



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

VINICIUS MACHADO

**PROBLEMAS GERADORES DE DISCUSSÕES: UMA PROPOSTA
PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

DISSERTAÇÃO

PONTA GROSSA
2009

VINICIUS MACHADO

**PROBLEMAS GERADORES DE DISCUSSÕES: UMA PROPOSTA
PARA A DISCIPLINA DE FÍSICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

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

Orientador: Prof^a. Dra.: Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro.

PONTA GROSSA
2009

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa

M149 Machado, Vinicius

Problemas geradores de discussões: uma proposta para a disciplina de física nos cursos de engenharia. / Vinicius Machado. -- Ponta Grossa: [s.n.], 2009.
186 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponta Grossa, 2009.

1. Engenharia - Ensino. 2. Física - Ensino. 3. Problemas Geradores de Discussão (PGD). 4. Resolução de Problemas (RP). 5. Ensino-aprendizagem. 6. Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). I. Pinheiro, Nicéia Aparecida Maciel. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. III. Título.

CDD 507

TERMO DE APROVAÇÃO

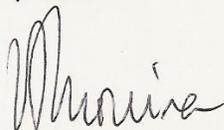
Título de Dissertação Nº 01/2009

**PROBLEMAS GERADORES DE DISCUSSÕES: UMA PROPOSTA PARA A DISCIPLINA
DE FÍSICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

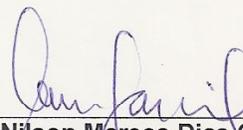
por

Vinicius Machado

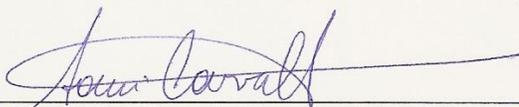
Esta dissertação foi apresentada às **15 horas** de **03 de junho** de **2009** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, com área de concentração em Ciência, Tecnologia e Ensino, linha de pesquisa em **Ciência e Tecnologia no Contexto do Ensino-Aprendizagem**, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.



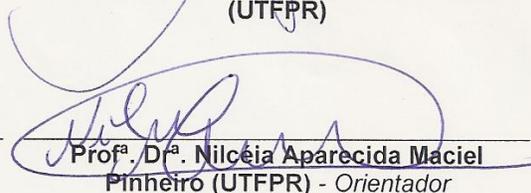
Prof. Dr. Marco Antonio Moreira (UFRGS)



Prof. Dr. Nilson Marcos Dias Garcia
(UTFPR)

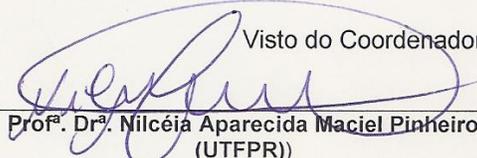


Profª. Drª. Sani de Carvalho Rutz da Silva
(UTFPR)



Profª. Drª. Nilcéia Aparecida Maciel
Pinheiro (UTFPR) - Orientador

Visto do Coordenador:



Profª. Drª. Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro
(UTFPR)
Coordenadora do PPGECT

Dedico este trabalho, com todo amor e carinho, à minha esposa e aos meus filhos. Sem vocês, pouca coisa teria sentido...

AGRADECIMENTOS

É preciso agradecer a Deus, Nossa Senhora e aos meus pais Rose e Oswaldo, sempre...

Às minhas irmãs Viviane e Cláudia Adriane e aos meus sogros Vicente e Zélia, pela torcida constante.

À professora Dra. Nilcéia Aparecida Maciel Pinheiro, não apenas por ter-me orientado nessa caminhada, mas principalmente pela forma entusiasmada e comprometida com que se deu essa orientação.

A todos os professores da UTFPR envolvidos no PPGECT, por suas contribuições junto ao processo de construção das idéias desenvolvidas nesse trabalho.

Aos funcionários técnico-administrativos envolvidos no funcionamento do programa. De forma especial aos colegas da secretaria, Antonio Sérgio e Luiz César, pela solicitude de sempre.

Aos alunos dos cursos de Engenharia de Produção da UTFPR, *câmpus* Ponta Grossa, ingressos nos anos de 2007 e 2008, por suas inestimáveis contribuições na aplicação da pesquisa e pelo empenho no desenvolvimento das atividades propostas.

Agradeço aos professores doutores Marco Antonio Moreira, Nilson Marcos Dias Garcia e Sani de Carvalho Rutz da Silva que compuseram as bancas de qualificação e/ou da defesa, por suas críticas sempre construtivas, visando contribuir para o desenvolvimento da qualidade desse trabalho.

E agradeço à colega Sirley Samways Kulchetscki por suas contribuições junto à elaboração do *abstract*.

[...] construirse una central nuclear en un determinado lugar? ¿Debe aumentarse el presupuesto para la construcción de una autovía para evitar que su trazado afecte a un entorno natural singular? ¿Deben conservarse los embriones humanos congelados hace más de diez años? ¿Deben desarrollarse las tecnologías de la clonación humana? ¿Debo aprobar que se desconecte el respirador a un ser querido? Todas esas decisiones están en el centro de actividades tecnológicas, pero en modo alguno son decisiones neutras. Los expertos técnicos también podrían tener diferentes opiniones sobre ellas, igual que los demás ciudadanos. De hecho, son el tipo de decisiones sobre la tecnología que más importancia tienen para la ciudadanía (GORDILLO e GALBARTE, 2002, p.36).

RESUMO

MACHADO, Vinicius. **Problemas Geradores de Discussões: uma proposta para a disciplina de Física nos cursos de Engenharia.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, junho de 2009.

Buscou-se, por meio desse trabalho, verificar os efeitos da Metodologia PGD (Problemas Geradores de Discussões), sobre o processo de formação acadêmica do aluno de Engenharia por meio de sua aplicação no ensino de Física. A Metodologia PGD foi construída com o objetivo de buscar um novo caminho pedagógico a fim de permitir ao ensino da Física dar uma maior parcela de contribuição no processo de formação do aluno, futuro engenheiro. Para construir a Metodologia, buscaram-se orientações por meio de estudos sobre as DCNs (Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de Engenharia), princípios educacionais do enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e sobre trabalhos que propõem o desenvolvimento de ensino baseado na Resolução de Problemas. Na pesquisa ocorreram três aplicações de atividades PGDs (elaboradas de acordo com a Metodologia PGD). As discussões que ocorreram junto às aplicações dos PGDs foram intermediadas pelo professor de acordo com uma técnica intitulada Grupo Focal ou Grupo de Discussões. A coleta de dados ocorreu por meio do recebimento de relatórios entregue pelos alunos ao resolver os PGDs. As informações coletadas passaram por uma análise qualitativa, seguindo as orientações do método Análise de Conteúdo. Os resultados obtidos permitiram concluir que a Metodologia PGD cumpre com os propósitos para os quais foi construída. O uso da Metodologia PGD promoveu uma maior participação dos alunos no processo de sua formação acadêmica com a realização de novas atividades de aprendizagem e a utilização de conhecimentos de diferentes áreas, integrados para a busca da solução/respostas às questões/questionamentos contidos nos PGDs. Os alunos passaram também a trabalhar em grupo, realizar pesquisas, confrontar idéias, realizar, propor e exercitar suas habilidades em elaborar, descrever e colocar em prática procedimentos experimentais, potencializando conhecimentos teóricos. Passaram a relacionar tecnologia a questões sociais e ambientais, utilizando-se dessas relações para refletir, analisar ou avaliar impactos causados pelo uso de diferentes processos, procedimentos ou produtos tecnológicos. Como produto final, apresenta-se um manual para elaboração e aplicação da Metodologia PGD.

Palavras-chave: Ensino em Engenharia. “Problemas Geradores de Discussões”. Ensino CTS. Ensino de Física. Resolução de Problemas. Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

MACHADO, Vinicius. **Discussion Generator Problems: a proposition for Physics teaching in Engineering courses.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, junho de 2009.

In this work we tried, to verify the effects of the DGP Methodology, (Discussion Generator Problems) about the process of the academic formation of the student of Engineering through his endeavor in the Physics teaching. That Methodology was built with the objective of searching a new pedagogical way, in order to allow Physics teaching to give a bigger contributing role in the student education process, the future engineer. To build the methodology, we searched orientation through studies about the NCGs (National Curricula Guidelines) of the Engineering courses, educational principles of the STS focus (Science, Technology and Society) and about works which propose the teaching development based on Problem Solving. In the research, three DGP activity applications occurred. The discussions that occurred with the application of PGDs were intermediated by the teacher according to a technique called Focus Group or Group Discussions. The data collecting occurred through the reports delivered by the students when they solved the DGPs. The collected information passed through a qualitative analysis, following the guidelines of the Content Analysis methods. The results obtained allowed us to conclude that the DGP Methodology fulfills the purposes to which it was built. The use of the DGP Methodology promoted a greater participation of the students in the process of their academic accomplishments, with the fulfillment of new learning activities and the utilization of different area knowledge, integrated to the search of answer/solution to questions/questionings contained in the DGPs. The students also started to work in groups to do researches, to confront ideas, to make, propose and exercise their abilities in elaborate/describe/practice experimental procedures, putting in evidence theoretical knowledge. They started to relate technology to social and environmental matters, using those relations to ponder, analyze or evaluate impacts caused by the use of different processes, procedures or technological products. As a final product, presents a guide to development and implementation of methodology DGP.

Keywords: Engineering teaching. Discussion Generator Problems. Science, Technology and Society. Physics teaching. Problem Solving. Meaningful Learning.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 IMPACTOS TECNOLÓGICOS	28
QUADRO 2 QUESTIONAMENTOS E RESPOSTAS: PESQUISA PRELIMINAR	51
QUADRO 3 DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS, POR GRUPOS, NOS PGDs	64
QUADRO 4 PGD II (APARELHO PARA GINÁSTICA)	65
QUADRO 5 PROCEDIMENTOS DOS GRUPOS, ATIVIDADE 1, PGD II .	74
QUADRO 6 PROCEDIMENTOS DOS GRUPOS, ATIVIDADE 2, PGD II .	84
QUADRO 7 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE TECNOLOGIAS PARA O DESEMPENHO FÍSICO E/OU ESPORTIVO	86
QUADRO 8 PGD I (CUSTO DA MÃO-DE-OBRA NA PRODUÇÃO DO PÃO)	96
QUADRO 9 PGD III (ESTEIRA TRANSPORTADORA)	104
QUADRO 10 AVALIANDO OS PGDs, RELATOS DOS ALUNOS	114

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS QUANTO À CIDADE DE ORIGEM	48
FIGURA 2 DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS QUANTO À ORIGEM DO ENSINO MÉDIO	48
FIGURA 3 DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS QUANTO À FAIXA DE IDADE	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	RESULTADO DA PRIMEIRA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO...	62
TABELA 2	RESULTADO DA SEGUNDA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO...	109
TABELA 3	RESULTADO DAS DUAS APLICAÇÕES DO QUESTIONÁRIO.....	109

LISTA DE SIGLAS

UTFPR-PG	Universidade Tecnológica Federal do Paraná, <i>câmpus</i> Ponta Grossa
CEFET-PR/PG	Centro Federal de Educação Tecnológica, unidade de Ponta Grossa
DCNs	Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia
PGDs	Problemas Geradores de Discussões
EP	Cursos de Engenharia de Produção
FG	Disciplina Física Geral
CTS	Enfoque de ensino em Ciência, Tecnologia e Sociedade
RP	Resolução de Problemas
MEC	Ministério da Educação
CNE	Conselho Nacional de Educação
CES	Câmara de Educação Superior
SI	Sistema Internacional de Unidades de Medidas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA E DEFINIÇÕES DO PROBLEMA E DOS OBJETIVOS DO TRABALHO.....	14
1.2 A ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 AS SOLICITAÇÕES DAS DIRETRIZES CURRICULARES DE ENGENHARIA FRENTE ÀS TRANSFORMAÇÕES SOCIAIS E NO MERCADO DE TRABALHO....	20
2.2 ENSINAR RELACIONANDO CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE	26
2.3 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: IMPLICAÇÕES NO PROCESSO DE ENSINO E FORMAÇÃO ACADÊMICA EM ENGENHARIA	32
3 QUESTÕES DA PESQUISA	42
3.1 A IMPORTÂNCIA DO RIGOR CIENTÍFICO	42
3.2 A METODOLOGIA EMPREGADA.....	44
3.3 A AMOSTRA ENVOLVIDA	47
4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	50
4.1 A PESQUISA PRELIMINAR.....	50
4.2 OS PASSOS DA PESQUISA	53
4.2.1 Aplicações de um questionário pré-teste e a análise dos dados coletados	54
4.2.2 As aplicações dos PGDs, coleta e análise dos dados	56
4.2.2.1 Conceituando os PGDs	56
4.2.2.2 Orientações da Metodologia PGD	56
4.2.2.3 Objetivos da Metodologia PGD	58
4.2.2.4 Os componentes de um PGD	60
4.2.3 Retorno ao questionário inicial, coleta e análise dos dados	60
4.2.4 Apresentação das considerações finais.....	61
5 APLICAÇÕES, DADOS COLETADOS E ANÁLISES	62
5.1 PRIMEIRA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	62
5.2 AS APLICAÇÕES DOS PGDs	63
5.2.1 PGD Aparelho para Ginástica.....	64
5.2.1.1 Atividade 1	66
5.2.1.2 Atividade 2	81

5.2.1.3 Atividade final	85
5.2.1.4 Considerações finais a respeito do PGD Aparelho de ginástica	92
5.2.2 Os demais PGDs aplicados	95
5.2.2.1 PGD Custo da mão-de-obra na produção do pão	95
5.2.2.1.1 Considerações finais: PGD Custo da mão-de-obra na produção do pão	99
5.2.2.2 PGD Esteira transportadora	103
5.2.2.2.1 Considerações finais: PGD Esteira transportadora	105
5.3 REAPLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO E A ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS.	108
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
6.1 CONCLUSÕES	112
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	121
REFERÊNCIAS	122
APÊNDICE A - INVESTIGANDO A FORMAÇÃO: INGRESSOS EM 2007	126
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DA PESQUISA.....	132
APÊNDICE C - ORIENTAÇÕES AOS ALUNOS	135
APÊNDICE D - ATIVIDADES REFERENTES AO PGD I	136
APÊNDICE E - ATIVIDADES REFERENTES AO PGD III	160
APÊNDICE F - TABELA: RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS	186

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA E DEFINIÇÕES DO PROBLEMA E DOS OBJETIVOS DO TRABALHO

Iniciei¹ minhas atividades de ensino no ano de 1989 e desse ano até 1993 trabalhei em diversos colégios da rede pública estadual e particular em Ponta Grossa, Paraná, no ensino de Matemática e Física em cursos de nível médio e Matemática e Desenho Geométrico em cursos de nível fundamental. Em 1994 ingressei, por concurso público, no quadro de professores da área de Física, no então CEFET-PR/PG (Centro Federal de Educação Tecnológica Federal do Paraná, unidade de Ponta Grossa), hoje UTFPR-PG (Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *câmpus* Ponta Grossa).

Na UTFPR-PG meu trabalho foi se desenvolvendo tanto nos cursos de nível médio/técnico quanto nos cursos superiores das Tecnologias. Em 2007 a UTFPR-PG passou a ofertar os cursos de EP (Engenharia de Produção) em “Mecânica” e em “Automação e Controle” com o ingresso no início do ano de 44 alunos, metade das vagas para cada uma das duas modalidades. A partir de então, minhas atividades profissionais voltaram-se exclusivamente para o ensino de Física em Engenharia, principalmente nas disciplinas de FG (Física Geral) I, II e III, trabalhadas respectivamente nos três primeiros semestres da grade curricular do curso.

A disciplina de FG I em Engenharia difere, em termos de conteúdo, relativamente pouco da disciplina de Física I trabalhada no ensino médio. Ambas abordam o ramo da Física relacionado ao movimento de translação por diferentes métodos: Cinemática, Leis de Newton, Trabalho e Energia, Impulso e Quantidade de movimento e Colisões. Porém, além da translação, nos cursos de Engenharia também é estudado o movimento de rotação que praticamente não é visto no ensino médio. O mesmo tipo de similaridade também pode ser observado entre as disciplinas de Física 2 e 3 no ensino médio e as correspondentes FG II e III nos cursos de Engenharia. Dessa forma, entendo que a diferença entre as disciplinas está muito mais no aprofundamento dos

¹ Tomei a liberdade, nesse trabalho, de utilizar a primeira pessoa do singular nos momentos em que estou relatando as minhas experiências, atitudes e considerações particulares.

conceitos, numa maior complexidade das aplicações e nos objetivos de ensino/formação do que propriamente nos conteúdos. Por isso, a qualidade da aprendizagem de Física adquirida pelo aluno no ensino médio pode apresentar uma relação direta com o rendimento desse aluno nas disciplinas de FG no curso de Engenharia.

No desenvolvimento das atividades no primeiro semestre de 2007 fui percebendo uma grande dificuldade por boa parte dos alunos em resgatar e ou/aplicar alguns conceitos básicos aos quais tiveram acesso no ensino médio. Alguns alunos não apresentaram, por exemplo, um entendimento claro sobre o que indicam sentido e direção na representação de uma grandeza vetorial, outros compreendiam força normal de uma superfície como sendo apenas uma força de reação ao peso, desconsiderando todas as outras forças atuantes no sistema. Demonstraram ter dificuldades em realizar conversões entre unidades de medidas. Uma das situações em que isso se manifestou foi quando eles precisaram, por exemplo, determinar o volume de uma porção de água em metros cúbicos a partir do seu valor medido previamente em litros.

Durante o desenvolvimento das aulas em laboratório demonstraram a dependência da ação do professor e a necessidade de uma “receita” com a explicação dos procedimentos para poder realizar as atividades propostas. E, quando desenvolviam as atividades não havia uma preocupação com a qualidade dos procedimentos, desassociando teoria de prática.

Para determinar o período de um pêndulo simples os alunos, por exemplo, na sua grande maioria, não se preocupavam com a amplitude com que a massa era solta, desprezando seus efeitos sobre o resultado da medida. Ao determinar a massa de um recipiente não se preocupavam em secá-lo antes de colocá-lo sobre a balança.

Para determinar o peso de um determinado objeto ou determinar as forças de atrito em uma superfície plana, não levavam em consideração a necessidade de aferir o dinamômetro de acordo com a direção em que seria utilizado ou se o corpo do dinamômetro estava entrando em atrito com as suas bordas provocando erros na leitura da medida.

Percebeu-se também uma grande dificuldade em resolver problemas cujo enunciado não fosse direto, ou seja, elaborado contendo uma pergunta e

um conjunto de dados de forma que para a obtenção da sua solução bastem apenas a organização e aplicação direta dos dados coletados em uma fórmula.

Como conseqüência, no decorrer do ano de 2007, várias questões começaram a me inquietar: Sob quais parâmetros de formação acadêmica o professor de Engenharia deve focar sua atuação? Qual a importância do ensino de Física nessa formação? Qual o papel do professor junto à formação do engenheiro? Que atividades de ensino podem ser desenvolvidas na Física para promover um maior envolvimento do aluno nos processos de aprendizagem?

Nesse contexto, buscando respostas para tais questões e procurando entender as dificuldades de aprendizagem dos alunos na FG I, a partir da formação em Física por eles adquirida no ensino médio, percebi a necessidade de realizar uma investigação. Para tanto, apliquei junto aos alunos dessa turma um questionário fechado contendo questões por meio das quais lhes solicitei que fizessem comparações entre os procedimentos de ensino por eles e por seus professores desenvolvidos no ensino da Física no Ensino Médio e da Física Geral I no curso de EP.

Em síntese, com essa investigação permitiu-se concluir que os alunos que apresentavam maiores dificuldades de aprendizagem estavam simplesmente reproduzindo no curso de Engenharia os mesmos hábitos de aprendizagem, restrito à preocupação com a aplicação de fórmulas e conceitos prontos como se fossem suficientes para resolver os problemas e as atividades experimentais propostas junto às atividades de ensino na FG I.²

Dessa forma, entende-se que a formação adquirida pelos alunos no Ensino Médio pode realmente ter sido um fator preponderante para o baixo rendimento apresentado na disciplina de FG I, contudo esse entendimento apenas contribui para determinar uma das possíveis justificativas para essa ocorrência, sem dar contribuições imediatas para resolver o problema. Por isso, entendi que o problema a ser investigado seria bem mais complexo do que simplesmente entender as possíveis causas do baixo rendimento apresentado pelos alunos.

² Informações sobre o questionário aplicado e a análise dos resultados obtidos podem ser observadas com maiores detalhes por meio de leitura do **APÊNDICE A**.

Os questionamentos surgidos ao fim do trabalho com a primeira turma de FG I em 2007 levaram-me a refletir sobre a necessidade de promover atividades de ensino que permitissem à disciplina de Física Geral I desempenhar um novo papel, mais efetivo junto ao processo de formação do engenheiro.

Intrínsecas ao processo de formação, essas atividades teriam também como objetivo promover um maior envolvimento do aluno recém-ingresso no processo de sua própria formação acadêmica e, como conseqüência, no saneamento das suas próprias e eventuais dificuldades de aprendizagem decorrentes da formação por ele adquirida no ensino médio. Ou seja, nesse novo papel atribuído ao ensino da Física, entendi que deveriam ser adicionados aos objetivos específicos da disciplina os objetivos que definem a formação do perfil do aluno egresso em Engenharia solicitado pelas DCNs (Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de Engenharia).

Elaborei, com esse propósito, ao fim de 2007 uma metodologia de ensino, específica para o ensino em Engenharia, intitulada de Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões ou simplesmente Metodologia PGD. Em virtude do exposto, a pesquisa que aqui apresento buscou responder ao seguinte questionamento:

“Quais contribuições os Problemas Geradores de Discussão podem trazer para o ensino-aprendizagem da disciplina de Física Geral I em uma turma de alunos recém-ingressos do curso de Engenharia de Produção?”

Como objetivo geral definiu-se por:

“Verificar os efeitos da Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões sobre o processo de formação acadêmica em Engenharia a partir de sua aplicação na disciplina de Física Geral I em uma turma de alunos recém-ingressos nos cursos de Engenharia de Produção na UTFPR-PG”.

E, como objetivos específicos:

1- verificar se a aplicação da Metodologia PGD no ensino em Engenharia contribui para que os alunos desenvolvam novos hábitos de aprendizagem por meio da promoção de um processo mais participativo, com confronto de idéias, realização de pesquisas e a aplicação de conhecimentos científicos na busca da solução de um problema real e voltado para o contexto da Engenharia;

2- avaliar se a aplicação da Metodologia PGD contribui para a formação humanista do aluno de Engenharia por meio da promoção, nesse aluno, do hábito de relacionar questões profissionais - científicas, tecnológicas - a questões sociais e ambientais;

3- analisar se a aplicação da Metodologia PGD contribui para a formação de habilidades e competências solicitadas à formação do perfil do aluno, futuro egresso nos cursos de Engenharia, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de Engenharia.

1.2 A ESTRUTURA DO TRABALHO

Em virtude dos objetivos traçados e do volume das atividades desenvolvidas, o presente trabalho resultou na produção de um texto distribuído em seis partes ou capítulos. No capítulo primeiro, apresentado nesse momento, mostra-se o contexto que deu origem às primeiras preocupações referentes ao objeto investigado, culminando com a definição do problema e os objetivos da pesquisa desenvolvida.

