- a) Estando descalça, a área total de apoio de seus pés sobre o chão é de 150cm^2 . Que pressão a moça está exercendo no assoalho?
- b) Se ela estivesse usando “sapatos de neve”, sua área total de apoio seria de 600cm^2 . Comparando o item (a), o que se manteve constante? A pressão neste caso é maior, menor ou igual ao item (a)? Quantas vezes?

Problema 3

Um pedreiro em uma determinada obra construiu uma “sapata” de 20cm de largura, 20cm de comprimento e 20cm de profundidade para suportar uma coluna de 2,5m. Já em outra construção, cujo solo tem a mesma compactação que o primeiro, teve que aumentar a área da “sapata” para suportar outra coluna. A nova “sapata” tem 40cm de largura, 40cm de comprimento e 20cm de profundidade.

- a) O que se manteve constante: a pressão, a área de apoio ou a força sobre a área?
- b) Qual é a altura da nova coluna?

6. AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A avaliação da sequência didática se dará através da análise qualitativa, por parte do Professor (a), que buscará evidências ou não da aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados na sequência didática. Esta análise terá como subsídio a avaliação individual e a observação participante durante as aulas.

7. TOTAL DE HORAS-AULAS: 09 aulas

APÊNDICE B – Levantamento dos Bairros onde Residem os Alunos

Quadro do levantamento realizado junto ao CEP relativo aos bairros onde residem os alunos do Ensino Fundamental.

Localidade	Distância	Alunos
Centro	-	04
Bairros próximos ao CEP	Menos de 10 km	31
Bairros afastados do CEP	Acima de 10km	57
Região Metropolitana	-	55
	Total	147

Fonte: Setor de informática do CEP - INFOCEP

APÊNDICE C – Conteúdos Estruturantes, Básicos e Específicos das DCEC

Quadro de informações sobre a DCEC obtidos na página da internet da SEED/PR relativo aos conteúdos de Ciências do 9º ano do Ensino Fundamental.

CONTEÚDOS ESTRUTURANTES	CONTEÚDOS BÁSICOS	CONTEÚDOS ESPECÍFICOS
ASTRONOMIA	Astros	<ul style="list-style-type: none">• As leis de Kepler;• As Leis de Newton no tocante a gravitação universal;• Fenômenos terrestres relacionados à gravidade: as marés;• Propriedades da matéria: massa, volume, densidade e outras;• Sistemas: nervoso, sensorial, reprodutor e endócrino;• Herança genética, cromossomos, genes meiose e mitose;• Sistemas conversores de energia, fontes de energia,
	Gravitação Universal	
MATÉRIA	Propriedades da Matéria	
SISTEMAS BIOLÓGICOS	Morfologia e Fisiologia dos Seres Vivos	
	Mecanismos de Herança Genética	
ENERGIA	Formas de Energia	
	Conservação de Energia	
BIODIVERSIDADE	Interações Ecológicas	

		<p>conservação de energia;</p> <ul style="list-style-type: none">• Sistemas conservativos;• Movimento, deslocamento, velocidade, aceleração, trabalho e potência;• Energia elétrica e magnetismo;• Ciclos biogeoquímicos, relações interespecíficas e intraespecíficas;
--	--	--

APÊNDICE D – Conteúdos Elencados no Livro Didático

Fez-se uma análise do conteúdo do livro didático: CIÊNCIAS- Matéria e energia, Autor: Fernando Gewandsztnadger, inserido no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e adotado pelo CEP. A estrutura do livro também está baseada em grandes temas e, subdividida posteriormente em conteúdos específicos, como mostra o Quadro a seguir.

TEMA GERAL	CONTEÚDOS ESPECÍFICOS
Conceitos básicos de Física e Química	<ul style="list-style-type: none">• Matéria e energia;• Medições e Unidades de Medida;• Matéria: estados físicos e propriedades
O Estudo de Física	<ul style="list-style-type: none">• O movimento;• As Leis de Newton;• A gravitação Universal;• O trabalho das Máquinas;• Energia Mecânica;• Temperatura e Calor;• As ondas e a Luz;• Instrumentos Ópticos;• Eletricidade;• Magnetismo.
O Estudo da Química	<ul style="list-style-type: none">• O átomo: estrutura e identificação;• A tabela periódica dos elementos químicos;• As ligações químicas;• Substâncias e misturas;• Funções químicas: ácidos e bases;• Funções químicas: sais e óxidos;• Reações químicas.

APÊNDICE E – Conteúdos Estruturantes, Básicos e Específicos no PTD

O plano de trabalho docente (PTD) elaborado pelo professor de ciências está estruturado de maneira similar às DCEC, com relação aos conteúdos estruturantes e conteúdos básicos. Porém, com relação aos conteúdos específicos, nota-se uma extensa lista os quais resumimos em tópicos mais gerais. O Quadro seguinte mostra a relação de conteúdos existentes no PTD do professor.

CONTEÚDOS ESTRUTURANTES	CONTEÚDOS BÁSICOS	CONTEÚDOS ESPECÍFICOS
MATÉRIA	Constituição da matéria	<ul style="list-style-type: none">• Substâncias puras, compostas e misturas.• Constituição e propriedades da matéria e suas transformações.
ASTRONOMIA	Gravitação Universal	<ul style="list-style-type: none">• As Leis de Kepler e a lei da gravitação Universal.• Movimentos periódicos: força centrípeta e centrífuga.
ENERGIA	Formas de energia	<ul style="list-style-type: none">• Formas de energia: mecânica, térmica, luminosa, nuclear.• Transformação de energia.

		<ul style="list-style-type: none"> • Fontes e processos de irradiação, convecção e condução.
	<p>Conservação de energia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Força: as leis de Newton. • Força peso, força normal e força de tração. • Movimento, deslocamento, velocidade, aceleração. • Trabalho e potência. • Conservação da energia mecânica. • Energia elétrica e sua relação com o magnetismo. • A propagação da luz. • Espelhos planos e esféricos. • Lentes. • Instrumentos ópticos. • O Olho humano

FONTE: PTD elaborado pelo professor

APÊNDICE F – Diálogo entre Professor e Alunos

Durante o desenrolar da atividade, uma das equipes sentiu dificuldade na interpretação da questão 1: *Será que a força peso seria a mesma se fosse medida “pendurando” o paralelepípedo pela face menor? Justifique.* Isto gerou um diálogo com a equipe descrito a seguir:

Professor: que corpo age sobre o paralelepípedo?

Alunos: não sei

Professor: O peso é uma força?

Alunos: Sim.

Professor: O peso é devido a quem?

Alunos: Gravidade.

Professor: Quem “cria” a gravidade?

Alunos: não houve resposta. Houve silêncio!

Professor: Olha só! (O professor tocou o aluno provocando um pequeno deslocamento em um aluno próximo a ele). Eu exerci uma força sobre ele. Eu provoquei uma força. Se o peso é uma força, qual corpo provocou a força peso?

Alunos (em uníssono): a Terra!

Professor: Se a Terra “puxa” para ela o paralelepípedo com “tantos newtons” em pé, será que ela puxaria de forma diferente o mesmo paralelepípedo deitado?

Alunos: Não. Seria igual.

APÊNDICE G – IDEB das escolas do Estado Paraná e do CEP

	IDEB observado		
	2009	2011	2013
Estado do Paraná	4,1	4,0	4,1
CEP	6,3	6,1	6,4

Fonte: INEP – disponível em: <http://sistemasideb.inep.gov.br/resultado/>