O segundo capítulo inicia-se com a apresentação de um estudo sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. Por meio das DCNs foram obtidas informações que contribuíram para um melhor entendimento sobre os parâmetros norteadores da formação acadêmica em Engenharia, fundamentais para a determinação dos objetivos gerais da Metodologia PGD. Na seqüência desse capítulo é apresentado um estudo

realizado sobre os princípios do enfoque de ensino CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Obtiveram-se, nesse estudo, orientações de grande importância para a elaboração das atividades da Metodologia PGD destinadas a socializar o ensino de Física e cumprir com o objetivo de promover a formação do acadêmico de Engenharia em seu aspecto cidadão. Voltado para o ensino em Engenharia o enfoque CTS orienta a necessidade de promover junto aos alunos o hábito de avaliar as tecnologias a partir de seus possíveis impactos sobre a sociedade e meio ambiente. O último estudo apresentado nesse capítulo foi realizado sobre trabalhos (artigos, dissertações, teses, etc.) escritos por estudiosos que defendem a corrente de ensino desenvolvido por meio da resolução de problemas. A partir desse estudo é que ocorreu a definição pelo uso do problema como uma ferramenta capaz de colocar em prática diferentes atividades de ensino elaboradas visando o cumprimento dos diferentes objetivos que nortearam a construção da Metodologia PGD.

No decorrer do terceiro capítulo ocorre a descrição da metodologia por meio da qual se desenvolveu a pesquisa e ocorre a indicação e justificativa das etapas ou passos pelos quais a pesquisa foi realizada. Inseridos nesses passos, são apresentados os pressupostos da Metodologia PGD.

No quarto capítulo são relatadas as ações desenvolvidas na pesquisa: aplicações dos PGDs e de um questionário. Apresentam-se os dados coletados junto a um dos PGDs com suas respectivas análises e conclusões.

No capítulo quinto, tecem-se considerações gerais sobre a pesquisa realizada buscando analisar os resultados obtidos, tendo como parâmetro os objetivos traçados e as orientações obtidas no referencial teórico.

No sexto capítulo são apresentadas sugestões para a realização de novos estudos sobre os efeitos da Metodologia PGD no processo de ensino e formação acadêmica em Engenharia.

Além do próprio trabalho em si, a presente pesquisa apresenta como produto final um Manual para elaboração e aplicação da Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões que se encontra anexado à dissertação gravado em um *cd rom*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AS SOLICITAÇÕES DAS DIRETRIZES CURRICULARES DE ENGENHARIA FRENTE ÀS TRANSFORMAÇÕES SOCIAIS E NO MERCADO DE TRABALHO

Nas últimas décadas, a evolução científica e tecnológica mundial caminhou a passos largos, mudando obrigatoriamente e em via de duas mãos as relações entre o homem, o mercado de trabalho e a sua formação acadêmica. Essa evolução, segundo Piratelli (2005), passou a ocorrer no Brasil em meados do século XX, quando as grandes indústrias estrangeiras estabeleceram-se em território nacional trazendo consigo novas tecnologias e promovendo alterações ambientais e sociais.

Com a instalação das indústrias estrangeiras, foi estabelecido um novo mercado de trabalho, mais industrializado e voltado para a produção em massa de artefatos tecnologicamente mais desenvolvidos. Na época, como relatam Póvoa e Bento (2005), o setor de produção solicitava às instituições de ensino a formação de um egresso em Engenharia com forte formação científica e domínio de técnicas, condições suficientes para habilitar o egresso a inserir-se no mercado de trabalho. Nesse período os governantes entendiam, numa visão imediatista e baseada apenas na relação custo-benefício, ser mais viável importar tecnologia do que investir na produção de tecnologia nacional e, por isso, bastava ao engenheiro que soubesse manipular as tecnologias importadas e projetadas para produzir produtos pré-concebidos.

Com a inserção crescente de novos produtos no mercado de consumo, o homem enquanto cidadão e consumidor deixou-se induzir, para não dizer seduzir, pela comodidade das novas tecnologias. Estando entre essas comodidades a rapidez dos novos meios de transporte, as painéis de alumínio, mais bonitas e leves que as de ferro, os alimentos enlatados praticamente prontos para ir à mesa, as garrafas de plástico que não se quebram como as de vidro.

Porém, a sociedade que naturalmente sempre se deixou influenciar pelo contexto no qual se encontra inserida, não poderia deixar de ser

influenciada pelas informações que a ela passaram a chegar cada vez de forma mais rápida e em maior quantidade em decorrência da evolução tecnológica no setor das comunicações. Essas informações chegaram sob a forma de notícias que passaram a alertar para a poluição gerada pela queima dos combustíveis, mortes causadas nos acidentes de trânsito, efeitos colaterais dos remédios, possíveis doenças causadas pelo alumínio liberado das panelas, efeitos dos produtos químicos contidos nos conservantes dos alimentos enlatados, etc.

Despertou-se na sociedade, dessa forma, a necessidade de refletir sobre os efeitos - social e ambiental - do uso dos novos produtos tecnológicos. Efeitos que até então eram ignorados ou considerados como irrelevantes em contrapartida ao grande benefício gerado. A sociedade iniciou um processo de percepção de que a sua nova forma de viver, utilizando-se dos produtos tecnológicos, estava afetando o seu meio e, como consequência, as mudanças desse meio passaram, em um processo cíclico, também a afetar a sua forma de viver. Nesse contexto, Angotti e Auth (2001, p.15) afirmam que:

O que inicialmente parecia um bem inegável a todos, com o passar dos anos revelou outras facetas. À medida que o uso abusivo de aparatos tecnológicos tornava-se mais evidente, com os problemas ambientais cada vez mais visíveis, a tão aceita concepção exultante de C&T, com a finalidade de facilitar ao homem explorar a natureza para o seu bem-estar começou a ser questionada por muitos.

Em decorrência desse processo cobra-se, nos dias atuais, do setor de produção mais do que preocupações com a necessidade e a utilidade dos produtos que lança no mercado. Movimentos sociais - políticos, religiosos, ambientais, etc. - vêm promovendo, por meio dos órgãos de comunicação, campanhas buscando conscientizar a sociedade civil sobre a necessidade de valorizar os produtos “social e ambientalmente corretos”.

Busca-se, nessa perspectiva, a valorização de artefatos elaborados com um planejamento prévio para que na sua produção, durante a sua utilização e depois de consumidos, não provoquem ou minimizem o máximo possível os danos causados à sociedade e ao meio ambiente. Dessa forma, conforme citam Jabbour *et al.* (2006, p.01): “cresce a consciência de que as empresas devem gerar não só o lucro, mas também satisfazer necessidades sociais e de proteção ambiental”.

Nesse contexto, entende-se que vem crescendo significativamente a importância do papel das Universidades, de modo especial daquelas que dão a sua contribuição à sociedade e ao setor de produção com a formação de engenheiros e tecnólogos, buscando remodelar seus parâmetros com o objetivo de formar profissionais melhores adaptados às novas condições do cenário apresentado. E à medida que as Universidades se deparam com a demanda de uma nova formação acadêmica, vê-se a necessidade de que o professor que atua em cursos de engenharia passe a estabelecer novos objetivos de trabalho buscando o desenvolvimento de uma nova prática.

Mas, baseado efetivamente em quê o professor pode orientar-se para estabelecer uma nova prática? Qual o posicionamento do MEC (Ministério da Educação no Brasil) frente às alterações anunciadas e que orientações as diretrizes dos cursos de Engenharia fornecem aos professores?

O posicionamento do Ministério da Educação deu-se por meio de decreto baixando resolução do CNE (Conselho Nacional de Educação) e CES (Câmara de Educação Superior) que estabeleceu modificações nas DCNs a fim de orientar as Universidades e seus professores indicando-lhes novos parâmetros para a formação acadêmica em Engenharia. Mas, em que consiste a formação acadêmica, enfim?

Entende-se, assim como Póvoa e Bento (2005), que a formação acadêmica deve ser vista apenas como parte e não o processo de formação do engenheiro como um todo. Ou seja, a universidade não forma o engenheiro, ela apenas contribui para a sua formação dando condições básicas para que o aluno, ao concluir o curso de Engenharia, possa dar seqüência às suas atividades enquanto cidadão e início de suas atividades enquanto profissional atuante junto à sociedade e mercado de trabalho.

Então, se a formação do engenheiro tem seu início na formação acadêmica, em sala de aula, por meio da grade curricular e sua aplicação em forma de ensino nas disciplinas do curso freqüentado, entende-se como justificadas as alterações promovidas pelo MEC junto às DCNs indicando aos professores a necessidade de um novo entendimento sobre a grade curricular.

[...] o antigo conceito de currículo, entendido como grade curricular que formaliza a estrutura de um curso de graduação, é substituído por um conceito bem mais amplo, que pode ser traduzido pelo

conjunto de experiências de aprendizado que o estudante incorpora durante o processo participativo de desenvolver um programa de estudos coerentemente integrado (BRASIL, 2002, p.02).

Para colocar em prática essa “nova” visão curricular julga-se ser necessário o acompanhamento de um “novo” entendimento sobre as funções do professor e do aluno no processo de ensino e aprendizagem. Que funções seriam essas? Ao professor solicita-se que elabore e aplique atividades de ensino contextualizado, objetivando promover a ação do aluno dentro e/ou fora da sala de aula, motivando-o a participar de forma mais efetiva no processo de busca e apreensão de conhecimentos científicos e tecnológicos por meio de novas experiências de aprendizado. Como exemplo de experiências de aprendizado encontra-se a realização de pesquisas, a aplicação de raciocínios buscando a resolução de problemas, a aplicação de conhecimentos para o desenvolvimento de atividades experimentais, a realização de atividades em grupo com discussões e confrontos de idéias, a proposição de procedimentos experimentais, entre outros.

Ao aluno solicita-se um maior envolvimento na realização das atividades de ensino e um maior comprometimento junto ao processo de aprendizagem e, conseqüentemente, sobre o processo de sua própria formação acadêmica. Para tanto, espera-se que o aluno busque o saneamento de suas próprias dificuldades por meio de estudos extra-sala de aula, que participe mais das aulas expositivas expondo e buscando esclarecimentos às dúvidas e que busque um posicionamento mais independente durante a resolução dos problemas e procedimentos experimentais propostos.

Percebe-se, em virtude do exposto, que as DCNs orientam o professor indicando procedimentos para a construção de uma “nova” prática de ensino. Contudo, que orientações as DCNs fornecem aos professores quanto aos objetivos a serem perseguidos por essa prática? Ou, em outras palavras, que formação acadêmica em Engenharia se pretende atingir?

Em resposta a esses questionamentos as DCNs solicitam que as Universidades, em seus cursos de Engenharia, direcionem seus esforços buscando atingir uma formação acadêmica caracterizada por:

[...] uma sólida formação técnico científica e profissional geral que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (BRASIL, 2002, p.02).

Observa-se nessas orientações, em uma análise inicial, a preocupação do MEC em atender as exigências do mercado de trabalho / setor produtivo, já que solicita a formação de um egresso capacitado não somente a aplicar, mas também a elaborar e produzir novos processos, procedimentos e/ou artefatos tecnológicos. Porém, mais do que essa formação voltada para o aspecto profissional, solicita que os objetivos de ensino também se voltem para a formação do profissional enquanto cidadão.

Dessa forma, aliando nessa formação a capacidade profissional e o desenvolvimento de uma consciência para a cidadania entende-se que as universidades desenvolverão importante papel tornando o futuro engenheiro apto a analisar de forma crítica e reflexiva os processos de produção. Ao adquirir essa formação desenvolvida nos aspectos profissional e para cidadania, espera-se que o futuro engenheiro desempenhe suas funções de acordo com as expectativas do setor produtivo e sociedade, sendo capaz de identificar e solucionar os problemas relacionados à produção, mas também atento aos possíveis problemas sociais e/ou ambientais por ela causados.

Nesse sentido, percebe-se uma intrínseca preocupação do MEC com questões sociais e ambientais, pois solicita um egresso em Engenharia que durante a sua atuação como profissional/cidadão esteja habituado a tomar decisões associando questões científicas, técnicas e tecnológicas à questões sociais, ambientais, políticas, éticas, etc. Por isso, orientado pelas DCNs, entende-se que o professor vê-se impelido a criar formas de inserção da temática social e ambiental junto às atividades de ensino, promovendo a participação do aluno e a formação de “novos” valores por meio da integração dos conteúdos de ensino de sua disciplina e os contextos social, ambiental e o específico de sua futura área de atuação profissional. Nessa perspectiva, comenta Pereira (2005, p.02):

Neste cenário as Instituições de Ensino Superior - IES desempenham um papel preponderante, pois, o que é ensinado nas mesmas, é determinante para a sobrevivência do profissional no mundo do

trabalho e, nessa direção deve ser observada a responsabilidade dessas instituições na formação de seus egressos. Assim sendo, uma das tarefas mais importantes e essenciais dos educadores, é alcançar uma estrutura educacional que permita a formação de um profissional integral. Para isso, torna-se relevante refletir sobre os objetivos da educação escolar, suas finalidades e seus valores.

O MEC, por meio das DCNs, ainda indica aos professores um conjunto de habilidades e competências (BRASIL, 2002) consideradas relevantes à formação do perfil do aluno egresso em Engenharia. E, por meio desses parâmetros, dá orientações aos professores para que procurem elaborar e colocar em prática atividades de ensino buscando promover junto ao aluno de engenharia o exercício das suas capacidades para:

- ampliar e aplicar os conhecimentos científicos adquiridos à Engenharia;
- projetar e conduzir experimentos científicos e interpretar os resultados;
- identificar e resolver problemas de Engenharia;
- desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas no intuito de solucionar um problema;
- comunicar-se eficientemente nas formas escrita e oral;
- avaliar o impacto das atividades da Engenharia no contexto social e ambiental.

Em síntese, ao analisar as DCNs, entende-se que o cumprimento de suas solicitações para a formação do perfil do aluno egresso em Engenharia passa necessariamente por uma mudança de visão do professor sobre a importância de sua prática em sala de aula e sobre os objetivos que estabelece para sua disciplina.

Nesse processo, vislumbra-se que o professor passe a enxergar a sua disciplina de ensino como parte de um todo que é a formação acadêmica e a formação acadêmica como uma das etapas de um processo maior que tem por objetivo a formação do Engenheiro.

Julga-se também importante que o aluno seja visto, por si e pelo professor, como um futuro profissional cujas ações poderão contribuir direta ou indiretamente para a promoção de alterações, positivas e/ou negativas, na

qualidade de vida a partir de suas decisões. Nos tempos atuais entende-se que se abrem portas para o profissional de Engenharia formado com valores morais e éticos, dono de conhecimento técnico e capacidade inovadora que o habilitam a solucionar problemas, de forma rápida e eficaz e que, entre outras características, planeja os processos e procedimentos de produção preocupando-se com os possíveis impactos tecnológicos.

Partindo do exposto, entende-se que pode ser um importante ponto de apoio ao professor, na busca de encontrar meios para colocar em prática os objetivos de ensino/formação acadêmica, observar as orientações e estratégias de ensino indicadas pelo enfoque de ensino CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

2.2 ENSINAR RELACIONANDO CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

A formação acadêmica em Engenharia, de acordo com as DCNs (BRASIL, 2002), tem entre seus objetivos formar um egresso apto para atuar nesse mundo em constante transformação social, ambiental e no setor produtivo. Nesse intuito, as DCNs solicitam junto à formação acadêmica a promoção de uma maior conscientização desse egresso quanto às suas responsabilidades enquanto profissional e cidadão no desempenho de suas futuras funções laborais.

Nessa perspectiva, a elaboração de novas tecnologias e/ou a tomada de decisões junto ao processo de produção são algumas entre tantas ações do profissional de engenharia que necessitam ser acompanhadas de um processo de análise e reflexão, pois podem produzir efeitos transformadores tanto sobre a sociedade quanto sobre o meio ambiente. Nesse panorama, em resposta às solicitações das DCNs, observa-se a necessidade de encontrar um caminho para promover atividades de ensino em Engenharia objetivando construir junto ao aluno o entendimento de que as tecnologias não são neutras, ou seja, podem promover efeitos tanto benéficos quanto maléficos.

Busca-se, dessa forma, construir junto ao acadêmico de Engenharia uma visão crítica sobre a tecnologia, superando as visões unilaterais do Rei Thamus e do inventor Theuth, personagens lendários citados no livro

“Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia” de Postman (1994). Nesse livro o autor, na tentativa de desmistificar a neutralidade da tecnologia, apresenta duas visões distintas e antagônicas sobre os efeitos do uso das tecnologias: do rei Thamus que só observa o lado negativo e do inventor Theuth que vê apenas o lado positivo. Theuth havia apresentado à Thamus a invenção da escrita e propunha, a partir de sua invenção, uma forma de aperfeiçoar a sabedoria e a memória do povo egípcio. Na visão de Theuth essa invenção traria inúmeros benefícios ao povo. Thamus, por sua vez, viu na escrita uma forma de transformar seus usuários em um fardo para a sociedade, pois, de acordo com a sua forma de pensar, esses se tornariam ignorantes à medida que passassem a buscar conhecimentos e informações apenas na escrita e não mais na sua própria memória.

Por observar que até meados do século XX associava-se o desenvolvimento do Brasil ao uso e exploração indiscriminada dos seus recursos naturais e tecnológicos (ANGOTTI e AUTH, 2001), entende-se que a visão pela qual se permeou o crescimento industrial brasileiro não foi muito distante das visões de Teuth e de Thamus, pois, assim como nesses casos também foi unilateral. Nessa visão unilateral também não deve ter sido difícil para a sociedade civil incorporar em seus hábitos o uso dos produtos tecnológicos, pois o conforto, a comodidade e a praticidade a eles associados tornavam-nos altamente atrativos. Todavia, esse sentimento nacional e global de bem-estar relacionado ao progresso tecnológico não perdurou por muito tempo, pois, conforme relatam Auler e Bazzo (2001, p.01):

[...] foi crescendo o sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social. Após uma euforia inicial com os resultados do avanço científico e tecnológico, nas décadas de 1960 e 1970, a degradação ambiental, bem como a vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico à guerra (as bombas atômicas, a guerra do Vietnã com seu napalm desfolhante) fizeram com que a ciência e a tecnologia (C&T) se tornassem alvo de um olhar mais crítico.

Por isso, entende-se a necessidade de sobrepor à visão comum, uma visão crítica da sociedade e, de forma especial, dos acadêmicos de Engenharia sobre os possíveis custos, sociais e/ou ambientais, do desenvolvimento da Ciência e Tecnologia. Essa visão crítica deve ser observada pelo futuro

engenheiro como uma importante ferramenta de julgamento e prevenção a ser utilizada no processo de produção, pois, como alerta Postman (1994, p.17):

[...] uma vez que uma nova tecnologia é aceita, ela atua de imediato; faz o que está destinada a fazer. Nossa tarefa é compreender o que é esse desígnio; vale dizer que, quando aceitamos uma tecnologia nova, devemos fazê-lo com os olhos bem abertos.

Com uma atuação baseada apenas na visão comum, corre-se o risco de se tomar decisões politicamente incorretas, pois, o que se julga ser uma forma de solucionar um problema pode vir a criar um novo problema, e com dimensões ainda maiores do que o problema inicial, como se pode observar nos exemplos dados no **QUADRO 1**. Nesse quadro, busca-se exemplificar alguns problemas relacionando-os com suas soluções e possíveis implicações sociais e/ou ambientais. Por isso, julga-se necessária a visão da tecnologia não apenas como um único produto, mas sim como um sistema de “produtos heterogêneos” (BAZZO, 2002), ou seja, produtos que são construídos utilizando-se de várias Ciências, Técnicas e Tecnologias, por isso sendo passíveis de produzir vários efeitos.

PROBLEMA	SOLUÇÃO	BENEFÍCIOS	MALEFÍCIOS
Ervas daninhas em jardins e hortas	Herbicidas: pesquisa nas áreas de Química e Biologia	Eliminação das ervas daninhas	Contaminação do homem e do lençol freático
Odores indesejáveis do corpo humano	Desodorante aerosol: pesquisa em Química e Física	Praticidade e higienização	Degradação da camada de ozônio
Pacotes de papel apresentam baixa resistência física	Sacolas plásticas: pesquisa nas áreas de Química e Física	São mais resistentes, práticas e impermeáveis	Contaminação do ambiente, liberação de dioxinas

QUADRO 1- Impactos Tecnológicos
Fonte: Autoria própria.

O engenheiro, de acordo com as situações indicadas no **QUADRO 1**, pode planejar a produção de um herbicida sem a devida preocupação com a possível contaminação do lençol freático ou com problemas de saúde

causados em pessoas que venham a aplicar o produto sem as devidas precauções, ou que venham a consumir alimentos contaminados por esse produto. Pode contribuir para a criação do desodorante aerossol que oferece uma aplicação mais prática e higiênica que o desodorante produzido na textura de creme, porém, sem se preocupar com os efeitos que esse produto tecnológico pode trazer ao meio ambiente, contribuindo para a degradação da camada de ozônio.

O engenheiro realiza a pesquisa, propõe e produz sacolas de plástico que são mais resistentes e que não se desmancham ao molhar, em substituição aos pacotes de papel, porém, sem se preocupar com o destino dessas sacolas após o seu uso e as possíveis contaminações causadas. Dessa forma, encontra-se na ação de promover esse tipo de reflexões em sala de aula uma forma de contribuir para a formação do conceito da não-neutralidade da Ciência & Tecnologia junto aos acadêmicos de Engenharia. Ao desenvolver esse processo, espera-se que da mesma forma com que o aluno passou a refletir sobre os efeitos do desodorante aerossol, do herbicida e da substituição do pacote de papel pelo de plástico, reflita também durante as suas futuras decisões profissionais.

Por isso, entende-se que a formação do acadêmico de Engenharia, enquanto consumidor e criador de produtos ou processos tecnológicos deve passar necessariamente por uma nova concepção de cidadania. Nessa concepção, a aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos passa a exercer um papel social, fornecendo argumentos e subsídios para a avaliação dos possíveis impactos tecnológicos.

Entende-se que uma visão mais crítica sobre a complexidade da tecnologia pode contribuir para a compreensão e previsão dos possíveis “efeitos colaterais” que o uso dessa tecnologia pode provocar. Refletir sobre os efeitos das tecnologias julga-se ser, de fato, uma obrigação da sociedade e daqueles que a governam e a formação acadêmica não pode permitir-se ficar à margem desse processo.

Dessa forma, o enfoque de ensino CTS propõe que os professores passem a instigar essa visão crítica em seus alunos, pois, inseridos no mercado de trabalho os alunos egressos em Engenharia deparar-se-ão com problemas relacionados às Tecnologias enquanto processos, procedimentos ou

produtos tecnológicos, sobre os quais deverão refletir, avaliar e apresentar soluções. Nesse sentido, comentam Gordillo e Galbarte (2002, p.36):

[...]construirse una central nuclear en un determinado lugar? ¿Debe aumentarse el presupuesto para la construcción de una autovía para evitar que su trazado afecte a un entorno natural singular? ¿Deben conservarse los embriones humanos congelados hace más de diez años? ¿Deben desarrollarse las tecnologías de la clonación humana? ¿Debo aprobar que se desconecte el respirador a un ser querido? Todas esas decisiones están en el centro de actividades tecnológicas, pero en modo alguno son decisiones neutras. Los expertos técnicos también podrían tener diferentes opiniones sobre ellas, igual que los demás ciudadanos. De hecho, son el tipo de decisiones sobre la tecnología que más importancia tienen para la ciudadanía.

Nesse contexto, entende-se que a preparação do homem - consumidor e/ou criador de tecnologias - deve passar necessária e simultaneamente por uma nova concepção de cidadania e pela aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos que lhe permitam um melhor entendimento dos efeitos decorrentes do uso e/ou do processo de produção de artefatos tecnológicos. Por isso, concorda-se com Bazzo *et al.* (2008) quando indicam os pressupostos do enfoque CTS como um importante meio de contribuição para a formação acadêmica - científica, tecnológica e humanista - nos cursos de Engenharia.

O movimento social CTS teve seu início na segunda metade do século XX, quando foram observadas as primeiras críticas ao paradigma da associação entre desenvolvimento científico, tecnológico e promoção do bem estar social (AULER e BAZZO, 2001; SANTOS e MORTIMER, 2001; PINHEIRO, 2005) e ao paradigma da sociedade consumista na qual o conceito de cidadania privilegiava os direitos do indivíduo, sem a necessária preocupação com os seus deveres (SANTOS, 2005). O movimento CTS, para Pinheiro (2005, p.28), veio em oposição direta a esse modelo individualista de cidadania, pois: “[...] trouxe como um de seus lemas a necessidade do cidadão de conhecer os direitos e obrigações de cada um [...]”.

O enfoque de ensino CTS originou-se, na ordem natural dos acontecimentos, dos efeitos decorrentes das preocupações sociais, refletidas junto às questões educacionais e, segundo Pinheiro (2005, p.40), propõe: “renovação na estrutura curricular dos conteúdos, de forma a colocar a ciência

e a tecnologia em novas concepções vinculadas ao contexto social”. Propõe um processo de ensino e aprendizagem reflexivo e contextualizado, com a participação ativa do educando objetivando formar a sua criticidade sobre os processos que relacionam a Ciência, Tecnologia e as questões sociais e ambientais (BAZZO, 1998; PINHEIRO, 2005 e 2007; GORDILLO e OSORIO, 2003). Outro ponto importante a se destacar na proposta CTS é, segundo Gordillo e Galbarte (2002, p.26) o aspecto crítico-reflexivo no ensino das tecnologias como inspiração para as mudanças nas práticas de ensino:

[...] la perspectiva CTS aporta una adecuada mirada crítica que permite inspirar las propuestas educativas prácticas sin las cuales estas reflexiones sobre las finalidades de la educación tecnológica carecerían de valor para la transformación educativa.

Na perspectiva de Gordillo e Cerezo (2002), as atividades de ensino CTS devem ser elaboradas de forma a promover a busca, por parte dos alunos, de uma aprendizagem por meio da aplicação ou desenvolvimento de conhecimentos em situações contextualizadas, de forma a permitir o relacionamento entre questões profissionais, sociais e ambientais. Aborda-se também no enfoque CTS a necessidade de aliar ao desenvolvimento curricular atividades de ensino que promovam o exercício da cidadania, buscando, dessa forma, a aquisição por parte dos acadêmicos de referenciais que possam vir a orientar seus posicionamentos em suas decisões profissionais (SANTOS e MORTIMMER, 2001).

De acordo com Acevedo (2004, p.10), exercitar a cidadania, relacionando-a às questões científicas é fundamental para que: “las personas puedan participar democráticamente en la evaluación y la toma de decisiones sobre asuntos de interés social relacionados con la ciencia y la tecnología [...]”. E, numa proposta voltada para uma nova visão sobre o currículo e a função das disciplinas de ensino, Bazzo (2002, p.10) indica que o enfoque de ensino CTS propõe: “tratar de forma integrada os diversos saberes das áreas de conhecimentos acadêmicos tradicionais, que hoje são abordados de forma fragmentada e descontextualizada”.

Em virtude do panorama exposto e por entender que os pressupostos das DCNs e do enfoque CTS no ensino são convergentes quanto às

orientações educacionais e curriculares, deparou-se, nesse trabalho, com a necessidade de buscar/escolher/estabelecer uma metodologia de ensino que permitisse colocar essas orientações em prática. Nessa perspectiva, optou-se por trabalhar essas questões a partir das orientações da metodologia de ensino baseada na Resolução de Problemas, desenvolvida à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa.

2.3 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: IMPLICAÇÕES NO PROCESSO DE ENSINO E FORMAÇÃO ACADÊMICA EM ENGENHARIA

Entre seus pressupostos, as Diretrizes dos cursos de Engenharia solicitam junto aos professores a promoção de atividades de ensino que levem seus alunos a exercitar sua capacidade em resolver problemas. E, para potencializar essa capacidade, indicam como pré-requisitos a promoção de uma sólida formação profissional aliada a um processo de reflexão voltado para a aquisição de valores para a cidadania.

Dessa forma, entende-se que a proposta das DCNs está em dotar o aluno de condições que lhe permitam avaliar e buscar soluções para os problemas que se apresentarão em sua futura atividade profissional levando em consideração tanto aspectos relacionados à sua formação profissional quanto à sua formação enquanto cidadão.

Nesse panorama buscou-se no método de ensino baseado na resolução de problemas (COSTA e MOREIRA, 2000 e 2002; GAULIN, 2001; SILVA e BELTRAN NUNEZ, 2002; SOUZA e BASTOS, 2006; LUCERO *et al.*, 2006; FÁVERO e SOUSA, 2001; SANTOS e INFANTE-MALACHIAS, 2008; entre outros.) desenvolvido à luz dos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 1982 e 2003; BUSHWEITZ, 2001; GURUCEAGA e GONZÁLEZ GARCIA, 2004; MOREIRA, 1996, 2000 e 2006; LUCERO *et al.*, 2006; TAVARES, 2008; entre outros.), indícios de um possível caminho a permitir a promoção simultânea da aprendizagem e formação do aluno, futuro egresso em Engenharia de acordo com os parâmetros estabelecidos pelas DCNs.

Adota-se nesse trabalho, a partir das orientações adquiridas junto aos pressupostos teóricos da metodologia de Resolução de Problemas e Teoria da Aprendizagem Significativa, o entendimento de que um problema é uma situação com a qual uma pessoa se depara e vê a necessidade de disponibilizar certo esforço para buscar a sua solução. Esse esforço, quando o problema é utilizado para a promoção de aprendizagem, está relacionado à necessidade de utilização e reorganização de conhecimentos científicos prévios, desenvolvimento de cálculos, realização ou elaboração de procedimentos experimentais, entre outros, na busca de sua solução.

Nessa visão, as situações de ensino que, para a busca de sua solução, exigem do aluno apenas a aplicação imediata de conceitos, fórmulas e cálculos são entendidas apenas como exercícios. Nessa perspectiva entende-se que a aprendizagem dá-se com a participação de uma pessoa em um processo de observação, experimentação e/ou estudo sobre um fato ou uma informação ainda desconhecidos. Ao realizar esses processos os fatos ou informações passam a ser conhecidos pela pessoa, ou seja, ficam retidos na sua memória de forma a possibilitar que essa pessoa possa utilizá-los para a aquisição de novos conhecimentos ou solucionar problemas.

Entende-se que quando os conhecimentos retidos não contribuem para a aquisição de novos conhecimentos, estes não resultaram de fato de um processo de aprendizagem desejável, mas simplesmente de um processo de memorização. Nesse caso, o aluno sabe, mas não compreende, por isso apresenta dificuldades em utilizá-los. Nesse parâmetro Ausubel (2003) caracteriza dois diferentes e antagônicos tipos de aprendizagem: a mecânica e a significativa. A diferença entre elas, em síntese, entende-se estar no papel desempenhado pelo conhecimento já adquirido junto ao processo de aquisição de novos conhecimentos. Para Ausubel (1982 e 2003), Moreira (2000 e 2006), Buchweitz (2001), Costa e Moreira (2002), Guruceaga e González Garcia (2004) e Tavares (2008) na aprendizagem entendida como significativa o indivíduo assimila um novo conhecimento por meio de relacionamentos com a estrutura dos conhecimentos já incorporados e, por outro lado, na aprendizagem entendida como mecânica os conhecimentos são adquiridos aleatoriamente, por simples memorização. Ou seja, quando a aprendizagem é significativa o indivíduo é capaz de associar esse conhecimento com os

conhecimentos já existentes produzindo dessa forma uma nova estrutura que é capaz de reconstruir-se à medida que novos conhecimentos são incorporados.

Por outro lado, quando o conhecimento é fruto de uma aprendizagem mecânica, ele se apresenta de forma isolada e independente e, como consequência, o indivíduo tende a conseguir apenas reproduzi-lo da mesma forma com que foi apropriado, apresentando dificuldades em aplicá-lo em contextos diferentes daquele em que originalmente lhe foi apresentado (TAVARES, 2008). Em virtude do exposto, entende-se uma aprendizagem eficaz e desejável aos alunos de Engenharia, como sendo aquela resultante de processos mentais decorrentes da modificação, relacionamento e complementação de conhecimentos pré-existentes. A função desses conhecimentos pré-existentes é a de dar significado e sustentação para novos conhecimentos, definida por Ausubel (1982 e 2003) como função de subsunção ou ancoragem.

Ao serem captados, os novos conhecimentos assumem, por sua vez, a posição e a função dos conhecimentos pré-existentes, criando assim uma estrutura cognitiva cíclica que se renova/atualiza/recompõe a cada nova aprendizagem ocorrida. Posto isso, questiona-se: Que atitudes contribuem para a aquisição de uma aprendizagem significativa?

Ausubel (2003) condiciona a aprendizagem significativa à ocorrência e associação entre três atitudes: uso de **materiais** e **mecanismos de ensino** potenciais de aprendizagem significativa e a promoção do **envolvimento acadêmico** no processo de aprendizagem.

Como proposta de material de ensino capaz de atuar como potencial de aprendizagem significativa, autores como Lucero *et al.* (2006), Costa e Moreira (2002), Fávero e Sousa (2001), entre outros, sugerem a utilização de problemas. Lucero *et al.* (2006, p. 87), por exemplo, afirmam que:

[...] la resolución de problemas es una actividad de innegable importancia para producir aprendizajes significativos, dado que ayuda a los estudiantes a reforzar y clarificar los principios que se enseñan, obligándolos a poner constantemente sus conocimientos a prueba y en práctica.

Na mesma linha de raciocínio, Costa e Moreira (2000), Fávero e Sousa (2001), entendem que desenvolver atividades de ensino por meio de problemas

pode ser essencial ao processo de ensino-aprendizagem à medida que os alunos precisam refletir e raciocinar na busca do melhor caminho para a sua solução.

Na busca desse caminho, o aluno raciocina e reflete realizando exercício de interpretação das representações externas do enunciado do problema captando-as e convertendo-as em representações internas, necessárias para a busca de uma solução. Nesse sentido, entende-se que o aluno que aprender na forma mecânica apresentará maior dificuldade em solucionar os problemas que lhe forem propostos no ensino de Engenharia em comparação com aquele cuja aprendizagem foi significativa. E essa dificuldade será sentida já no início, ao ler o enunciado do problema, pois, conforme relatam Costa e Moreira (2002), a compreensão do indivíduo sobre o enunciado de um problema depende das representações externas expostas pelo texto e dos significados que essas representações têm internamente para ele.

Representações internas, ou *representações mentais*, são maneiras de “re-presentar” internamente o mundo externo. As pessoas não captam o mundo exterior diretamente, elas constroem representações mentais (quer dizer, internas) dele (MOREIRA, 1996, p.194).

Para Lucero *et al.* (2006, p.87) atividades de ensino que levam o aluno a refletir potencializam a aprendizagem significativa, pois:

Cada vez que se diga que resolver problemas permite el desarrollo de procesos reflexivos, se está vinculando resolución de problemas con aprendizaje significativo, dado que toda reflexión acaecida en la mente pone en juego la interacción entre los esquemas previos y la nueva información.

Dessa forma, a qualidade da estrutura cognitiva pré-existente, determinada pelo processo de aprendizagem - mecânico ou significativo - com que os conhecimentos foram até então adquiridos desempenha, conforme relatam Costa e Moreira (2002, p.264):

[...] papel preponderante na resolução de problemas, ainda mais se levando em conta que a busca de solução de qualquer problema envolve uma readaptação do resíduo da experiência prévia frente às demandas da nova situação problemática a ser enfrentada. Se a estrutura cognitiva já possui as subsunções adequadas para permitir a reorganização do conhecimento, a resolução do problema terá cumprido o seu papel para a aprendizagem significativa.

Gaulin (2001, p.59) também ressalta a importância dos conhecimentos prévios do aluno junto ao processo de resolução de problemas comparando-os a uma caixa contendo estratégias.

Para una persona que resuelve problemas, conocer dos, tres,..... diez estrategias, es tener estrategias en una caja a su disposición. Frente a un nuevo problema puede utilizar tal estrategia, y si no funciona, probar con otra, como el carpintero. Y la persona que no conoce ninguna estrategia, tiene una caja vacía, con lo que no es fácil que llegue a resolver el problema; por el contrario, si tiene, si conoce estrategias, si tiene métodos de resolución de problemas, conoce el modelo, conoce varias cosas, entonces sabe algo de cómo enfrentarse a los problemas y sabe que alternativas puede utilizar para resolver un problema.

Os autores citados, cada um à sua maneira, indicam os problemas como material e as atividades de ensino baseadas na resolução desses problemas como um importante caminho na busca da construção de uma aprendizagem significativa. Para tanto, a fim de que os problemas cumpram com esse papel, seus enunciados precisam ser elaborados exigindo muito mais dos alunos do que uma resolução mecânica, com aplicações diretas de fórmulas e conceitos estanques. Todavia, vale recordar que Ausubel condiciona a ocorrência de uma aprendizagem significativa à potencialidade dada não somente pelo uso de material de ensino significativo, mas, também, pela potencialidade dos processos ou mecanismos por meio dos quais o material é ensinado.

A aprendizagem significativa não é sinónimo de aprendizagem de material significativo. Em primeiro lugar, o material de aprendizagem apenas é *potencialmente* significativo. Em segundo, deve existir um mecanismo de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003, p.01).

Nessa perspectiva, Moreira (2000, p.46) comenta: “É difícil imaginar ensino mais anti-aprendizagem significativa, e muito menos crítica, do que esse: o professor escreve no quadro, os alunos copiam, decoram e reproduzem”. Para Moreira (2006, p. 14): “O quadro-de-giz simboliza aquele ensino (professor escreve, aluno copia, decora e reproduz) que deve ser abandonado se o que se quer é promover uma aprendizagem significativa crítica”. Por isso, como alternativa aos processos de ensinamentos centralizados no professor e na busca de promover um maior envolvimento do aluno para

potencializar a construção de uma aprendizagem mais significativa e menos memorística, Moreira (2000, p.47) propõe:

O uso de distintas estratégias instrucionais que impliquem participação ativa do estudante e, de fato, promovam um ensino centralizado no aluno é fundamental para facilitar a aprendizagem significativa crítica. Não é preciso buscar estratégias sofisticadas. A não utilização do quadro-de-giz leva naturalmente ao uso de atividades colaborativas, seminários, projetos, pesquisas, discussões, painéis, [...].

Entre essas diferentes estratégias, Silva e Beltran Nunez (2002, p.1199), indicam a possibilidade do uso de trabalhos experimentais.

Quando se resolve um problema nas aulas de ciências, ainda que seja para a construção de um conceito, isso possibilita estruturar algum tipo de trabalho experimental que contribua com o desenvolvimento de habilidades e atitudes.[...]. O trabalho experimental deixa de ser uma simples comprovação de conhecimentos, para se transformar numa atividade motivadora, que pode ajudar os alunos a desenvolverem atitudes, questionarem suas próprias idéias, construir metodologias que revelem o caráter contraditório do conhecimento para comprovarem suas hipóteses, em função de um determinado fundamento teórico.

Ausubel (2003, p.52) também reconhece as potencialidades das atividades experimentais junto à busca de uma estratégia de ensino, contudo alerta que:

[...] o trabalho laboratorial e a resolução de problemas não são experiências genuinamente significativas, a não ser que se construam numa base de conceitos e de princípios claramente compreendidos na disciplina em questão e a não ser que as operações constituintes sejam, elas próprias, significativas.

Dessa forma, Ausubel (2003) critica as atividades experimentais não significativas que são propostas aos alunos na forma de receita e não de problemas. Para que as atividades experimentais exerçam sua função estratégica de potencializar a aprendizagem significativa é fundamental que sejam elaboradas de forma a trazer questionamentos aos alunos: Como fazer isso? Para quê fazer isso? Por que fazer dessa forma e não daquela outra?

Para Silva e Beltran Nunez (2002, p.1199), elaborada e aplicada com esse caráter problematizador,

[...] a atividade experimental pode-se converter numa atividade cognoscitiva criadora e, para isso, não se devem utilizar tarefas reprodutivas, mas investigativas e produtivas, nas quais possam ser construídos e empregados os conhecimentos assimilados.

Percebe-se nessa proposta o intuito de transferir ao aluno parte da responsabilidade no processo de ensino e aprendizagem promovendo, dessa forma, uma maior participação/envolvimento no processo.

Na mesma linha de raciocínio, Moreira (2006) propõe estratégias de ensino que promovam a interação social e a valorização do questionamento. Para Moreira (2000, p.38):

Um ensino baseado em respostas transmitidas primeiro do professor para o aluno nas aulas e, depois, do aluno para o professor nas provas, não é crítico e tende a gerar aprendizagem não crítica, em geral mecânica. Ao contrário, um ensino centrado na interação entre professor e aluno enfatizando o intercâmbio de perguntas tende a ser crítico e suscitar a aprendizagem significativa crítica.

Aplicada aos problemas, como ocorreria essa interação? Reconhecendo a importância da interação entre professor e dando indícios de como pode ocorrer no ensino por meio de problemas, comentam Souza e Bastos (2006, p.332):

É importante reconhecer a necessidade do diálogo nas aulas de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias/Física. Para tanto, o professor deve explorar as idéias que surgem dos alunos, tanto na problematização inicial, como na organização e aplicação do conhecimento.

Entende-se, nesse contexto, que um problema, quando resolvido ou analisado de forma dialogada, permite ao aluno exteriorizar sua forma de pensar, interpretar e raciocinar determinado fenômeno ou questionamento e pode ser utilizado como importante fonte de motivação ao aluno na busca de novos conhecimentos, pois: “[...] permite o surgimento das idéias dos alunos, explicitando suas formas de pensar e a necessidade de adquirir conhecimentos que ainda não possuem” (SOUZA e BASTOS, 2006, p.317).

O ensino por meio de problemas apresenta-se, na forma exposta, como potencial de aprendizagem significativa, condicionando-se à construção, por parte do professor de ações que visem repartir com o aluno a

responsabilidade junto ao processo de ensino e aprendizagem. Nas diversas situações expostas, a flexibilidade da estrutura de um problema assume um papel de extrema importância. Por meio dessa flexibilidade os problemas permitem a inserção em seu enunciado de questões e questionamentos abrangendo diferentes aspectos: objetivos de ensino, objetivos de curso, atividades experimentais, ensino de leis e conceitos, questões sociais e ambientais, entre outros. E, por meio dessas questões e questionamentos, vislumbra-se uma possibilidade ou caminho para o professor elaborar e desenvolver estratégias e materiais de ensino com potenciais igualmente significativos.

Contudo, é importante lembrar que a importância das atividades de ensino por meio da resolução de problemas apenas se inicia na sala de aula, sendo o desenvolvimento da capacidade do aluno em resolver problemas uma das prerrogativas das DCNs junto ao perfil do egresso em Engenharia. Ao utilizar um problema como material de ensino e desenvolver uma abordagem de aprendizagem baseada em problemas ou PBL (Problem-Based Learning), conforme relatam Santos e Infante-Malachias (2008), o professor, além de produzir um material potencial de aprendizagem significativa, pode também contribuir para que os alunos exercitem suas habilidades e desenvolvam suas capacidades profissionais.

Para Santos e Infante-Malachias (2008, p.572) ao promover o desenvolvimento dessas habilidades, o professor contribui para a formação profissional do aluno na busca de sua aptidão para inserir-se no mercado de trabalho, pois:

Em sua vida cotidiana, o profissional tem de aprender a buscar informações e se atualizar em relação aos novos conhecimentos e teorias produzidas em sua área de atuação. E a resolução de problemas sob o prisma da abordagem PBL literalmente treina o estudante para fazer isso.

Pode residir nessa questão um ponto de apoio de fundamental importância para que o professor de Engenharia passe a direcionar sua prática de ensino e os conteúdos de ensino de sua disciplina junto à “nova” visão curricular estabelecida pelas DCNs. Para desenvolver processos de ensino mais significativos não é necessário que o professor elabore novas estratégias

de ensino buscando promover um maior envolvimento do aluno? Entende-se que o envolvimento do aluno tem relação direta com o seu interesse e que naturalmente o seu interesse, enquanto acadêmico de Engenharia, está relacionado à busca de capacitação a fim de permitir a sua inserção no mercado de trabalho. Dessa forma, o interesse do aluno de Engenharia naturalmente está voltado para “assuntos” da Engenharia.

Nessa perspectiva, entende-se que o professor até pode propor diferentes estratégias de ensino junto aos seus alunos, mas se eles não tiverem interesse em desenvolvê-las, seus efeitos tenderão a ser minimizados. Nesse sentido, observa-se, como forma de promover maior interesse do aluno de Engenharia em envolver-se nas atividades de ensino propostas, a aplicação de problemas relacionados à sua futura área de atuação profissional, ou seja, promover a contextualização do ensino. Para Pinheiro (2005, p.48), contextualizar as atividades de ensino por meio da resolução de problemas, pode contribuir para a formação do aluno enquanto cidadão ao despertar:

[...] curiosidade, o espírito investigador, questionador e transformador da realidade. Emerge daí a necessidade de buscar elementos para a resolução de problemas que fazem parte do cotidiano do aluno, ampliando-se esse conhecimento para utilizá-lo nas soluções dos problemas coletivos de sua comunidade e da sociedade.

Na mesma linha de pensamento, Santos e Infante-Malachias (2008, p.572) destacam a importância da contextualização do ensino no processo de formação acadêmico-profissional no seguinte comentário:

Quanto mais o estudante exerce a prática de refletir sobre situações e problemas que simulam a prática cotidiana e a tomada de decisões, certamente mais habilitado esse profissional estará para ingressar no mercado. Defrontar-se com situações reais por si só funcionam como elemento de motivação, pois elas inserem o futuro profissional no contexto de sua atuação e criam um ambiente próprio para a reflexão.

Mais do que a contextualização junto à área profissional, Santos e Infante-Malachias (2008) observam a importância do ensino por meio de problemas quando esses contribuem para promover junto aos alunos reflexões para a tomada de decisões, contextualizados também nos aspectos social e ambiental. Percebe-se nessa observação dos autores, assim como nas DCNs dos cursos de Engenharia, a preocupação com a promoção de uma formação

acadêmica sendo vista sob dois aspectos: profissional e humanista. Encontra-se, nessa perspectiva, um caminho para o professor promover junto aos alunos interações entre ciência, tecnologia e sociedade e, mais do que isso, provocar reflexões e solicitar avaliações por parte dos alunos sobre os efeitos das tecnologias enquanto produto, processos ou procedimentos, tendo como parâmetro não somente questões profissionais, mas também questões sociais e ambientais.

Dessa forma, observa-se junto à corrente de ensino baseado na Resolução de Problemas, desenvolvida à luz dos princípios da Aprendizagem Significativa, importantes orientações na busca da construção de um caminho objetivando permitir ao professor, em sua disciplina de ensino, desempenhar um papel mais produtivo junto à formação acadêmica, profissional/para a cidadania, do aluno, futuro egresso em Engenharia.

3 QUESTÕES DA PESQUISA

3.1 A IMPORTÂNCIA DO RIGOR CIENTÍFICO

Como introdução à apresentação da metodologia adotada na pesquisa, faz-se necessário comentar o entendimento pessoal de que realizar atividades de ensino e aprendizagem pode, por essência, desenvolver-se como uma atividade de pesquisa. Silva e Menezes (2001) definem pesquisa, em linhas gerais, como sendo toda atividade realizada por um indivíduo na busca de informações que lhe conduzam a respostas para um determinado questionamento.

Seguindo o raciocínio, entende-se que a ação do professor assemelha-se à ação de um pesquisador, pois o professor defronta-se com um problema (como fazer que o aluno aprenda?), estabelece uma hipótese (escolhe sua metodologia de ensino), aplica sua pesquisa (desenvolve as atividades de ensino e obtém resultados por meio dos processos de avaliação) e analisa os resultados obtidos. Contudo, a fim de potencializar o entendimento sobre os efeitos das atividades de ensino sobre a aprendizagem julga-se fundamental que sejam desenvolvidas sobre um processo com maior rigor científico.

Como caracterizar o rigor científico e que importância ele apresenta junto à pesquisa científica? Recorrendo novamente a Silva e Menezes (2001, p.20), observa-se uma definição mais complexa sobre pesquisa, na qual os autores a definem como: “um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos”. Comparando as duas definições dadas pelos mesmos autores, percebe-se na segunda versão a inserção de um condicionamento ao conceito de pesquisa e esse condicionamento, entendido como **método científico**, é o que permite caracterizar uma pesquisa como sendo científica e validar os resultados obtidos por meio dela atendendo às exigências do rigor científico.

Silva e Menezes (2001, p.25) definem método científico, em linhas gerais, como um “conjunto de processos ou operações que se devem empregar na investigação”. Dessa forma, nessa visão de processo investigativo

cogita-se o ensino percebido como meio, caminho ou método e a aprendizagem como fim, finalidade ou objetivo a ser alcançado.

Para Cervo e Bervian (1983, p.23) método é definido como uma “[...] ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para atingir um fim dado ou um resultado dado”. Que fim ou resultado seria esse, sob o ponto de vista do processo de ensino e aprendizagem? Entende-se que a determinação desse fim depende dos objetivos de ensino ou de formação acadêmica, por meio dos quais o professor busca orientar suas ações. Dessa forma, observa-se em Lakatos e Marconi (2001, p.83) uma definição de método científico que permite aproximar ainda mais a ação do professor à ação do pesquisador:

[...] é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo - conhecimentos válidos e verdadeiros -, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.

Nessa perspectiva, entende-se que ao refletir sobre sua função e seus objetivos, ao planejar de forma organizada suas ações a partir desses objetivos e ao colocar esse planejamento em prática seguindo um método científico, o professor/pesquisador desenvolve um processo mais racional. E, a partir de então os resultados obtidos tornam-se mais significativos, ou seja, respaldam-se nesse processo científico-metodológico adquirindo junto a eles a condição de validade.

Se não há, por outro lado, um olhar/ação de pesquisador por parte do professor, os efeitos produzidos por sua prática podem ser percebidos, mas não serão necessariamente compreendidos, o que contribui para invalidá-los como resultados científicos. Dessa forma, sem o claro entendimento sobre o processo que levou a atividade à promoção dos resultados obtidos, o professor pode considerá-lo como válido ou como não válido sem ter a real compreensão sobre as variantes que influenciaram no resultado obtido pela atividade. Nesse ponto é que entra a ação do professor enquanto pesquisador e reflexivo, vislumbrando a necessidade de estabelecer e aplicar novos métodos de ensino a partir das peculiaridades e dos objetivos do curso em que está ministrando as suas aulas.

3.2 A METODOLOGIA EMPREGADA

Investigou-se, neste trabalho, a relação entre dois fenômenos: aplicações da Metodologia PGD e a formação acadêmica: científica, tecnológica e humanista do aluno de Engenharia. Essa investigação ocorreu de acordo com um método indicado por Lakatos e Marconi (2001), Cervo e Bervian (1983) e Silva e Menezes (2001) como **INDUTIVO**, por meio do qual se buscou indícios que permitissem confirmar ou não a existência de uma relação causa/efeito entre as aplicações da Metodologia PGD e a formação acadêmica do aluno de Engenharia. Por tratar-se a Metodologia PGD de uma proposta de ensino em Engenharia pouco estudada³ e pelo fato de que os fenômenos foram investigados no seu ambiente de ocorrência desenvolveu-se uma pesquisa, para Lakatos e Marconi (2001), classificada como **EXPLORATÓRIA**.

Como a pesquisa exploratória tem a característica de estar relacionada à prática, entende-se que do ponto de vista de sua natureza a pesquisa desenvolvida é classificada como **APLICADA**. De acordo com Silva e Menezes (2001) e Cervo e Bervian (1983), a pesquisa aplicada busca a solução para problemas específicos e seus resultados são aplicados para a solução direta de um problema.

Quanto à abordagem do problema, ou seja, quanto à forma pela qual foram analisados os dados coletados, entende-se que ocorreu nesse trabalho a preponderância da abordagem classificada como **QUALITATIVA** sobre a QUANTITATIVA. A abordagem qualitativa deu-se na análise preliminar dos dados coletados por meio de duas aplicações de um mesmo questionário elaborado com questões abertas. Qualitativamente também foram analisados os relatórios entregues pelos alunos após as atividades desenvolvidas junto às aplicações dos PGDs. Contudo, após passarem por análise qualitativa, os dados dos dois questionários foram quantificados e armazenados em uma mesma tabela para posterior uso por meio de comparações.

³ A Metodologia PGD foi elaborada no ano de 2007. A única investigação, anterior a apresentada nesse trabalho, que ocorreu buscando a compreensão sobre os efeitos da Metodologia PGD foi aplicada junto a uma turma de recém ingressos em Engenharia no primeiro semestre de 2008. Informações sobre essa investigação podem ser observadas por meio da leitura de um artigo (MACHADO e PINHEIRO, 2009) em que é apresentado um relato sobre a aplicação do PGD Desperdício de Água.

O questionário com questões abertas é um importante instrumento de coleta de dados, pois por meio dele o pesquisador pode obter respostas por escrito a um conjunto de perguntas, dessa forma, em comparação com as questões fechadas, obtém-se maior quantidade e qualidade de informações (CERVO e BERVIAN, 1983; LAKATOS e MARCONI, 2001; SILVA e MENEZES, 2001). Para Lakatos e Marconi (2001, p.204) as questões abertas: “[...] são as que permitem ao informante responder livremente, usando linguagem própria, e emitir opiniões. Possibilita investigações mais profundas e precisas [...]”. Outro fator importante que não se pode esquecer é que um dos objetivos da formação acadêmica é o de desenvolver a habilidade do aluno de se expressar na forma escrita. Para responder a esse tipo de questionário os alunos exercitam a sua capacidade de reflexão e ao respondê-lo exercitam sua habilidade de exprimir suas idéias e argumentos na forma escrita.

Recorrendo a Silva e Menezes (2001, p.20), observa-se que a abordagem qualitativa é aquela que:

[...] considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

Sobre a abordagem chamada de qualitativa, Castro (2006, p.111), comenta:

Seu ponto de partida está nas narrativas, não nas teorias ou nos números. Seu objeto de estudo é o que as pessoas dizem. Em algum momento o que é dito precisa virar texto escrito para que possa ser analisado com cuidado e desvelo.

Buscou-se, nessa etapa, a partir da análise dos textos produzidos pelos alunos, obter informações/indícios que comprovassem a existência, ou não, dos efeitos das atividades desenvolvidas por meio de PGDs: aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos e a sua aplicação em procedimentos

específicos de sua futura área de atuação profissional de forma relacionada com questões ambientais, políticas, éticas, sociais, etc.

Porém, mais do que perceber a existência desses relacionamentos entre Ciência e Tecnologia com questões Sociais e Ambientais, buscou-se verificar se existiram ao menos indícios de que os alunos demonstraram reconhecer a importância dessas relações. Nesse contexto, os dados coletados por meio dos relatórios foram analisados seguindo as orientações de Bardin (1977) no método intitulado como **ANÁLISE DE CONTEÚDO**. O método da Análise de Conteúdo é definido por Bardin (1977, p.42), como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Bardin (1977) indica como uma das funções da Análise de Conteúdo a administração da prova: partindo de hipóteses escritas sob a forma de suposições provisórias, o método em questão aplicado aos textos analisados permite a confirmação ou não das hipóteses indicadas.

Em função das orientações de Cruz Neto *et al.* (2002) e Castro (2006), e pelo fato de que os textos produzidos pelos alunos foram obtidos a partir das atividades de resolução dos PGDs e das conclusões decorrentes do processo das discussões é que se entende que a pesquisa, quanto aos procedimentos técnicos, foi desenvolvida seguindo alguns princípios da pesquisa intitulada **GRUPO FOCAL** ou **GRUPO DE DISCUSSÕES**. Cruz Neto *et al.*, (2002, p.05) descrevem Grupo Focal como:

[...] uma técnica de Pesquisa na qual o Pesquisador reúne, num mesmo local e durante um certo período, uma determinada quantidade de pessoas que fazem parte do público-alvo de suas investigações, tendo como objetivo coletar, a partir do diálogo e do debate com e entre eles, informações acerca de um tema específico.

A principal característica da técnica Grupo Focal, na visão de Cruz Neto *et al.*(2002, p.05): "[...] reside no fato de ela trabalhar com a reflexão expressa através da "fala" dos participantes, permitindo que eles apresentem, simultaneamente, seus conceitos, impressões e concepções sobre

determinado tema”. Para um melhor entendimento sobre a técnica Grupo Focal ou Grupo de Discussões, recorre-se ao comentário de Castro (2006, p.113):

Uma das principais características dos grupos de discussão é que o mediador joga uma pergunta para o grupo, mas não busca apenas a primeira resposta que já estava pronta ou semi-pronta em suas mentes. Pelo contrário, permite que, pelo debate, as idéias sejam exploradas e até que as pessoas mudem de opinião diante dos argumentos mais convincentes de outros membros ou dele mesmo. O mediador vai sempre puxando a discussão para os temas em que está interessado.

3.3 A AMOSTRA ENVOLVIDA

A pesquisa foi aplicada na disciplina de Física Geral I, junto a uma turma de 44 alunos recém-ingressos nos cursos de Engenharia de Produção, EP, da Universidade Federal do Paraná, *câmpus* Ponta Grossa, UTFPR-PG, no primeiro semestre do ano letivo de 2008.

A disciplina de Física Geral I é considerada segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais como uma disciplina do núcleo básico, por isso, independentemente da modalidade do curso de Engenharia, no caso específico da UTFPR-PG, EP em Automação e Controle ou EP em Mecânica, os alunos dos dois cursos freqüentam as aulas de Física Geral I juntos. Por isso, a amostra de 44 alunos foi, na verdade, dividida entre 22 alunos do curso de EP em Mecânica e 22 alunos do curso de EP em Automação e Controle. Contudo, há a necessidade de informar ao leitor que no presente trabalho não se promoveu qualquer forma de distinção entre os alunos quanto à modalidade de seus cursos, por isso, ao ocorrer alguma referência à amostra, considerou-se apenas como constituída de alunos dos cursos de Engenharia da UTFPR-PG.

Dos 44 alunos, apenas 40 estiveram na sala de aula no dia em que foram coletados os dados, junto à primeira aplicação do questionário. Dessa forma, as informações dadas pelos 40 alunos em questão, permitiram a determinação do seguinte perfil da turma de recém-ingressos em Engenharia na UTFPR no segundo semestre letivo do ano de 2008:

- **Quanto à cidade de origem:** dos 40 alunos, 25 moram em Ponta Grossa e 15 são oriundos de outras cidades. Entre os alunos oriundos de outras cidades 03 vieram de Curitiba, 09 vieram de cidades do interior do estado do Paraná, 02 vieram do interior do estado de São Paulo e 01 veio do interior do estado de Minas Gerais.

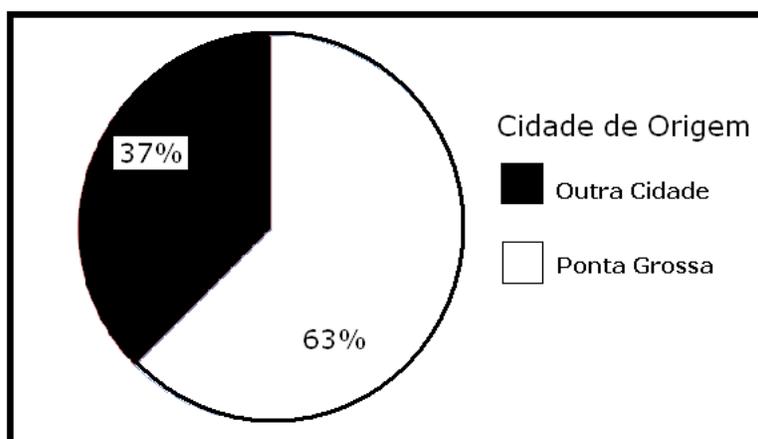


Figura 1 - Distribuição dos alunos quanto à cidade de origem
Fonte: Autoria própria.

- **Quanto à origem da instituição no Ensino Médio:** 23 alunos são oriundos de colégio particular e 17 oriundos de colégios públicos, entre esses, 11 estudavam em colégios estaduais da cidade de Ponta Grossa e de outras cidades da região e 06 completaram o ensino médio na rede pública federal, na UTFPR-PG.

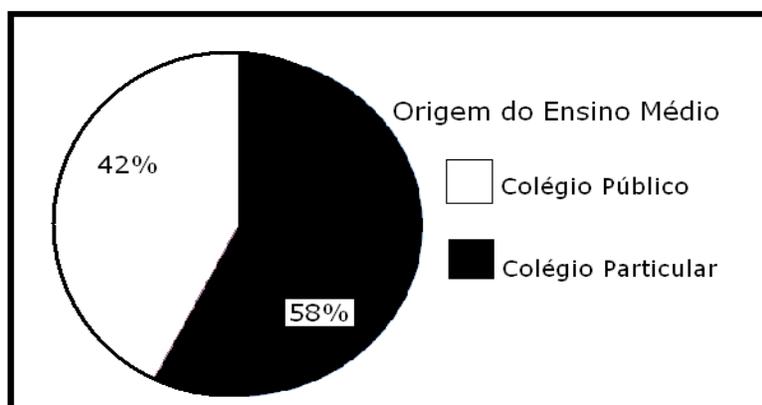


Figura 2 - Distribuição dos alunos quanto à origem do Ensino Médio
Fonte: Autoria própria.

- **Quanto à idade dos alunos:** a maior ocorrência, 16 alunos, acusou ter a idade de 18 anos. Para as idades de 17 e 19 anos a ocorrência foi a mesma, 07 alunos. Entre 20 e 25 anos há 06 alunos e entre 26 e 33 anos há 03 alunos. Levando em consideração o sistema educacional vigente em nosso país, pode-se concluir que 58% desses alunos, ou seja, os 16 alunos com 18 anos e os 07 alunos com 17 anos, foram aprovados no exame vestibular já na primeira tentativa. Os demais, com idade superior a 18 anos não conseguiram aprovação no primeiro exame vestibular ou não participaram do exame logo após a conclusão do Ensino Médio.

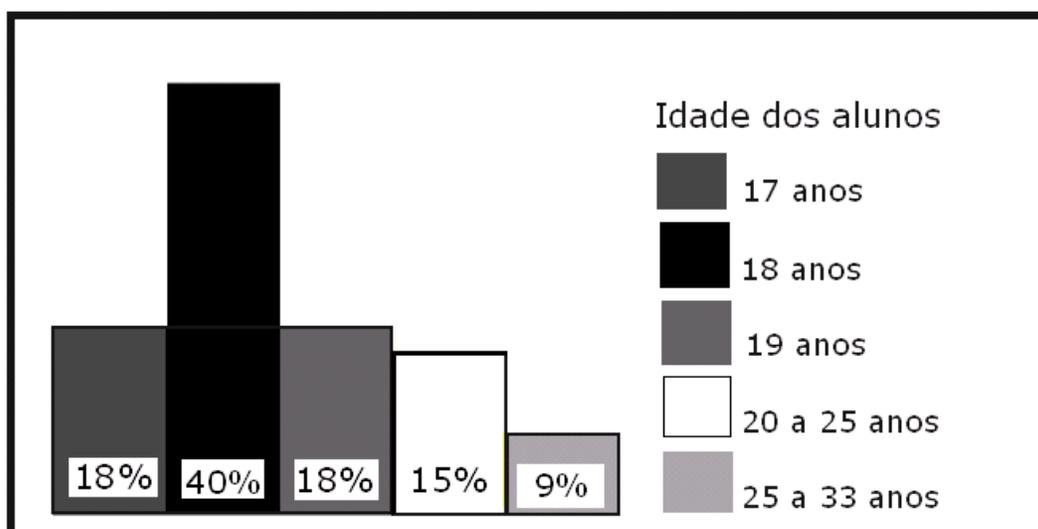


Figura 3 - Distribuição dos alunos quanto à faixa de idade
Fonte: Autoria própria.

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Conforme relato anterior, a Metodologia dos Problemas Geradores foi construída após a percepção inicial em sala de aula das dificuldades de aprendizagem observadas junto às turmas de alunos recém-ingressos em Engenharia de Produção, na disciplina de Física Geral I, nos dois primeiros semestres do ano de 2007. Dessa forma, a primeira tarefa de pesquisa ou pesquisa preliminar foi desenvolvida a fim de investigar as possíveis causas dessas dificuldades e obter subsídios/orientações na busca de promover mudanças na prática de ensino.

Após um melhor entendimento sobre as possíveis causas das dificuldades de aprendizagem dos alunos foi construída a Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões, a partir da qual foram desenvolvidas as atividades da presente pesquisa. Nesse capítulo far-se-á um relato dessas atividades.

4.1 A PESQUISA PRELIMINAR

Foi desenvolvida, com o intuito de buscar entender a realidade do problema por detrás do baixo rendimento e aparente desmotivação dos alunos junto às atividades de ensino propostas na disciplina de Física Geral I, uma pesquisa exploratória por meio de um questionário fechado, aplicado no início do ano letivo de 2008.

O questionário foi elaborado de forma a permitir ao aluno fazer comparações entre o processo de ensino e aprendizagem desenvolvido na Física do Ensino Médio e na Física Geral I, junto aos cursos de Engenharia de Produção.

Responderam a esse questionário 71 dos 88 alunos que fizeram parte das duas primeiras turmas de Física Geral I nos cursos de EP Mecânica e EP Automação e Controle na UTFPR-PG no ano de 2007.

Os questionamentos e o percentual correspondente ao número de respostas “sim” e “não” dadas pelos alunos podem ser observados no **QUADRO 2.**

QUESTIONAMENTO	SIM	NÃO
1-No ensino médio a preocupação era maior em resolver cálculos sem dar muita ênfase ao raciocínio teórico necessário para solucionar os problemas.	69%	31%
2-Na Engenharia não basta transformar uma unidade de medida, pois é preciso que se entenda o resultado obtido e a partir daí se verifique se há coerência ou não. No Ensino Médio não havia essa preocupação.	98,5%	1,5%
3-Na Engenharia o professor nos incentiva a resolver os problemas sempre se preocupando com que entendamos o(s) fenômeno(s) físico(s) relacionado(s). No ensino médio isso não acontecia?	71,8%	28,2%
4-No ensino médio a grande maioria dos problemas eram trabalhados, por exemplo, sobre o movimento de um carro que apostava corrida com um trem ou o movimento de uma bola chutada por um jogador de futebol. Na Engenharia os exercícios trabalhados são sempre voltados procurando trabalhar situações práticas e relacionadas à linha de produção, onde o raciocínio teórico utilizado é bem maior e também há a necessidade de que se interprete os enunciados com muito mais atenção aos detalhes e isso está me trazendo dificuldades, pois, não estou acostumado a trabalhar desse jeito.	78,8%	21,2%
5-Penso que a forma com que foram trabalhados os conteúdos de Física no ensino médio não me trouxeram maturidade de raciocínio suficiente para trabalhar esses mesmos conteúdos de Física na Engenharia com a mesma facilidade.	56%	44%

QUADRO 2 - Questionamentos e respostas: pesquisa preliminar

Fonte: Autoria própria.

Ao observar as respostas dadas pelos alunos aos dois primeiros questionamentos, julga-se que pode ter ocorrido uma falha na formação média de boa parte desses alunos no que se refere ao relacionamento entre **teoria** – leis e conceitos - **e prática** – resolução de problemas e/ou atividades no laboratório. À medida que não são propostas atividades de ensino e aprendizagem que levem o aluno a exercitar de forma relacionada teoria e prática, o aluno pode desassociar a teoria de sua real função e importância que é a de dar suporte para a prática e para a resolução de problemas. E, sem esse suporte, o aluno dificilmente conseguirá desenvolver atividades experimentais, a menos que lhes sejam propostas na forma de procedimentos ou solucionar problemas a menos que necessitem apenas a aplicação de conceitos prontos e simples de fórmulas.

Na previsão das atividades de ensino da primeira disciplina da área da Física trabalhada em qualquer curso, é comum aos planos de ensino dessas disciplinas apresentarem em seu ementário um estudo prévio de alguns instrumentos necessários ao ensino da Física propriamente dita. Encontram-se nesses ementários, nos cursos de EP, os estudos sobre Sistema de Unidades de Medidas e Vetores, no Ensino Médio e, além desses, Teoria dos Erros e Análise Dimensional. Esses conteúdos são trabalhados como uma forma de

introdução da Física, para serem aplicados como ferramentas de apoio em atividades posteriores de ensino e aprendizagem em áreas de conhecimento mais específicos da disciplina. Contudo, ao desenvolver atividades de ensino voltadas para esses conteúdos, assim como em todos os demais, entende-se como importante que se solicite ao aluno a interpretação dos resultados obtidos ao, por exemplo, realizar uma simples transformação de unidade de medida ou analisar as características escalares e/ou vetoriais de determinado(s) valor(es) obtido(s). À medida que o aluno se habitua a interpretar ou analisar os resultados de atividades consideradas mais simples, como em uma conversão de unidades de medidas, entende-se que futuramente o aluno encontrará menor dificuldade em interpretar o resultado obtido na resolução de um problema e/ou as variáveis que envolvem uma situação experimental, por exemplo. Agindo dessa forma, entende-se que também é possível contribuir para que o aluno exercite o relacionamento entre a teoria e a prática.

Ao elaborar a terceira e quarta questões, preocupou-se em buscar respostas que permitissem uma melhor compreensão da questão específica de relacionamento entre teoria e prática e se essa teoria e prática eram trabalhadas de forma a relacionar ocorrências do dia-a-dia do aluno em sala de aula, ou seja, se havia contextualização. À medida que as atividades são desenvolvidas por meio de questões contextualizadas ou aplicadas às questões reais, o nível de exigência teórica é muito maior do que em situações fictícias, pré-moldadas ou preparadas para a resolução por meio da simples aplicação de uma determinada fórmula.

Como o professor pode incentivar o relacionamento entre teoria e prática? Elaborando e propondo questões contextualizadas e voltadas para a realidade e desenvolvendo junto com o aluno uma leitura crítica sobre a questão trabalhada. Acostumando o aluno a desenvolver esse tipo de leitura, o professor lhe permite exercitar sua habilidade de interpretação do enunciado teórico da questão fazendo com que ocorra um melhor relacionamento entre os **dados** – valores numéricos disponíveis – e as correspondentes **grandezas envolvidas** – fenômenos relacionados ao entorno da questão.

Por fim, buscou-se ao elaborar a quinta questão, verificar se os alunos estavam percebendo por si as suas próprias dificuldades de aprendizagem e se conseguiam perceber se a causa era determinada por deficiências decorrentes

de sua formação média ou por um nível de exigência muito alto na Física trabalhada no curso de Engenharia.

De acordo com os resultados obtidos, expostos no **QUADRO 2**, entende-se que as dificuldades de aprendizagem apresentadas por boa parte dos alunos na FG I nos cursos de EP da UTFPR-PG em 2007, podem decorrer das características da aprendizagem por eles adquirida no Ensino Médio. Esse entendimento deu-se à medida que a maioria deles acusou, de acordo com as respostas dadas aos questionamentos, ter participado de um processo de ensino que priorizou a memorização, ou seja, foi trabalhado sem a preocupação de relacionar teoria à prática, de contextualizar o ensino ou de promover reflexão e/ou o desenvolvimento de raciocínios. Outras informações obtidas com a aplicação dessa pesquisa preliminar podem ser observadas por meio da leitura do **APÊNDICE A**.

4.2 OS PASSOS DA PESQUISA

Com o início das atividades de ensino da Física Geral I junto à turma de alunos recém-ingressos no segundo semestre de 2008, iniciaram-se também as atividades da pesquisa, com a aplicação, já no primeiro dia de aula, do questionário pré-teste ou de sondagem. Com a aplicação do questionário, foram obtidas informações importantes para a condução das atividades de ensino da disciplina que se seguiram.

As atividades habituais de ensino da Física Geral I iniciaram-se logo após a aplicação do questionário e, sem alterar o seu andamento habitual, pôde-se dar continuidade ao desenvolvimento da pesquisa inserindo a aplicação dos Problemas Geradores de Discussões.

Com a aplicação dos PGDs pôde-se coletar dados relevantes para a pesquisa. Os dados foram coletados por meio dos pré-relatórios e relatórios finais solicitados pelas próprias questões dos PGDs. Com esses dados foi possível verificar a funcionalidade dos PGDs, ou seja, pôde-se determinar se as atividades propostas cumpriram com os objetivos de ensino para os quais foram elaboradas. E, tão importante quanto comprovar, ou não, essa funcionalidade, os dados coletados possibilitaram verificar, a partir da

qualidade das soluções/respostas dadas pelos alunos às questões/questionamentos dos PGDs, o cumprimento ou não dos propósitos aos quais eles foram elaborados.

Dessa forma, a partir das definições sobre a funcionalidade ou não dos PGDs como atividades de ensino, sobre o cumprimento ou não dos objetivos aos quais foram propostos e verificação ou não de efeitos benéficos de suas aplicações nas respostas dadas ao segundo questionário, possibilitou-se desenvolver as últimas atividades da pesquisa com a elaboração das conclusões.

4.2.1 APLICAÇÃO DE UM QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE E A ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Ao dar início às atividades da pesquisa vislumbrou-se, com a primeira aplicação do questionário (**APÊNDICE B**), diagnosticar algumas pré-concepções dos alunos. A aplicação ocorreu no primeiro dia de aula, 08 de agosto do segundo semestre letivo de 2008, e atingiu a um total de 40 alunos e foram quatro os temas abordados, entre eles os relacionamentos entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (T01). Buscou-se com a abordagem a esse tema verificar qual a visão pré-existente dos alunos sobre o uso, elaboração e produção das tecnologias, se é ou não uma visão neutra, ou seja, se os alunos concebem tecnologia como capaz de produzir apenas efeitos benéficos ou se vislumbram a ocorrência também de efeitos maléficos.

Abordou-se também como tema a profissão do engenheiro (T02), com a apresentação de questionamentos relacionados ao desempenho de suas funções perante a sociedade, meio ambiente e mercado de trabalho. Com esses questionamentos buscou-se verificar qual o entendimento prévio dos alunos sobre a importância dos conhecimentos científicos adquiridos durante a sua formação acadêmica perante as suas futuras atividades profissionais. Os outros dois temas abordados foram mais específicos de ensino e aprendizagem, pois relacionaram-se a conhecimentos teóricos e conceitos da Física (T03) e à aplicações desses conhecimentos em atividades experimentais (T04).

Dessa forma, a partir desses temas foram elaboradas questões com a função de verificar a qualidade da formação científica em Física, adquirida por esses alunos nos estudos no Ensino Médio. Se esses alunos adquiriram conhecimentos e se foram aprendidos de forma a possibilitar a sua utilização para solucionar ou propor soluções para problemas práticos.

Com esse diagnóstico foi possível determinar, entre os temas abordados, em quais aspectos a pré-concepção dos alunos, em geral, pôde ser considerada insatisfatória. Esses aspectos, cuja pré-concepção foi considerada insatisfatória foram estabelecidos como “pontos fracos”. A partir da determinação desses pontos fracos permitiu-se realizar um planejamento de ensino condizente com as características gerais desse grupo de alunos, estabelecidas por sua formação adquirida no Ensino Médio.

De posse dos resultados obtidos, fez-se uma análise de cada resposta e a partir dessa análise ocorreu a sua classificação como suficiente (s), parcialmente suficiente (p) ou insuficiente (i). Para realizar essa classificação utilizou-se do seguinte critério:

- Para ser classificada como suficiente ou satisfatória a resposta deveria ser correta e abordar diferentes pontos de vista, não somente o profissional, mas também o ponto de vista do profissional enquanto cidadão;
- Uma resposta será considerada como insuficiente ou insatisfatória se fosse equivocada ou inexistente;
- Uma resposta parcialmente suficiente ou parcialmente satisfatória é aquela em que a resposta foi superficial, parcialmente correta ou restrita a um determinado ponto de vista.

Depois dessa classificação, o resultado obtido foi colocado em uma tabela de forma a aparecer discriminado para cada aluno e para cada questão.

4.2.2 APLICAÇÃO DOS PGDS, COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

No decorrer da pesquisa foram aplicados três PGDs, inseridos junto às atividades de ensino e aprendizagem desenvolvidas pela disciplina de Física

Geral I nos cursos de Engenharia de Produção. Contudo, antes de apresentar as atividades dessa pesquisa referentes à aplicação dos PGDs, entende-se a necessidade de promover junto ao leitor o esclarecimento de algumas questões: O que é um PGD? Quanto aos seus propósitos, sob quais orientações os PGDs devem ser elaborados? Quanto à formação acadêmica em Engenharia, quais os objetivos dos PGDs? Quais as partes de um PGD e quais as suas funções?

4.2.2.1 CONCEITUANDO OS PGDs

Os PGDs são atividades de ensino e aprendizagem elaborados de acordo com a metodologia de ensino intitulada de Problema Gerador de Discussões (Metodologia PGD ou Metodologia dos PGDs).

A construção dessa proposta metodológica teve como ponto de partida a necessidade de colocar em prática atividades de ensino na disciplina de Física Geral I com o objetivo de contribuir de forma mais efetiva para a formação profissional e humanista, características da formação acadêmica em Engenharia solicitada pelas DCNs. Como base teórica para a construção dessa proposta, além dos esclarecimentos obtidos com a análise das DCNs, buscou-se também orientações por meio dos estudos realizados sobre o enfoque de ensino CTS e da corrente de ensino baseado na Resolução de Problemas desenvolvida à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa.

4.2.2.2 ORIENTAÇÕES DA METODOLOGIA PGD

A partir dos estudos realizados definiu-se que, para cumprir com os propósitos para os quais são elaborados, as questões e questionamentos dos PGDs devem ser construídos de acordo com as seguintes orientações:

1- Entende-se, a partir das orientações das DCNs de Engenharia, que visando contribuir para a formação profissional em seu aspecto científico e permitindo inserir as atividades de ensino da Física em uma nova visão curricular, o PGD

deve ser elaborado a partir de uma situação problema que esteja relacionada aos conteúdos de ensino da disciplina indicados no ementário. Dessa forma, as atividades desenvolvidas pelos alunos para a resolução do problema podem ser utilizadas como um dos instrumentos de avaliação do aluno.

2-Observa-se, de acordo com os princípios educacionais do enfoque CTS, que o problema deve propor a resolução de uma situação-problema questionadora, voltada para a realidade e contextualizado com a modalidade do curso em que será trabalhado;

3-Com o objetivo de promover uma maior participação do aluno e promover um processo de ensino potencialmente significativo, julga-se que o problema deve ser elaborado prevendo a sua solução ou resposta aos seus questionamentos por meio de atividades realizadas em grupo;

4-Para promover um maior envolvimento do aluno entende-se que o problema deve conter questão que solicitem o uso ou aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos já adquiridos pelos alunos na realização ou proposição de atividades experimentais ou ainda , quando necessário, a realização de pesquisas complementares, realizadas dentro ou fora da sala de aula, necessárias para a sua solução. Contudo, essas atividades experimentais não podem ser colocadas com lista de procedimentos, cabendo ao aluno refletir sobre o quê fazer, como fazer e por que fazer;

5-Visando promover a formação acadêmica solicitada pelas DCNs no aspecto cidadania e seguindo as orientações do enfoque de ensino CTS, entende-se que os questionamentos devem ser elaborados de forma a exigir uma visão crítica e reflexiva por parte dos alunos, no tocante a aspectos profissional e social - ético, moral, ambiental, político, etc.- relacionados ao tema proposto pelo problema;

6-Para que a atividade de resolução de problemas exercida pelo PGD exerça a sua função junto ao processo de aquisição de uma aprendizagem significativa, entende-se que seus questionamentos devem exigir dos alunos muito mais do que aplicações de fórmulas, conceitos e conhecimentos científicos memorizados. Promovendo, dessa forma, a ocorrência de discussões -

confronto de idéias - inicialmente entre os alunos do grupo e, posteriormente, com os demais alunos da turma e com o professor;

7-Para a segunda etapa das discussões, no grande grupo, o professor deve solicitar, indicar ou sortear um dos grupos para expor os procedimentos realizados e/ou propostos pelos seus componentes para a solução dos questionamentos do problema. As discussões ocorrerão por meio de comparações entre os procedimentos desenvolvidos ou propostos e argumentos apresentados pelos diferentes grupos. As discussões apresentam-se junto à Metodologia PGD como importante apoio junto ao processo de promoção do envolvimento e participação do aluno, promovendo o diálogo, reflexões, confrontos de idéias, etc.

8- Em suas questões os PGDs devem solicitar aos alunos a elaboração e a entrega de relatórios sobre as atividades por eles desenvolvidas durante a busca de sua solução. Dessa forma, os PGDs podem promover junto aos acadêmicos de Engenharia à aquisição de habilidades de expressão oral e escrita, solicitadas pelas DCNs. Além disso, ao receber esses relatórios o professor pode analisá-los a fim de verificar a ocorrência ou não de aprendizagem por parte dos alunos. Entre esses relatórios encontra-se um pré-relatório, no qual os alunos devem relatar as atividades por eles desenvolvidas em seus respectivos grupos para a resolução das questões do problema. Encontra-se também um relatório final e individual que deve ser elaborado e entregue após as discussões realizadas no grande grupo. O relatório final deve solicitar ao aluno que indique de que forma o processo das discussões contribuiu para que ele pudesse confirmar os procedimentos corretos empregados ou para que corrigisse os equívocos cometidos.

4.2.2.3 OBJETIVOS DA METODOLOGIA PGD

A Metodologia PGD foi desenvolvida a fim de cumprir com objetivos de ensino da Física, porém, também pode ser aplicada em outras disciplinas da área de Ciência e Matemática e de objetivos voltados para a formação acadêmica do aluno de Engenharia. Quanto aos objetivos de ensino, busca-se

com a aplicação dos PGDs preconizar a aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos da área da Física promovendo o desenvolvimento da capacidade do aluno em aplicar esses conhecimentos para resolver problemas e/ou realizar/propor procedimentos experimentais.

Para potencializar os efeitos dessa metodologia sobre a formação acadêmica em Engenharia, julga-se fundamental que ao aplicar o problema, o professor solicite ao aluno uma postura mais próxima do profissional possível durante todo o processo de desenvolvimento das atividades relacionadas ao problema. Dessa forma, seguindo os passos da Metodologia PGD, entende-se que os problemas podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades e competências exigidas à formação acadêmica do engenheiro (BRASIL, 2002), levando o aluno a exercitar sua capacidade de:

- ampliar e aplicar os conhecimentos científicos adquiridos à Engenharia;
- projetar e conduzir experimentos científicos e interpretar os resultados;
- identificar e resolver problemas de engenharia;
- desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas no intuito de solucionar um problema;
- comunicar-se eficientemente nas formas escrita e oral;
- avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental.

Nas perspectivas indicadas, julga-se importante frisar ao leitor, conforme as orientações dadas no **item 4.2.2.2** desse trabalho, a necessidade de que os PGDs promovam um processo mais participativo dos alunos realizando atividades em grupo, com confronto de idéias, reflexões, discussões, realizações de pesquisas, elaboração e apresentação de relatórios, etc. E que contribuam para o desenvolvimento do hábito dos alunos de Engenharia de avaliar, analisar, planejar, propor ou elaborar processos, procedimentos e/ou produtos tecnológicos levando em consideração tanto aspectos científicos e tecnológicos quanto aspectos relacionados a questões sociais e ambientais.

4.2.2.4 OS COMPONENTES DE UM PGD

Em virtude dos argumentos expostos, optou-se por construir os PGDs com uma estrutura constituída basicamente de três componentes: um problema principal ou **problema gerador** e as atividades ou questões/questionamentos que buscam promover a **formação profissional** e a **formação para a cidadania**. A ordem dessas partes não é fixa, dependendo da habilidade e dos objetivos do professor ao elaborar as questões e os questionamentos. O problema gerador exerce papel fundamental junto ao funcionamento dos PGDs, pois funciona como elo de ligação entre todas as partes do PGD e ainda exerce suas funções como problema.

Junto à formação profissional, os PGDs propõem atividades relacionadas à aplicação de conteúdos específicos da disciplina de Física Geral I na resolução de um problema contextualizado, portanto voltado para a área de atuação profissional do acadêmico de Engenharia. Propõe-se também a aplicação dos conhecimentos científicos adquiridos para a realização de atividades experimentais e para a elaboração de procedimentos. Busca-se, dessa forma, promover junto aos alunos o desenvolvimento de seus conhecimentos tecnológicos por meio de elaborações de processos.

Junto à formação para a cidadania, os PGDs propõem atividades que buscam promover o desenvolvimento da conscientização do futuro engenheiro sobre suas responsabilidades enquanto profissional e enquanto cidadão. Essas atividades ocorrem por meio de discussões provocadas por questionamentos inseridos no problema. Esses questionamentos derivam do tema proposto pelo problema gerador e estão relacionados ao uso, elaboração ou avaliação de tecnologias, processos ou produtos tecnológicos a partir de parâmetros científicos, sociais e ambientais.

4.2.3 RETORNO AO QUESTIONÁRIO INICIAL, COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.

No dia 11 de novembro de 2008, ocorreu a re-aplicação do mesmo questionário aplicado no início da pesquisa. Os dados obtidos nessa segunda

aplicação foram analisados, classificados e registrados de acordo com os mesmos critérios utilizados para o estudo dos dados coletados na sua primeira aplicação.

Essa segunda aplicação do questionário ocorreu após as aplicações das atividades desenvolvidas com os PGDs. Procedeu-se dessa forma por entender que as novas respostas dadas pelos alunos às perguntas do questionário tendem a ser mais satisfatórias que as respostas obtidas na primeira aplicação por influência da aprendizagem ocorrida com as atividades desenvolvidas pelos alunos para solucionar os PGDs propostos.

De posse das informações coletadas nas duas aplicações do questionário realizou-se comparações entre os registros dos dados coletados, analisados, classificados e que foram registrados na tabela apresentada no **APÊNDICE F**.

4.2.4 APRESENTAÇÃO DAS CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o desenvolvimento das atividades da pesquisa (aplicações do questionário e atividades com os PGDs) promoveu-se o processo de fechamento da pesquisa. Nesse processo buscou-se, de forma sintetizada, interpretar as informações obtidas junto às duas aplicações do questionário e as obtidas nas aplicações das três atividades de ensino desenvolvidas com os PGDs. E, a partir dessas interpretações, mostrar se os objetivos da pesquisa foram atingidos e se o uso dos PGDs no ensino de Física junto a uma turma de alunos recém-ingressos surtiu ou não os efeitos desejados junto ao processo de formação acadêmica (profissional e para a cidadania) em Engenharia.

5 APLICAÇÕES, DADOS COLETADOS E ANÁLISES

5.1 PRIMEIRA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Com as informações coletadas junto à primeira aplicação do questionário, (**APÊNDICE F**) foi possível estabelecer quantitativamente uma ordem em relação aos temas abordados. A partir da determinação do número das respostas consideradas suficientes, parcialmente suficientes e insuficientes foi possível indicar por meio dos resultados obtidos os pontos considerados mais fracos, em termos de pré-concepções, desse grupo de alunos.

Essa ordem pode ser observada a partir da **TABELA 1**, com os resultados obtidos quantificados e transformados em valores percentuais:

TABELA 1 – RESULTADO DA PRIMEIRA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

	T01	T 02	T 03	T 04
Suficientes	27%	13%	11%	09%
Parcialmente suficientes	42%	59%	24%	25%
Insuficientes \ inexistentes	31%	28%	65%	66%

Fonte: A autoria própria.

Os dados coletados permitiram concluir que os temas mais específicos relacionados aos conhecimentos científicos prévios e a capacidade de sua aplicação em atividades experimentais, T03 e T04 respectivamente, foram os que apresentaram o maior número de respostas consideradas insatisfatórias, por isso, entendeu-se esses como sendo os pontos a serem considerados como “fracos”.

Entende-se que os resultados dessa pesquisa, aplicada junto aos alunos ingressos nos cursos de Engenharia, no segundo semestre do ano de 2008, são bastante semelhantes aos resultados obtidos por meio da pesquisa preliminar, aplicada junto aos alunos ingressos em 2007, apresentada no **item 4.1** desse trabalho. Em ambos os casos, as pesquisas permitiram concluir pela existência de deficiências relacionadas aos conhecimentos científicos, teóricos e práticos, decorrentes da “qualidade” da formação pela qual esses alunos passaram em seus estudos no Ensino Médio.

5.2 AS APLICAÇÕES DOS PGDs

Os três PGDs⁴ desenvolvidos nessa pesquisa (**Custo da mão-de-obra na produção do pão, Aparelho para Ginástica e Esteira Transportadora**) foram aplicados, de acordo com o conteúdo abordado, na seqüência normal das atividades de ensino e aprendizagem estabelecida pelo ementário da Física Geral I.

A coleta de dados junto aos três PGDs aplicados ocorreu por meio de pré-relatórios enviados pelos grupos e relatórios finais e individuais entregues pelos alunos.

De posse dos relatórios, buscaram-se indícios que permitissem verificar os efeitos da atividade PGD sobre o processo de ensino e aprendizagem de Física Geral I: conhecimentos utilizados, raciocínios empregados, procedimentos práticos desenvolvidos e/ou propostos, relacionamentos feitos pelos alunos entre questões científicas, tecnológicas, sociais, ambientais, entre outros.

Buscou-se reproduzir, durante as aplicações dessas três atividades, o mesmo ambiente com que as demais atividades de ensino da Física Geral I estavam sendo realizadas. Procurou-se, dessa forma, evitar que os alunos apresentassem respostas motivadas por questões ou motivações que não fossem relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem.

Faz-se necessário entender que os dados coletados por meio dos relatórios entregues pelos alunos **não passaram** por qualquer forma de correção gramatical ao serem transcritos nesse trabalho. As únicas alterações sobre esses dados deram-se em relação a espaçamentos, tipo e tamanho da fonte com que foram digitados.

Optou-se, a fim de preservar a identidade dos alunos envolvidos na pesquisa, não fazer distinções entre os indivíduos quanto ao sexo, idade ou

⁴ Optou-se por apresentar integralmente, no corpo desse trabalho, os dados coletados, análises realizadas e conclusões relacionadas a apenas um dos PGDs aplicados na pesquisa. Quanto aos demais PGDs, decidiu-se por apresentá-los em quadros, junto aos vislumbres relacionados às suas aplicações, na seqüência, no corpo do trabalho, ficando as demais atividades inseridas no trabalho em forma de apêndice. Essa opção deu-se em função do entendimento de que a apresentação na íntegra de um dos PGDs é suficiente para que o leitor compreenda a qualidade e quantidade das atividades desenvolvidas em todos os demais PGDs, pois todos eles são elaborados de acordo com uma mesma metodologia, por isso, com os mesmos objetivos.

qualquer outro aspecto. Dessa forma, cada aluno foi representado por um número e nas três aplicações das atividades PGDs realizadas esses alunos foram distribuídos em grupos, conforme a indicação do seguinte quadro:

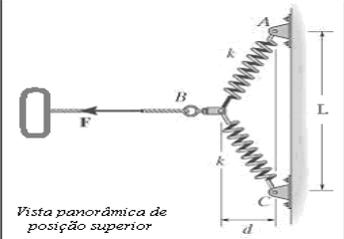
	PGD I	PGD II	PGD III
Grupo A	02,04, 06 e 15	03, 25, 26 e 40	05, 08, 28 e 39
Grupo B	07, 34, 35 e 36	01, 27, 38 e 43	17, 30 e 31
Grupo C	01, 16 e 19	12, 13, 21 e 32	02, 04, 06 e 15
Grupo D	10, 11, 22 e 33	05, 08, 28 e 39	12, 23, 25 e 26
Grupo E	08, 24, 28 e 37	16, 17, 30 e 31	10, 11, 22 e 33
Grupo F	09, 18, 38 e 39	09, 18 e 29	14, 20, 41 e 42
Grupo G	03, 25, 29 e 40	02, 04, 06 e 15	01, 38 e 43
Grupo H	12, 13, 21 e 32	14, 20, 41 e 42	09, 13, 21 e 32
Grupo I	17, 27, 30 e 31	07, 34, 35 e 36	03, 20, 29 e 40
Grupo J	14, 20, 41 e 42	19, 24, 37 e 44	16, 19, 33 e 37
Grupo K	-----	10, 11, 22 e 33	07, 35 e 36

QUADRO 3 – Distribuição dos alunos, por grupos, nos PGDs
Fonte: Autoria própria.

5.2.1 O PGD APARELHO PARA GINÁSTICA

O PGD II ou PGD **Aparelho para ginástica** contou com a participação de 43 alunos. Suas atividades não foram totalmente realizadas em sala de aula. No laboratório foram utilizadas 03 horas-aulas para a realização das atividades em grupo, no dia 25 de agosto, e no dia 01 de setembro foram utilizadas mais 03 horas-aula para a realização das discussões finais.

Optou-se, na construção deste PGD (**QUADRO 4**) por iniciá-lo com as atividades referentes à promoção da formação profissional do aluno de Engenharia. Dessa forma, com as questões referentes à primeira atividade do PGD buscou-se promover, por meio da realização de uma atividade experimental associada a alguns questionamentos, a potencialização da teoria aplicando-a a prática.

<p>Formação Profissional</p>	<p>Atividade1:</p> <p>1.1-Determine experimentalmente a constante elástica de uma mola.</p> <p>1.2- explique o procedimento desenvolvido;</p> <p>1.3- o que indica a constante elástica de uma mola?</p> <p>1.4- duas molas têm constantes elásticas tais que $k_1 > k_2$, o quê isso indica?</p> <p>1.5- a constante elástica tem valores tabelados como coeficiente de dilatação térmico, calor específico ou resistividade elétrica? Justifique.</p>
<p>Problema Gerador</p>	<p>Atividade 2: partindo dos conhecimentos desenvolvidos na primeira atividade, resolva / responda as questões do seguinte problema:</p> <p>“O esquema representado da figura indica o projeto de um aparelho de ginástica em que o esforço será relacionado a uma deformação elástica. As molas AB e CB são idênticas e apresentam coeficiente de deformação de 1,2KN/m. As molas apresentam, quando indeformadas, comprimento 40cm. A distância L indicada é de 80cm. Que intensidade de força F uma pessoa estará aplicando no instante em que ocorrer um deslocamento “d” , de 30cm no sistema?”</p>  <p><i>Vista panorâmica de posição superior</i></p> <p>2.1-Comparando o resultado obtido por esse aparelho com os tradicionais (baseados no levantamento de peso por roldanas e cabos) ao levantamento de qual massa, o esforço realizado pode ser comparado?</p>
<p>Formação para a Cidadania</p>	<p>2.2-Na busca de melhores performances esportivas ou de desenvolvimento muscular mais rápido, há pessoas que se utilizam de tecnologias alternativas. Discuta com os colegas do seu grupo essa questão, buscando, em diferentes tecnologias os seus benefícios e malefícios, sob diversos aspectos: social, ético, político, moral, ambiental, etc. Observe que para uma determinada tecnologia há sempre quem planeja (cria), há quem produz, há quem comercializa e há quem consome.</p> <p>3-Entregar um pré-relatório com as respostas às questões 1 e 2 até XX/XX</p> <p>4-As discussões sobre as questões desse PGD ocorrerão no dia XX/XX e a entrega do relatório final deverá ocorrer até XX/XX.</p>

QUADRO 4 – PGD II (Aparelho para Ginástica)

Fonte: Autoria própria.

Para tanto, entende-se importante observar que a atividade experimental não foi colocada com uma proposta de procedimentos, mas como um meio para se atingir um objetivo. O meio em questão deve ser estabelecido, pelos alunos em seus grupos, a partir dos conhecimentos por eles já adquiridos ou a serem pesquisados sobre o fenômeno. Os questionamentos associados à

atividade experimental foram propostos com o intuito de promover a interpretação e fixação dos conhecimentos e informações decorrentes da atividade realizada.

O problema gerador do PGD, disposto no **QUADRO 3** como a segunda atividade do PGD, apresentou como proposta um projeto para a construção de um aparelho de ginástica cujo esforço aplicado pelo seu usuário decorre da necessidade de provocar deformações elásticas em um sistema constituído de molas. Com essa proposta buscou-se promover junto aos alunos de Engenharia a aprendizagem de conteúdos de ensino da Física relacionados às operações com vetores, lei de Hooke, leis de Newton e conhecimentos matemáticos relacionados à geometria e trigonometria nos triângulos retângulos e cálculos básicos por meio da questão problematizadora constituída pelo próprio problema gerador.

Vislumbrou-se ainda, construir uma ponte de ligação que permitisse abordar com esse problema gerador o fenômeno da deformação de molas, já trabalhado na primeira atividade deste PGD, e questionamentos relacionados à formação do aluno, futuro engenheiro, enquanto cidadão.

Nessa perspectiva, a terceira atividade do PGD em questão foi elaborada a partir de um questionamento no qual se solicitou aos alunos a indicação de outras tecnologias destinadas a promover melhora na performance esportiva e/ou desenvolvimento muscular e a avaliação dos benefícios e malefícios dessas tecnologias em comparação com o aparelho de ginástica proposto no problema gerador.

5.2.1.1 ATIVIDADE 1

A primeira atividade do PGD Aparelho para Ginástica foi, na verdade, constituída por quatro questões inter-relacionadas. A questão principal e inicial solicitou aos alunos a determinação da constante elástica de uma mola por um método experimental a ser definido por eles e a partir dessa questão apresentaram-se três questionamentos.

Após a determinação da constante, os questionamentos que se seguiram tiveram como objetivo direcionar as ações dos alunos para um

melhor entendimento teórico sobre a constante elástica, buscando, dessa forma, promover interação entre teoria e prática. A atividade foi assim apresentada:

1.1-Determine experimentalmente a constante elástica de uma mola e explique o procedimento desenvolvido;

1.2- o que indica a constante elástica de uma mola?

1.3- duas molas têm constantes elásticas tais que $k_1 > k_2$, o que isso indica?

1.4- a constante elástica tem valores tabelados como coeficiente de dilatação térmico, calor específico ou resistividade elétrica? Justifique.

Propôs-se a primeira atividade do PGD II com o intuito de promover o exercício de relacionamento entre prática e teoria. Entende-se que o processo de aprendizagem se torna mais significativo à medida que as atividades experimentais não são estanques, ou seja, não tenham o único objetivo de comprovar uma relação entre grandezas físicas, leis ou conceitos prontos. Nesse aspecto, concorda-se com Rosa (2003, p.17), quando afirma que o professor não deve apenas: “preocupar-se com aspectos relacionados à experiência em si, mas também com as estratégias que favorecerão a apropriação dos conceitos e fenômenos abordados na atividade realizada”.

Quando se solicita aos alunos uma definição da grandeza física constante elástica (k) muitas respostas ficam restritas à citação da equação $k = F/\Delta x$ e poucas conceituam essa constante como resultado de uma relação de proporcionalidade entre uma força aplicada (F) e o correspondente deslocamento/deformação (Δx) provocado por essa força sobre um meio material e elástico.

As questões propostas por essa atividade objetivaram promover um maior aprofundamento teórico sobre o assunto, inserindo e associando o termo rigidez e buscando orientar o aluno à existência de diversas variáveis, determinantes para que um meio elástico seja mais ou menos rígido.

Para a realização da atividade foram colocados à disposição dos alunos diversos tipos de molas de metal e de plástico, dinamômetros com diferentes escalas, balança eletrônica digital, réguas, paquímetros, hastes e garras para sustentação, pesos e lhes foi informado o valor da aceleração da gravidade do local⁵.

Após a realização das atividades em grupo, os alunos enviaram os pré-relatórios e as informações consideradas mais relevantes foram acondicionadas no **QUADRO 5**, apresentado na seqüência.

1.1- Utilizando uma haste graduada em milímetros, colocamos uma mola em um de seus suportes. Tomamos como referência antes da deformação da mola, na haste graduada, a medida de 125mm, para que deste ponto fosse desconsiderado o peso da mola. Pegamos um corpo cilíndrico, provido de pequenos ganchos, pesamos numa balança graduada em miligramas e verificamos a massa de 0.0507Kg, penduramos a corpo na mola e obtivemos uma deformação na mola de 25mm. A partir destes dados e aderindo aceleração gravitacional de aproximadamente 9,787m/s², optamos pelo uso da fórmula $F = k \cdot x$, onde F é o peso (P) do corpo que está deformando a mola, k é a constante elástica da mola e x é a deformação sofrida pela mola calculamos e determinamos que a constante elástica da mola (k) é de aproximadamente 19,84N/m.

Usando aceleração gravitacional de aproximadamente 9,787m/s² e sabendo que $P = m \cdot a$ e $F = k \cdot x$, temos: $m = 0,0507\text{Kg}$ $a = 9,787\text{m/s}^2$ (aproximadamente) e $x = 25\text{mm} = 0,025\text{m}$

$$\text{Logo: } P = m \cdot a \quad P = 0,0507 \cdot 9,787 \quad \text{e} \quad P = 0,496\text{N (aproximadamente)}$$

$$\text{Concluindo: } P = F = k \cdot x \quad 0,496 = k \cdot 0,025 \quad \text{e} \quad k = 19,84 \text{ N/m (aproximadamente)}$$

1.2- Indica a resistência à deformação. Quanto maior for a constante elástica, maior deverá ser a força exercida sobre a mola para obter a mesma deformação.

1.3- Significa que forças iguais aplicadas em molas de constantes elásticas diferentes, resultaram em deformações diferentes. Por exemplo, utilizando duas molas $M1$ e $M2$ com constantes elásticas 20N/m e 25N/m respectivamente, aplicamos em cada uma delas uma força igual a 8N, então temos:

$$M1: F = k1 \cdot x \quad 8 = 20 \cdot x \quad x = 0,4\text{m}$$

$$M2: F = k2 \cdot x \quad 8 = 25 \cdot x \quad x = 0,32\text{m}$$

Concluindo assim que aplicando forças iguais em molas de constantes elásticas diferentes, obtemos deformações diferentes.

1.4- Não. Apenas o material da mola tem valores tabelados como coeficiente de dilatação térmica, resistividade elétrica ou calor específico, pois estes fazem parte da natureza do material assim como a constante elástica (alunos, grupo B).

⁵ Utilizou-se durante todas as atividades experimentais desenvolvidas junto a essa turma de alunos o valor da aceleração da gravidade local. Esse valor foi determinado e gentilmente fornecido pelo professor Dr. Guataçara dos Santos Júnior, da área de cálculo, a partir da aplicação de um método desenvolvido em seus estudos em Ciências Geodésicas.

1.1- Experimentalmente determinamos os seguintes valores para a constante elástica de uma mola:

- Comprimento inicial da mola (L): $1,1\text{cm} = 0,011\text{m}$
- Comprimento final da mola sustentando uma massa de:
 - $0,0504\text{kg}$: $1,36\text{cm} = 0,0136\text{m}$ > deformação de $0,0026\text{m}$
 - $0,101\text{kg}$: $1,55\text{cm} = 0,0161\text{m}$ > deformação de $0,0051\text{m}$
 - $0,1509\text{kg}$: $1,745\text{cm} = 0,0184\text{m}$ > deformação de $0,00742\text{m}$
- Constante elástica da mola:
 - $K = m \cdot g / \Delta L$
 - $K^1 = 0,0504 \times 9,78718 / 0,0026 = 189,719\text{N/m}$
 - $K^2 = 0,101 \times 9,78718 / 0,0051 = 193,824\text{N/m}$
 - $K^3 = 0,1509 \times 9,78718 / 0,00742 = 199,041\text{N/m}$

Inicialmente para determinarmos a constante elástica da mola foram necessários alguns experimentos, conforme segue abaixo:

- Como material, utilizamos uma mola de plástico, uma mola de metal, três pesos (pequenos blocos), uma régua, um paquímetro, um dinamômetro e uma balança de precisão.

Procedimentos:

- Determinamos o valor da massa dos pesos utilizados através da balança de precisão, resultando em média $50,3\text{g}$ por peso;
- Medimos o alongamento da mola de plástico, sem adicionar pesos, encontrando o valor de $0,19\text{m}$;
- Para encontrar o valor da força peso (P), multiplicamos o valor da massa pelo valor da aceleração da gravidade;
- Sustentamos o peso na extremidade inferior da mola e constatamos uma deformação de $0,095\text{m}$. Para determinarmos o valor da constante elástica da mola, dividimos o valor da força peso em Newton (N) pelo valor da deformação sofrida pela mola, em metro (m), o que resultou em uma constante (K) de $5,192\text{N/m}$;
- Após a colocação do segundo peso, junto do primeiro, houve uma deformação permanente da mola, o que impossibilitou a continuação do experimento com este modelo de mola;
- Substituímos a mola de plástico por uma de metal, com alongamento de $0,011\text{m}$;
- Sustentamos um peso ($P=0,49327\text{N}$) na extremidade da mola de metal, que resultou numa deformação de $0,0026\text{m}$, então dividimos o peso pela deformação, encontrando o valor da constante K^1 igual a $189,719\text{N/m}$;
- Sustentamos dois pesos ($P=0,98850\text{N}$) na extremidade da mola de metal, que resultou numa deformação de $0,0051\text{m}$, então dividimos o peso pela deformação, encontrando o valor da constante K^2 igual a $193,824\text{N/m}$;
- Sustentamos três pesos ($P=1,47689\text{N}$) na extremidade da mola de metal, que resultou numa deformação de $0,00742\text{m}$, então dividimos o peso pela deformação, encontrando o valor da constante K^3 igual a $199,041\text{N/m}$;

1.2-Indica a rigidez que a mola possui, quanto maior for a constante elástica maior será a rigidez da mola. De acordo com a definição de Sears/Zemanski, a constante K pode ser descrita como o alongamento de um corpo sob tração, acima do seu comprimento não tracionado, é diretamente proporcional à força alongadora.

1.3-Se as constantes elásticas de duas molas são tais que $K1 > K2$, isso indica que a mola de constante $K1$ deforma, ou, tem alongamento maior que a mola de constante $K2$, para uma determinada força aplicada.

1.4-Não. A constante elástica não pode ter valores tabelados, pois ela não pode ser deduzida em um único valor para todas as situações. A constante elástica depende do comprimento da mola, do material que é feito esta mola, do raio e da quantidade de espiras. Todas essas variáveis impedem o tabelamento da constante (alunos, grupo A).

1) Utilizando uma mola e um dinamômetro (medidor de força) com alguns pesos de metal, podemos calcular a constante elástica da mola utilizada no experimento.

Obtemos 1,6 Newtons de força adicionando três pesos ao dinamômetro e, logo após, aplicamos essa força na mola (inicialmente com 15 centímetros) e observamos que ela teve uma deformação de 24,7 cm. Com a obtenção destes dados podemos calcular a constante elástica da mola aplicando-os a fórmula: $F = k \cdot \Delta x$

Como a constante elástica é medida em newtons por metro (N/m), transformamos o deslocamento que tínhamos em centímetros para metros e calculamos a constante obtendo o valor de: $F = 1,6\text{N}$, Δx (deslocamento) = 24,7 cm = 0,247 m e K (constante elástica) = 6,478 N
se $F = k \cdot \Delta x$ $1,6 = K \cdot 0,247$ e $K = 6,478\text{ N}$

1.2) O que indica a constante elástica de uma mola é a divisão de uma força exercida sobre ela, pelo deslocamento que essa mola sofreu durante a aplicação desta força. A força é diretamente proporcional ao deslocamento sofrido pela mola.

1.3) Quando uma mola tem sua constante elástica maior que outra ($k_1 > k_2$), significa que a primeira (k_1) é mais rígida e sólida que a segunda (k_2) e que precisa de maior força para realizar um deslocamento.

1.4) A constante elástica não é um valor que encontramos tabelado como coeficiente de dilatação térmica, calor específico e resistividade elétrica, pois cada mola pode diferir de outras devido várias maneiras como: material em que a mola foi confeccionada (alumínio, ferro, etc) que possa garantir diferentes valores de rigidez, resistência a forças aplicadas internas e externamente (temperatura, atrito, etc) (alunos, grupo C).

1.1-Explique os procedimentos desenvolvidos.

Para o procedimento de determinação experimental da constante elástica de uma mola, foram usados os seguintes materiais: suporte metálico com haste; 4 peças de metal com peso aproximado de 50,5 gramas, cada uma; 1 mola e 1 dinamômetro.

Informações da mola utilizada: Material: aço; Diâmetro do arame: 0,5mm; Diâmetro da mola: 7,3mm; Número de voltas: 100; Comprimento em repouso: 103,85mm

Procedimento: na primeira tentativa, foram utilizados os equipamentos dispostos da forma mostrada na figura abaixo:

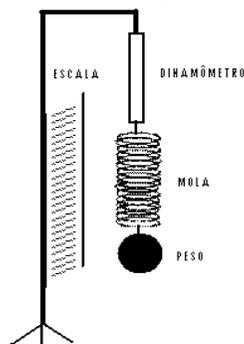


Figura 1: – Primeira tentativa.

Mas devido a dificuldade de medição, gerada pelo deslocamento dos dois extremos da mola em frente da escala, foi mudada a disposição dos aparelhos conforme segue na figura a seguir:

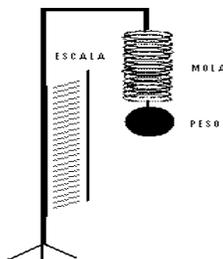


Figura 2: Disposição definitiva dos aparelhos.

Duas situações foram estudadas no laboratório para determinar a constante elástica, são elas: quatro diferentes pesos aplicados a uma mola com 100 espirais e quatro diferentes pesos aplicados a uma mola com 50 espirais. Foram aplicadas 4 diferentes forças na mola através de massas definidas em balança com precisão de 0,1 grama. Os dados seguem na tabela 1.

Massa(Kg)	Peso (N)
0,0506	0,49523
0,1012	0,99046
0,1517	1,48471
0,2023	1,979946

Tabela 1: Definição da força peso através das massas utilizadas

Ao aplicar cada carga foram feitas quatro leituras do deslocamento da mola sendo que cada leitura foi feita por cada um dos membros do grupo. Foi minimizado o erro de paralaxe pois foi tomado o cuidado de se posicionar a visão do espectador o mais perpendicular à escala e ao final da mola conforme mostrado na figura 3.

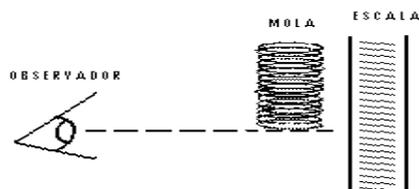


Figura 3 – Posição do observador.

Determinação das leituras para a primeira situação (mola de 100 espirais)

Tabela 2: Leituras efetuadas para a mola com 100 espirais

Peso (N) → Leituras(m) ↓	0,49523	0,99046	1,48471	1,979946
1 ^a	0,0025	0,0049	0,0072	0,0097
2 ^a	0,0025	0,0050	0,0072	0,0097
3 ^a	0,0026	0,0051	0,0072	0,0096
4 ^a	0,0026	0,0049	0,0073	0,0097
Média →	0,00255	0,004975	0,007225	0,009675

Cálculo das constantes de acordo com as leituras efetuadas

Leituras(m) ↓	Constante K	Média	$F = m \cdot a$ ($g=9,78718$)
1 ^a	194,2083	200,8596	0,49523
2 ^a	199,0879		0,99046
3 ^a	205,4969		1,48471
4 ^a	204,6456		1,979946

Tabela

3: Cálculo das Constantes

Determinação das leituras para a segunda situação (mola de 50 espirais)

Peso (N)→ Leituras(m) ↓	0,49523	0,99046	1,48471	1,979946
1 ^a	0,0011	0,0022	0,0035	0,0046
2 ^a	0,0011	0,0023	0,0035	0,0046
3 ^a	0,0011	0,0025	0,0035	0,0047
4 ^a	0,0011	0,0025	0,0035	0,0047
Média	0,0011	0,002375	0,0035	0,004655

Tabela 4: Leituras efetuadas para a mola com 500 espirais

Cálculo das constantes de acordo com as leituras efetuadas

Leituras(m) ↓	Constante K	Média	F = m . a (g=9,78718)
1 ^a	449,3205	428,6252	0,49523
2 ^a	417,0368		0,99046
3 ^a	422,8061		1,48471
4 ^a	425,3375		1,979946

Tabela 5: Leituras efetuadas para a mola com 50 espirais

Obs.: Todas as constantes foram passadas para o sistema de unidades Internacional.

Cálculo do erro: foi observado que possivelmente a diferença entre as leituras (cada membro do grupo efetuou uma leitura do deslocamento para cada força-peso aplicada na mola) do deslocamento se deu por erro de paralaxe mais a resolução da balança utilizada para determinar a massa das peças metálicas, que é de 0,1 grama.

Erro em porcentagem, da primeira leitura para a mola de 50 espirais:

	Constante (K)	Média de K	Desvio de K	Média do desvio	%
1	449,3205	428,6252	20,6953	10,3476	2,41
2	417,0368		11,5884		
3	422,8061		5,8191		
4	425,3375		3,2877		

Erro em porcentagem, da primeira leitura para a mola de 100 espirais:

	Constante (K)	Média de (K)	Desvio de K	Média do desvio	%
1	194,208	200,855	6,647	4,214	2,09
2	199,075		1,78		
3	205,494		4,639		
4	204,645		3,79		

Abaixo está demonstrado a análise dimensional para verificação da homogeneidade da equação estabelecida por Hooke: $F = K \cdot x$

$$V = \Delta S / T, V = [M^0 \cdot L^1 \cdot T^0] / [M^0 \cdot L^0 \cdot T^1] \text{ e } V = [M^0 \cdot L^1 \cdot T^{-1}]$$

$$a = V / t, a = [M^0 \cdot L^1 \cdot T^{-1}] / [M^0 \cdot L^0 \cdot T^1] \text{ e } a = [M^0 \cdot L^1 \cdot T^{-2}]$$

$$F = m \cdot a, F = [M^1 \cdot L^0 \cdot T^0] \cdot [M^0 \cdot L^1 \cdot T^{-2}] \text{ e } F = [M^1 \cdot L^1 \cdot T^{-2}]$$

$$K = F/x, K = [M^1 \cdot L^1 \cdot T^{-2}] / [M^0 \cdot L^1 \cdot T^0] \text{ e } K = [M^1 \cdot L^0 \cdot T^{-2}]$$

$$F = K \cdot \Delta S, [M^1 \cdot L^1 \cdot T^{-2}] = [M^1 \cdot L^0 \cdot T^{-2}] \cdot [M^0 \cdot L^1 \cdot T^0]$$

$$\text{Logo: } [M^1 \cdot L^1 \cdot T^{-2}] = [M^1 \cdot L^1 \cdot T^{-2}]$$

1.2-O quê indica a constante elástica de uma mola?

Indica a força (em Newtons, pelo S.I) aplicada à uma mola para que esta se deforme provocando uma alteração no seu comprimento. No experimento em laboratório, foi notado que após o primeiro alongamento da mola, ao se dobrar a força aplicada foi obtido o dobro do seu alongamento. Ou seja, a força exercida na mola é diretamente proporcional ao alongamento desta.

1.3-Duas molas têm constantes elásticas tais que $k_1 > k_2$, o quê isso indica?

Indica que a mola 1 terá uma menor deformação elástica do que a mola 2, para uma mesma força aplicada, pois a constante elástica é diretamente proporcional à força e inversamente proporcional ao deslocamento.

1.4-A constante elástica tem valores tabelados como coeficiente de dilatação térmico, calor específico ou resistividade elétrica?

Não, pois a constante elástica é característica do corpo, ou seja, está relacionado com o número de espirais da mola, diâmetro do arame, diâmetro da mola. Para ser tabelado o valor da constante elástica teria que estar relacionado unicamente com as características do material que o compõe (alunos, grupo D).

1.1 Procedimentos

-Introdução: determinar a constante elástica (k) da mola utilizada, aplicando a força de dois corpos de massas distintas na extremidade móvel da mola. A partir do deslocamento causado em cada caso, aplica-se a equação enunciada pela lei de Hooke respectivamente a fim de obter dois valores que, por meio de média aritmética, fornecerão, experimentalmente, o valor da constante (k).

-Obtenção da massa dos corpos utilizados: medição com balança analítica da massa do corpo a ser suspenso na mola

$$M_1 = 50,3 \text{ g.}$$

$$M_2 = 101,1 \text{ g.}$$

-Cálculo da força referente às massas dos corpos a serem utilizados no experimento partindo da equação fundamental da força ($F = m \cdot a$) com a aceleração da gravidade considerada ($g = 9,78718 \text{ m/s}^2$):

$$F_1 = 0,494495154 \text{ N}$$

$$F_2 = 0,989483898 \text{ N}$$

1. Medição do comprimento da mola em seu estado indeformado: $L_{mola} = 0,103 \text{ m}$
2. Aplicação da força referente à massa do corpo 1 e 2, na extremidade móvel da mola e cálculo da variação do comprimento da mola (x):
 $X_{m1} = 0,025 \text{ m}$ $X_{m2} = 0,048 \text{ m}$
3. Aplicação da variação do comprimento verificado na equação enunciada pela Lei de Hooke ($F = k \cdot x$), para cálculo experimental da constante elástica da mola utilizada:
 $K_1 = 19,6916 \text{ N.m}$ e $K_2 = 20,1528 \text{ N.m}$
4. Média aritmética dos valores verificados de "k" para a obtenção do valor experimental da constante elástica da mola utilizada:

$$K_1 + K_2 = z; z/2 = k_{\text{experimental}}. \quad K_{\text{experimental}} = 19,9244 \text{ N.m}$$

(alunos, grupo H).

Segundo a Lei de Hooke, a força exercida por uma mola é diretamente proporcional à sua deformação. Tal proporcionalidade é transformada na fórmula $F = k \cdot x$, em que “F” é o peso do corpo de prova em questão, “x” é a deformação resultante e “k” é constante elástica que procuramos.

Aplicando à fórmula os valores supracitados, verificamos, para cada um dos corpos de prova:

$$1^{\circ}: F1 = k1 \cdot x1$$

$$0,493 = k1 \cdot 0,025$$

$$k1 = 19,731 \text{ N/m}$$

$$2^{\circ}: F2 = k2 \cdot x2$$

$$0,993 = k2 \cdot 0,05$$

$$k2 = 19,868 \text{ N/m}$$

Encontramos valores discrepantes de $k1$ e $k2$, entretanto há pontos importantes que podem justificar tal fato e devem ser considerados:

- Ausência de ferramentas de medição precisas: Exceto pela balança eletrônica, que usamos para medir a massa dos corpos de prova, o grupo dispunha unicamente da escala do suporte da mola e réguas convencionais, ambos manipulados pelos membros da equipe. Ou seja, os resultados obtidos estavam sujeitos às alterações devidas falhas humanas.

-A mola utilizada não se apresentava em perfeito estado. Em outras palavras, a mola estava torta, podendo “reagir” de forma diferente a diferentes pesos aplicados.

-Há uma particularidade a respeito da Lei de Hooke que diz que esta só é verdadeira se as deformações da mola não forem muito grandes. Nas experiências para determinação da constante elástica, este aspecto foi levado em conta. Para tanto, o grupo utilizou corpos de prova de pequeno porte comparados à massa da mola.

1.2 – A constante elástica é a grandeza que determina a força necessária para produzir um determinado alongamento na mola. Sua unidade padrão é N/m.

1.3 – Sendo a Lei de Hooke $F = k \cdot x$, temos que quanto maior o k , maior deverá ser a força exercida para um mesmo deslocamento, ou seja, “F” e “k” são diretamente proporcionais. Logo, para $k1 > k2$, a mola de constante “ $k1$ ” vai oferecer maior resistência à distensão do que a mola de constante “ $k2$ ”.

1.4 – Não. A constante elástica é dada pela razão entre a força exercida na mola e a deformação resultante. Diferentes molas apresentam diferentes distensões para uma mesma força trabalhando sobre elas. O “k” não varia de uma mola para outra em função de um único critério, mas sim de um conjunto de características que determinam seu comportamento quando sob influência de uma força qualquer. Por exemplo: Duas molas de materiais e tamanhos idênticos apresentam iguais valores para suas constantes elásticas, mas se alterarmos a espessura de uma delas, sua “k” também será alterada, ainda que o material de fabricação seja igual ao da outra. O mesmo ocorre com molas de iguais tamanhos mas materiais diferentes, bem como nas infinitas combinações de molas que podem ser feitas. Portanto, a constante elástica não é uma grandeza que pode ser tabelada, pois esta não se altera de forma padrão ou proporcional, mas sim de maneira imprevisível a partir da mudança de qualquer característica da mola (alunos, grupo K).

QUADRO 5 - Procedimentos dos grupos, atividade 1, PGD II

Fonte: A autoria própria.

De modo geral, não foram percebidas dificuldades por parte dos alunos em desenvolver a atividade experimental solicitada pelo PGD. Contudo, pode-se observar que todos os grupos desenvolveram a atividade proposta da mesma forma, por meio da aplicação da Lei de Hooke: suspenderam uma mola, colocaram um peso determinado em sua extremidade inferior, mediram a deformação elástica da mola e determinaram a constante elástica pela razão peso por deformação elástica sofrida.

A variação percebida nesse método deu-se apenas pela forma com que os alunos determinaram o peso da peça presa à mola. Alguns alunos

determinaram esse peso diretamente a partir do uso de um dinamômetro e outros determinaram o peso por meio do produto entre a massa da peça, medida em uma balança, e o valor da aceleração da gravidade local indicado pelo professor. Os alunos fizeram as conversões necessárias para poder obter a intensidade do peso medida em Newton.

Observou-se, como ponto positivo, a preocupação por parte de alguns alunos em buscar subsídios para a resolução da atividade por meio de pesquisas realizadas na biblioteca. Os alunos do grupo A, por exemplo, referem-se a esse fato ao citarem os autores Sears e Zemanski (sem especificar o título e ano da obra) para justificar alguns conceitos empregados.

Outro ponto positivo percebido por meio dos dados contidos nos pré-relatórios refere-se às atividades desenvolvidas pelos alunos do grupo D. Esses alunos promoveram a aplicação de fundamentos trabalhados anteriormente em sala de aula, Teoria dos Erros e Análise Dimensional, objetivando dar ao trabalho maior qualidade ou respaldo científico.

Quanto às respostas aos questionamentos, iniciando pelo primeiro: **“O que indica a constante elástica de uma mola?”** observou-se que os alunos dos grupos A apresentaram em seus relatos um satisfatório relacionamento entre a constante elástica de uma mola à sua rigidez e, de forma análoga, os alunos do grupo B associaram-na a uma resistência à deformação.

Contudo, ao observar as respostas dadas pelos alunos dos grupos C, D e K ao primeiro questionamento julga-se que houve por parte desses alunos uma interpretação equivocada ao seu enunciado:

O que indica a constante elástica de uma mola é a divisão de uma força exercida sobre ela, pelo deslocamento que essa mola sofreu durante a aplicação desta força. A força é diretamente proporcional ao deslocamento sofrido pela mola (alunos, grupo C).

Indica a força (em Newtons, pelo S.I) aplicada à uma mola para que esta se deforme provocando uma alteração no seu comprimento. No experimento em laboratório, foi notado que após o primeiro alongamento da mola, ao se dobrar a força aplicada foi obtido o dobro do seu alongamento. Ou seja, a força exercida na mola é diretamente proporcional ao alongamento desta (alunos, grupo D).

A constante elástica é a grandeza que determina a força necessária para produzir um determinado alongamento na mola. Sua unidade padrão é N/m (alunos, grupo K).

Entende-se, a partir da resposta dada por esses alunos, que interpretaram a questão no seguinte sentido: “Como é indicada a constante elástica de uma mola?”. No questionamento o termo “o que indica” foi aplicado com o sentido de “o que diz” ou “o que significa” e, pela resposta dada pelos alunos, entende-se que a interpretação do termo ocorreu no sentido de “como se determina”. Já os alunos do grupo H não apresentaram nenhuma resposta aos questionamentos propostos. Dessa forma, considerou-se as respostas dadas pelos grupos C,D e K como parcialmente satisfatórias e do grupo H como insatisfatória por sua inexistência.

Com a aplicação do segundo questionamento “**Duas molas têm constantes elásticas tais que $k_1 > k_2$, o quê isso indica?**” buscou-se aprofundar um pouco a discussão sobre o termo “rigidez”, invariavelmente associado à constante elástica da mola. Parte-se do pressuposto que toda e qualquer mola que necessitar da aplicação de uma força, ainda que sua intensidade seja extremamente pequena, porém não seja desprezível, é uma mola rígida. Porém, entende-se que o termo rigidez assume um sentido ainda mais válido quando é utilizado para a comparação entre meios elásticos ou ainda para comparações sobre um único meio elástico, porém, em diferentes condições externas ou de uso.

Dessa forma, com a comparação proposta pela questão entre duas constantes k_1 e k_2 buscou-se desenvolver o entendimento sobre a rigidez da mola comparando duas molas com idênticas dimensões, mas de materiais diferentes como plástico e aço, por exemplo. Ou, ainda, comparando a rigidez de uma mesma mola de ferro estando ela inicialmente à temperatura ambiente e em uma segunda situação aquecida pelo excesso de “trabalho” ou por receber calor de uma fonte externa.

As respostas dadas pelos grupos B, C, D e K foram bastante satisfatórias, pois à mola com maior constante elástica os alunos associaram a necessidade de aplicação de uma maior força para provocar o seu deslocamento. Para justificar o seu ponto de vista, os alunos do grupo B recorreram a um exemplo numérico:

Significa que forças iguais aplicadas em molas de constantes elásticas diferentes, resultaram em deformações diferentes. Por exemplo, utilizando duas molas M_1 e M_2 com constantes elásticas

20N/m e 25N/m respectivamente, aplicamos em cada uma delas uma força igual a 8N, então temos: M1: $F = k_1 \cdot x$, $8 = 20 \cdot x$ e $x = 0,4m$; M2: $F = k_2 \cdot x$, $8 = 25 \cdot x$ e $x = 0,32m$ (alunos do grupo B).

Já os alunos do grupo A não apresentaram a resposta ao segundo questionamento coerente com a dada ao primeiro. Se inicialmente demonstraram ter entendido de forma correta a associação entre constante elástica e rigidez, não apresentaram a mesma performance quando da resposta dada à comparação entre duas molas com constante diferentes, pois responderam que: “Se as constantes elásticas de duas molas são tais que $K_1 > K_2$, isso indica que a mola de constante K_1 deforma, ou, tem alongamento maior que a mola de constante K_2 , para uma determinada força aplicada (alunos do grupo A)”. Por essa associação equivocada entre maior constante e maior deformação a uma suposta aplicação equivalente de forças, considerou-se essa resposta ao segundo questionamento como insatisfatória.

Com o terceiro questionamento da primeira atividade do PGD Aparelho para Ginástica “**A constante elástica tem valores tabelados como coeficiente de dilatação térmico, calor específico ou resistividade elétrica? Justifique**”, buscou-se promover junto aos alunos o entendimento de que a constante elástica de uma mola depende de uma série de variáveis, dependentes e independentes da própria mola.

Entre as respostas dadas, foram consideradas satisfatórias as dadas pelos alunos dos grupos A, C, D e K, ainda que apenas os alunos do grupo C tenham citado a possibilidade de ocorrerem influências externas sobre a determinação da constante elástica.

Não. A constante elástica não pode ter valores tabelados, pois ela não pode ser deduzida em um único valor para todas as situações. A constante elástica depende do comprimento da mola, do material que é feito esta mola, do raio e da quantidade de espiras. Todas essas variáveis impedem o tabelamento da constante (alunos, grupo A).

A constante elástica não é um valor que encontramos tabelado como coeficiente de dilatação térmica, calor específico e resistividade elétrica, pois cada mola pode diferir de outras devido várias maneiras como: material em que a mola foi confeccionada (alumínio, ferro, etc) que possa garantir diferentes valores de rigidez, resistência a forças aplicadas internas e externamente (temperatura, atrito, etc) (alunos, grupo C).

Não, pois a constante elástica é característica do corpo, ou seja, está relacionado com o número de espirais da mola, diâmetro do arame,

diâmetro da mola. Para ser tabelado o valor da constante elástica teria que estar relacionado unicamente com as características do material que o compõe (alunos, grupo D).

Duas molas de materiais e tamanhos idênticos apresentam iguais valores para suas constantes elásticas, mas se alterarmos a espessura de uma delas, sua "k" também será alterada, ainda que o material de fabricação seja igual ao da outra. O mesmo ocorre com molas de iguais tamanhos mas materiais diferentes, bem como nas infinitas combinações de molas que podem ser feitas. Portanto, a constante elástica não é uma grandeza que pode ser tabelada, pois esta não se altera de forma padrão ou proporcional, mas sim de maneira imprevisível a partir da mudança de qualquer característica da mola (alunos, grupo K).

A resposta dada pelos alunos do grupo B foi considerada como parcialmente satisfatória, pois, apesar de partir de uma afirmação correta, indicando que a constante elástica não é tabelada, não apresentaram uma justificativa satisfatória para essa afirmação.

Não. Apenas o material da mola tem valores tabelados como coeficiente de dilatação térmica, resistividade elétrica ou calor específico, pois estes fazem parte da natureza do material assim como a constante elástica (alunos, grupo B).

Baseado nas informações contidas nos pré-relatórios e a partir das comparações feitas durante as discussões realizadas no grande grupo entre os procedimentos apresentados pelo grupo sorteado e os desenvolvidos pelos demais grupos, o professor aproveitou para intervir revendo e reafirmando alguns conceitos apresentados por alguns alunos e desconsiderados por outros e enriquecendo, por meio de detalhes, as informações trocadas.

Dessa forma, o processo das discussões foi utilizado como uma oportunidade de promover a aprendizagem por meio da abordagem de aspectos não levados em consideração pelos alunos durante as atividades em seus grupos e/ou de aprofundar idéias consideradas parcialmente corretas ou ainda, de explicar questões eventualmente não entendidas por algum grupo ou por alunos de forma isolada.

Nesse sentido, as discussões no grande grupo oportunizaram a lembrança junto aos alunos de que há outros métodos experimentais, além da aplicação direta da Lei de Hooke, por meio dos quais eles poderiam determinar a constante elástica de uma mola. Poderia ser determinada, por exemplo, a partir do período de oscilação dessa mola ou por meio da energia cinética

obtida por um objeto ao ser lançado por uma mola em um sistema conservativo, situações essas que foram devidamente explicadas durante as discussões.

A partir da observação efetuada os alunos, em seus relatórios finais, demonstrando ter compreendido a existência de outros métodos possíveis para realizar a tarefa solicitada teceram alguns comentários:

A constante elástica de uma mola tem como seu valor a intensidade da força necessária para deformar uma mola, podendo ser determinada através do seu período (aluno 01).

Na primeira questão todos os grupos tiveram praticamente a mesma idéia a mais "diferente de todas" foi através da energia pontencial elastica que a principio é a mais dificil de ser trabalhada,tanto que ninguem conseguiu desenvolver sua pesquisa através da energia pontencial elastica.Poderia tambem ser determinada a constante elastica através de um cronômetro e do número de oscilações ,usando um raciocinio periódico, mas dificilmente seria feito (aluno 12).

No cálculo para a determinação da constante elástica da mola que tínhamos em mãos, além da Lei de Hooke ($F = kx$), poderíamos ter usado outra fórmula, a do período de um pêndulo elástico $T = 2\pi\sqrt{m/k}$, sendo T o período da oscilação da mola, m a massa presa a extremidade e K a constante elástica a determinar, fazendo os cálculos encontraríamos o mesmo resultado só que de outra maneira (aluno 30).

Outra maneira de calcular a constante da mola seria pela energia potencial elástica, na qual $E = 1/2kx^2$, mas devido à falta de recursos para calcular a energia não foi possível determinar a constante por esse método (aluno 33).

Observou-se, junto aos grupos de alunos que determinaram a força-peso aplicada à extremidade da mola utilizando um dinamômetro, a necessidade de tomarem cuidado com o dinamômetro utilizado para a medida, pois, em função do excesso ou mal uso a mola desse dinamômetro pode sofrer fadiga comprometendo a qualidade do resultado determinado.

Alertou-se também para a necessidade de verificar se os dinamômetros estavam aferidos antes de fazer as referidas leituras, bem como quanto observar a possibilidade de cometer erros no processo de medida da deformação elástica (Δx) sofrida pela mola. Observou-se ainda a importância do posicionamento da pessoa, buscando ajustar a sua linha de visão perpendicularmente à linha de leitura do instrumento de medida utilizado, sendo também fundamental observar antecipadamente a qualidade e a

precisão do instrumento de medida (régua, paquímetro, micrômetro, entre outros.) utilizado.

Em virtude das discussões realizadas nos aspectos acima mencionados ocorreram nos relatórios finais algumas manifestações:

O grupo optou por achar a força peso através de um dinamômetro, o que aprendemos não ser o mais correto porque os dinamômetros poderiam estar viciados, com suas molas cansadas [...] (aluno 21).

A partir de pesquisas e procedimentos dos grupos entramos em uma discussão em sala sobre tal assunto, e analisamos alguns pontos importantes nesse trabalho como: os procedimentos desenvolvidos para determinar a constante elástica de uma mola, onde a maioria usou a balança analítica para determinar a massa dos corpos que foram suspensos nas molas, e com o cálculo da variação na deformação da mola aplicada a lei de hooke obtiveram o resultado. Alguns utilizaram o dinamômetro para medir a força que foi exercida nas molas, e nesse caso entra em discussão a fadiga das molas do dinamômetro (deformação viciada por tempo de uso ou outro fator) e vimos que isso pode causar um erro no cálculo, concluindo que o melhor seria usar a balança analítica que trás um resultado mais preciso (aluno 14).

Quanto a melhor forma de medir a força necessária para provocar uma deformação longitudinal linear na mola, algo que não pensamos foi que o dinamômetro utilizado para essa medição poderia estar viciado devido ao seu tempo de uso e também por ser constituído de uma mola que não está livre da chamada "fadiga da mola" (que é quando a mola é submetida a tensões maiores do que suporta). (aluno 30)

A respeito sobre a questão experimental, algumas formas no procedimento foram diferentes da nossa usada. Por exemplo, a questão do cálculo do peso na balança, isso se devia ao fato dos dinamômetros usados estarem apresentando fadiga da mola, ou seja, estavam "cansados". Essa fadiga ocasionada por mal uso de alguns estudantes quando ultrapassavam da escala, esticando demasiadamente o dinamômetro, fazendo com que a mola quase sofresse uma deformação plástica (mantendo a deformação, mesmo que não houvessem mais a aplicação da força) alterando a sua constante elástica e posteriormente medindo o peso de forma errada (aluno 36).

Estou comparando idéias entre o meu grupo e outros grupos com diferentes alternativas, em meu grupo constatei que não verificamos se o dinamômetro que nós usamos estava em perfeito estado de conservação podendo assim então gerar um erro em relação à massa do pezinho; utilizamos uma régua na medição da deformação da mola, aonde poderíamos ter utilizado um paquímetro que nos daria uma aferição mais precisa que a mola sofra ao colocarmos uma massa em sua extremidade (aluno 37).

Observou-se também, a partir dos equívocos percebidos nos dados coletados por meio dos pré-relatórios, a necessidade de promover maiores

discussões e, com isso, maiores esclarecimentos sobre as variáveis que podem influenciar na determinação da constante elástica de uma mola.

Definiu-se que a constante elástica é uma característica específica da mola em questão, não sendo igual para todas as molas por serem simplesmente todas constituídas do mesmo material. Existe a necessidade de que também sejam construídas com dimensões iguais e ainda estejam sujeitas a idênticas condições de uso e de temperatura, pois molas sujeitas a um esforço repetitivo e constante e à deformações extremas podem perder suas propriedades elásticas em função de fadiga ou por sofrerem deformações plásticas. Referências a essa ocorrência podem ser observadas nos seguintes relatos:

[...] o tipo de material utilizado na fabricação da mola, assim como, o número de espiras encontradas em um determinado comprimento dessa mola, que são variáveis que influenciam diretamente na capacidade de deformação e na força que ela necessita para sofrer uma deformação (aluno 13).

[...] fadiga ocasionada por mal uso de alguns estudantes quando ultrapassavam da escala, esticando demasiadamente o dinamômetro, fazendo com que a mola quase sofresse uma deformação plástica (mantendo a deformação, mesmo que não houvessem mais a aplicação da força) alterando a sua constante elástica e posteriormente medindo o peso de forma errada (aluno 36).

A constante elástica é um valor não tabelado, pois existem muitas variáveis em questão como número de voltas, diâmetro do arame, diâmetro da mola, material, comprimento inicial e densidade de espiras (aluno 39).

As molas conforme vão sendo usadas acabam sofrendo fadigas em seu material, pois ao esticar e comprimir constantemente a mola acaba tendo um aquecimento do material, assim a estrutura física do material acabam se modificando e tornam-se quebradiças (aluno 43).

5.2.1.2 ATIVIDADE 2

Na segunda atividade proposta pelo PGD II, foi solicitado aos alunos que determinassem a intensidade da força aplicada por uma pessoa ao exercitar-se utilizando o aparelho de ginástica proposto pelo problema gerador apresentado no **QUADRO 4**. Solicitou-se também, a determinação da massa que deveria ser levantada em um aparelho convencional, que utiliza cordas e

roldanas, para realizar o mesmo esforço físico calculado no aparelho de ginástica indicado no problema.

Para a realização dessas atividades os alunos precisaram primeiramente interpretar o enunciado do problema e o esquema representado na figura. A partir dessa interpretação puderam verificar as características das forças atuantes no sistema (intensidade, direção e sentido), bem como as leis físicas que regeram o fenômeno apresentado. Porém, para a realização da tarefa proposta ainda precisaram interpretar o esquema em que as forças aplicadas se apresentaram a fim de permitir a aplicação de conhecimentos matemáticos e as equações físicas, sem as quais não seria possível chegar ao resultado solicitado.

A partir da leitura dos pré-relatórios entregues pelos grupos, percebeu-se que as questões relacionadas à segunda atividade do PGD Aparelho para Ginástica foram solucionadas pelos alunos em seus grupos sem grandes dificuldades. Os raciocínios considerados mais relevantes empregados pelos grupos para a resolução dessa atividade podem ser recebidos no **QUADRO 6**.

2.1-Com o método de Pitágoras, descobrimos o valor do comprimento final de ambas as molas, resultando em 0,5m. Considerando o comprimento inicial das molas igual a 0,4m, conclui-se que a deformação foi de 0,1m. Considerando também a constante elástica da mola igual a 1.200N/m, conclui-se que a força empregada em cada mola para movê-la 0,1m é de 120N. Decompondo as forças, encontramos a força resultante (F_r) conforme as imagens abaixo:

Aplicando Pitágoras no triângulo retângulo $\triangle ABD$, encontramos o valor de 50cm para a hipotenusa. Aplicando $\text{sen } \hat{a} = \text{cateto oposto} / \text{hipotenusa}$, temos $40/50 = 0,8$. Logo, $\text{sen } 0,8 = 53,13^\circ$. Decompondo as forças e aplicando a Lei dos cossenos $a^2 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos \hat{A}$, temos: $F_r = \sqrt{(120^2 + 120^2 - 2 \times 120 \times 120 \times \cos 73^\circ 74'')}$ e $F_r = 144N$.

2.2-Considerando a força necessária para mover as molas igual a 144N e "g" igual a $9,8\text{m/s}^2$, temos: $F = m \times a$, $144 = 9,8 \times m$ e $m = 14,694\text{kg}$ (alunos, grupo A).

2- Analisando separadamente a mola CB, vemos que a deformação da mola após uma distância "d" do ponto de partida de um dos lados é obtida por triângulo de Pitágoras, pois a distância "d" é o cateto oposto (PB) ao ângulo que a mola faz com a parede por seu outro lado estar fixado na parede. O cateto adjacente (L/2) é igual à metade do comprimento das duas molas ainda indeformadas, sendo L igual a 0,8m, logo sua metade equivale a 0,4m e a hipotenusa (CB) corresponde ao comprimento da mola

após ser distanciada 0,3m da parede. Temos: $(CB)^2 = (PB)^2 + (L/2)^2$, $(CB)^2 = 0,3^2 + 0,4^2$, $(CB)^2 = 0,25$ e $CB = 0,5m$. Se o comprimento inicial da mola era 0,4m e o final de 0,5m, temos uma deformação de 0,1m. Sendo o coeficiente de deformação 1200N/m, obtemos uma força componente (F_1) da resultante usando a fórmula $F_1 = k \cdot x$, então: $F_1 = k \cdot x$, $F_1 = 1200 \cdot 0,1$ e $F_1 = 120N$

A componente $F_{1,2x}$ é a resultante das forças, para determiná-la precisamos determinar o ângulo que a componente F_1 faz com F_{1x} . Então por relação $\text{tg}C = \frac{3}{4} = 0,75$ do nosso "triângulo pitagórico", com auxílio da calculadora determinamos por inversa da tangente que o ângulo que F_1 faz com F_{1y} é de aproximadamente 37° .

Para obtermos o ângulo de F_1 com F_{1x} , basta diminuirmos 37° de 90° obtendo 53° , pois o eixo x e y formam um ângulo de 90° . Feito isto, temos:

$$\cos 53^\circ = 0,602, F_{1x} = F_1 \cdot \cos 53^\circ \text{ e } F_{1x} = 72,24N \text{ (aproximadamente).}$$

Como as duas molas são idênticas temos duas forças componentes F_1 e F_2 então $F_1 = F_2$, logo temos $F_{1,2x}$ igual à soma das componentes das forças:

$$F_{1,2x} = F_{1x} + F_{2x}, F_{1,2x} = 72,24 + 72,24 \text{ e } F_{1,2x} = 144,48N \text{ (aproximadamente)}$$

2.1- Como o levantamento de uma determinada massa vai ocorrer na vertical, temos:

$$a = 9,8m/s^2, F = F_{1,2x} = 144,48N \text{ (aproximadamente)}$$

$$F = m \cdot a, 144,48 = m \cdot 9,8 \text{ e } m = 14,743Kg \text{ (aproximadamente)}$$

Assim concluímos que o esforço realizado no aparelho é equivalente ao levantamento de uma massa de aproximadamente 14,743Kg (alunos, grupo B).

Partindo de que temos duas molas com 40 cm, distantes entre si 80 cm e um coeficiente de deformação de 1,2 KN/m queremos saber qual a força que tem de ser aplicada para obter uma distância de 30 cm, perpendicular a parede que suporta o aparelho.

Começamos colocando todas as medidas no S.I, depois disso utilizamos as medidas da parede em que o aparelho estava, e a distância do centro onde as duas molas eram fixadas. Aplicamos o teorema de pitágoras que tínhamos conhecimento a partir do que se pedia q achamos o tamanho da mola estendida, que foi de 50 cm, com isso axamos o quanto a mola foi deformada, subtraindo o comprimento inicial do final. Logo após isso calculamos a força para cada mola e somamos. O resultado de todo esse processo foi de 240 N.

$$k^2 = d^2 + (L/2)^2$$

$$k^2 = 30^2 + (80/2)^2$$

$$k^2 = 900 + 1600$$

$$k = 50 \text{ cm}$$

$$F = F' + F'' \quad F = 120 + 120$$

$$F = k \cdot \Delta x$$

$$F = 1200 \cdot (0,5 - 0,4)$$

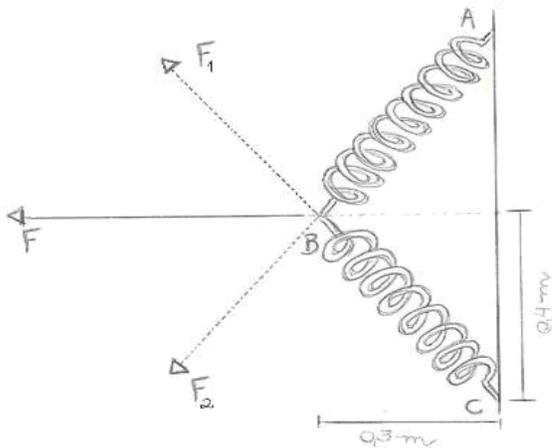
$$F = 1200 \cdot 0,1$$

$$F = 120N$$

$$F = 240 N$$

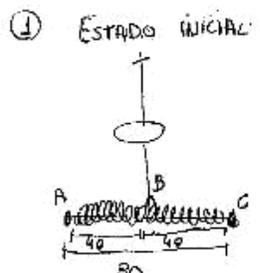
2.1) Concluímos que com o esforço realizado na situação anterior (ex 2) podemos levantar uma massa de aproximadamente 24,490 Kg, utilizando a seguinte formula: $F = m \cdot a$, F igual á força realizada e a igual á aceleração da gravidade ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) $240 = m \cdot 9,8$, $m = 24,490 \text{ Kg}$

(alunos, grupo C)

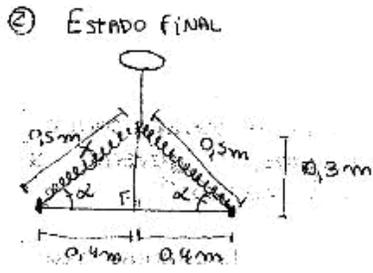


(alunos, grupo E)

① ESTADO INICIAL



② ESTADO FINAL

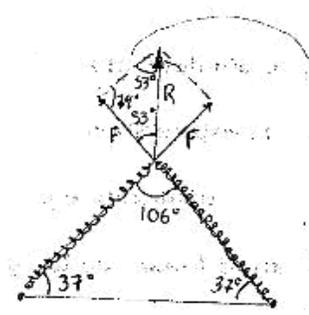
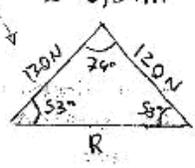


$\frac{0,5}{\sin 30^\circ} = \frac{0,3}{\sin \alpha} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{0,3}{0,5} = 0,6 \text{ m}$
 $\alpha \approx 37^\circ$

$x^2 = (0,3)^2 + (0,4)^2$
 $x^2 = 0,09 + 0,16$
 $x = \sqrt{0,25}$
 $x = 0,5 \text{ m}$

③ DETERMINAÇÃO DA FORÇA

$K = 1,2 \text{ KN/m} \Rightarrow DK = 1200 \text{ N/m}$
 $x = \Delta L - \Delta L_0$
 $x = 0,5 - 0,4 = 0,1$
 $\therefore F = K \cdot x$
 $F = 1200 \cdot 0,1$
 $F = 120 \text{ N}$

COMO AS MOLAS POSSUEM A MESMA DEFORMAÇÃO
 E CONSTATANTE ELÁSTICAS ELAS SÃO IGUAIS.

RESOLVENDO PELO TEOREMA DOS CO-SENIOS:

$R^2 = F^2 + F^2 - 2F \cdot F \cdot \cos 74^\circ$ $R^2 = 120^2 + 120^2 - 2 \cdot 120^2 \cdot 0,276$
 $R^2 = 28800 - 28800 \cdot 0,276$ $R^2 = 28800 - 7948,8$
 $R^2 = 20851,2$ $R = 144,399 \text{ N}$

(alunos, grupo K)

QUADRO 6 – Procedimentos dos grupos, Atividade 2, PGD II
 Fonte: Autoria própria.

Concluiu-se, por não terem apresentado relato de procedimentos para solucionar a questão, que os alunos do grupo F foram os únicos que não conseguiram resolver o problema proposto. Observa-se, nos dados contidos no **QUADRO 6** que em dois grupos, C e E, a solução do problema proposto foi parcialmente atingida.

Os alunos do Grupo C não perceberam que as forças indicadas na figura não se encontravam na mesma direção, por isso, a força resultante não poderia ser determinada pela simples adição de suas intensidades. Os alunos do Grupo E, por sua vez, realizaram todos os cálculos corretos, porém,

equivocaram-se na representação do sentido com que agiam as forças exercidas pela mola.

Durante o processo das discussões no grande grupo foram observados e comentados os equívocos cometidos promovendo-se, dessa forma, explicações sobre a forma correta de resolver as questões dessa atividade.

Na entrega dos relatórios finais e individuais, após as discussões, os alunos dos grupos que cometeram equívocos na resolução do problema proposto limitaram-se, na grande maioria, a apresentar os cálculos de forma correta, reproduzindo os procedimentos corretos apresentados pelos demais alunos e professor durante o processo das discussões. Destacam-se apenas dois comentários, de um aluno do grupo C e outro do grupo E reconhecendo os enganos cometidos pelos seus grupos:

Na parte do exercício dois calculamos errada a força resultante [...] achamos a deformação por Pitágoras calculamos a força exercida na mola e somamos as forças das molas obtendo 240 Newtons (aluno 32, membro do grupo C).

A maneira como representamos as forças exercidas nas molas estava equivocada. Como fizemos, as forças não representavam a força restauradora que as molas possuem (aluno 30, membro do grupo E).

5.2.1.3 ATIVIDADE FINAL

A terceira e última atividade proposta pelo PGD II solicitou aos alunos uma pesquisa sobre as diferentes tecnologias disponíveis para a realização de ginástica e/ou obtenção de melhores performances esportivas ou utilizadas para o desenvolvimento muscular.

Partindo dessa pesquisa a atividade também solicitou que os alunos, dentro dos grupos, discutissem os benefícios e malefícios de cada uma dessas tecnologias, levando em consideração diversos aspectos: social, ético, político, moral, ambiental, etc.

Após o desenvolvimento dos trabalhos nos grupos ocorreram as entregas dos pré-relatórios. As contribuições consideradas mais relevantes foram registradas no seguinte quadro:

	TECNOLOGIAS	VANTAGENS X DESVANTAGENS
Grupo C	Anabolizantes Powerball	Crescimento dos músculos, podem ser usados para combater, anemias, atrofias musculares, e alguns tipos de câncer. X podem causar alterações no comportamento e falhas na memória. Fortalecer músculos e prevenção à LER X Não há relatos de malefícios.
Grupo D	Anabolizantes Aparelhos Mecânicos	Melhor aparência, ganho acelerado de massa muscular X Prejudica a saúde do corpo principalmente no futuro, provoca dependência química e risco de morte nos casos de excesso ou mal uso da droga. Melhor desenvolvimento dos músculos de forma localizada X Deve-se realizar exercícios aeróbicos em conjunto para que a resistência do organismo acompanhe o crescimento da massa muscular.
Grupo E	Eletro-estimulação Tênis com amortecedores Maiôs para natação	Tonificação dos músculos, aumenta a circulação sanguínea da região, melhora a oxigenação celular, e o fluxo linfático X Não há efeitos negativos relacionados. Diminuem o impacto evitando lesões X Não há efeitos negativos relacionados. Aumentam a flutuação e diminuem a resistência do corpo com a água X Não há efeitos negativos relacionados.
Grupo G	Aparelhos de eletro-estimulação	Localiza melhor os exercícios; pode ser usado, praticamente, em qualquer lugar e a qualquer hora; anatômico; por constituir-se em grande parte de compostos eletrônicos, gera uma grande quantidade de empregos na sua montagem, na montagem das peças, na extração de matéria prima, etc; por suas características e especificidades, é altamente competitivo no mercado; comodidade; etc. X O seu uso gera um desconforto momentâneo; necessita de baterias, onde estas, se não receberem o destino correto, impactarão o meio ambiente: poluirão rios, lagos e do solo, causarão a morte de animais que entrarem em contato com as substâncias do interior da bateria, etc; alto custo comercial, o que exclui boa parte do mercado consumidor; é apenas um complemento para os exercícios convencionais, pois não causa o mesmo resultado de um aparelho de academia; etc.
Grupo H	Anabolizantes	Aumento da síntese protéica, redução do tempo de recuperação do tecido muscular, aumento da massa e força muscular, aumento do apetite, aumento da remodelagem e crescimento ósseos e estímulo da medula óssea, aumentando a produção de células vermelhas do sangue X hipertrofia clitoriana (nas mulheres) e peniana (em jovens do sexo masculino), aumento de pêlos, aumento das cordas vocais (voz mais grave), aumento da libido, supressão dos hormônios sexuais endógenos e diminuição na espermatogênese, elevação da pressão sanguínea e dos níveis de colesterol, aumentando o risco de ocorrer uma doença cardiovascular ou doença da artéria coronária, ocorrência de acne, devido à estimulação das glândulas sebáceas, conversão da testosterona para DHT (Dihidrotestosterona) o que acelera ou causa calvície precoce e câncer de próstata.

QUADRO 7 - Vantagens e desvantagens de tecnologias para desempenho físico e/ou esportivo
Fonte: Autoria própria.

Entende-se que os dados expostos no **QUADRO 7** indicam a ocorrência de atividades de pesquisa, por parte dos alunos, para a busca de

informações sobre as tecnologias e sobre os efeitos por elas causados quando do seu uso para a realização de atividades físicas. As considerações apresentadas pelos grupos e citadas nesse quadro representam, em síntese, todas as idéias relatadas ou situações abordadas por todos os pré-relatórios entregues. Dessa forma, a etapa das discussões junto ao grande grupo resultou muito mais em uma sessão de trocas e complementos de informações do que propriamente em discussões.

Houve um bom entendimento sobre praticamente todos os pontos observados, apenas com uma ou outra intervenção por parte dos alunos de determinados grupos dando ou complementando informações sobre os efeitos do uso de uma determinada tecnologia citada por eles, mas não citada por outros grupos. Outro aspecto interessante abordado pelos alunos foi a inexistência de confirmações científicas sobre efeitos positivos ou negativos do uso de determinadas tecnologias colocadas à venda no mercado, entre elas foi discutido o uso dos aparelhos de estimulação elétrica.

Dentre as tecnologias alternativas citadas no trabalho evidenciou-se, pela freqüência com que foi relacionada nos pré-relatórios, a preocupação dos alunos em discutir os efeitos do uso dos produtos químicos anabolizantes. Entende-se que o comentário tecido pelo aluno 30 em seu relatório final, traduz, em síntese, como ocorreram as discussões realizadas no grande grupo sobre o uso dos anabolizantes:

[...]foi abordado em sala de aula a questão dos anabolizantes, que são drogas relacionadas ao hormônio masculino (testosterona) e atuam no aumento de músculos, melhorando a performance e aparência física. Muitas pessoas chegam a tomar até produtos veterinários a base de esteróides para ter um corpo bonito, mas esses produtos podem trazer sérias complicações no organismo e levar até a morte (aluno 30).

E, em virtude das discussões realizadas, chegou-se ao consenso de que existe a necessidade, por parte da pessoa que pretende melhorar sua performance esportiva ou aumentar a massa muscular, de procurar orientações profissionais antes de adotar o uso de um determinado produto tecnológico.

Consultar um médico antes do uso de produtos químicos e/ou suplementos alimentares, um profissional ortopedista ou professor de educação física antes de iniciar e durante a realização de atividades em

academias e até mesmo buscar informações técnicas em *sites* especializados ou junto a profissionais da área esportiva, buscando comprovar a eficiência das tecnologias disponíveis: roupas, tênis ou aparelhos elétricos de estimulação muscular, entre outros, são atitudes preventivas de extrema importância.

As novas tecnologias inseridas no mercado podem melhorar muito o desempenho do atleta ou esportista interessado, mas também se forem utilizadas de forma excessiva ou inadequada, podem trazer sérios reflexos previstos ou não pela química médica. Portanto, caracterizo esse tópico de forma subjetiva, já que se o indivíduo utilizar as tecnologias corretamente, e com acompanhamento médico, o fará bem, mas por outro lado se aquelas forem usadas de forma incorreta, podem fazer com que o organismo do consumidor venha a reagir tragicamente. Respeitam as indicações do rótulo do produto os que pretendem bons resultados sem efeitos colaterais e não estão dispostos a gastar mais dinheiro com instrução médica. Só esperamos que as indústrias produtoras de anabolizantes respeitem as leis do fabricante com ética (aluno 11).

Na discussão das tecnologias alternativas para melhor performance esportiva, vimos algumas como os anabolizantes esteróides, suplementos alimentares, novos tipos de equipamento, planejamento de um melhor treino com um especialista no assunto. Concluímos que depende do que a pessoa que se utiliza dessas técnicas deseja, sendo que cada caso é um caso e deve ser analisado mais profundamente para concluir algo mais concreto quanto aos malefícios e benefícios do uso dessas técnicas (aluno 14).

Outra questão importante levantada no processo das discussões esteve relacionada à influência ou pressão psicológica exercida pela sociedade sobre os indivíduos, à medida que se estabelece um padrão de beleza:

É certo que a sociedade contemporânea exige um padrão de estrutura física, na qual todos nos estamos sujeitos. Muitos daqueles que não conseguem chegar ao parâmetro mínimo são, na maioria das vezes, rejeitados pela sociedade, com isso esses indivíduos podem apresentar sérios problemas psicológicos. E para tentar reverter essa situação recorrem a alternativas rápidas para se obter o resultado desejado, e estas podem não ser saudáveis e nem seguras (aluno 33).

E, em função dessa imposição, o cidadão pode ver-se impelido a consumir produtos tecnológicos sem o devido conhecimento sobre seus efeitos. Outra possível forma de influência sobre a decisão do cidadão, segundo os alunos, são as propagandas. As propagandas contribuem para o desenvolvimento do hábito de consumo de produtos tecnológicos. Essas

discussões geraram relatos nos quais os alunos comentam que as propagandas sobre os produtos tecnológicos apresentam:

[...]um caráter apelativo e atraente [...] refletem uma idéia que as pessoas que o adquirirem irão ficar com a mesma forma dos modelos na televisão desconsiderando um exame médico indispensável, ainda mais quando é um ganho rápido de massa, com casos de pessoas hipertensas, transplantadas ou diabéticas.[...] Em todos os casos citados e discutidos em grupo, informam a responsabilidade do engenheiro no planejamento e produção desses equipamentos, tendo como foco as necessidades do correto uso do consumidor final, o mercado de trabalho, seus impactos causados, a matéria prima envolvida, a qualificação da mão de obra para confecção dos produtos, o uso de energia, etc. (aluno 36).

Propagandas dizem que produtos desse tipo fazem milagres e quase nunca o resultado é o esperado ao comprarmos esses produtos. Nem sempre o chamado "custo-benefício" se relaciona apenas ao preço e a produção. O resultado deve ser o esperado pelo cliente sem causar danos a ele ou a outras pessoas e instituições (aluno 20).

Por isso, concluiu-se durante as discussões pela necessidade do cidadão ao adotar o uso de uma determinada tecnologia ficar atento às normas para sua utilização. E a obrigação do engenheiro, responsável pela elaboração de novas tecnologias, agir de forma competente, consciente e ética para que os produtos por ele elaborados ao serem lançados no mercado não provoquem danos, diretos ou indiretos, à saúde dos futuros consumidores desse produto.

O que se pode concluir é que uma tecnologia deve ser muito bem estudada e pesquisada antes de ser aplicada, o engenheiro, projetista ou desenvolvedor do produto deve-se levar muito em conta a saúde, a boa fé e responsabilidades sociais antes de lançar um produto no mercado (aluno 20).

Dessa forma, observou-se que em sua atuação o engenheiro deve preocupar-se com diversos fatores referentes à produção ou decorrentes dela. Entre esses fatores, os efeitos sobre a sociedade e sobre o ambiente decorrentes dos resíduos liberados após a produção, bem como devido ao uso e o descarte do produto depois de usado ou de elementos relacionados ao produto como a sua embalagem ou invólucro.

Nesse aspecto, foi levantada a questão da importância da averiguação das hipóteses através de pesquisa, da organização da análise da experiência - de acordo com os aspectos enunciados - pontualmente e da preponderância da lei para a adoção de

procedimentos de produção como reflexo direto da responsabilidade do engenheiro (aluno 41).

Para complementar as atividades desenvolvidas pelos alunos no PGD II, o professor solicitou-lhes uma análise pessoal sobre o uso do aparelho de ginástica proposto no problema a partir de comparações com os aparelhos tradicionais, baseados na elevação de pesos por meio de cordas e roldanas. Esse assunto não entrou em pauta durante as discussões, dessa forma, o professor solicitou a apresentação dessa análise como uma questão extra a ser desenvolvida e apresentada como anexo junto aos relatórios finais.

Percebeu-se a partir dos relatos que os alunos, de forma geral, disseram que o uso do aparelho com molas é desvantajoso em relação ao aparelho com cabos e roldanas. Como justificativa, afirmaram que a força aplicada na realização do exercício com esse aparelho não é sempre a mesma, variando conforme a deformação da mola.

O aparelho proposto no exercício não é de certa forma o mais adequado, pois a força aplicada nele se torna maior apenas no final do exercício, o que mostra que a força que é aplicada nesse aparelho não é constante. Só seria constante se fosse aplicado um sistema de roldanas nele. Uma observação importante de ser acrescentada é que a força exercida pela mola tem um valor específico e um ponto específico, pois a força varia conforme a variação varia (aluno 01).

Analizando os prós e contras do aparelho de ginástica mostrados no exercício verificou-se que ele não seria de bom uso em uma academia de musculação, por exemplo, pois com ele não temos uma força constante em toda a deformação da mola,...]. Sendo assim aconselhável os aparelhos que possuem cabos de aço e roldanas, que permitem exercícios que visam a hipertrofia, pois eles fazem com que o trabalho muscular seja o mesmo durante toda a prática do exercício muscular (aluno 21).

[...] o rendimento destes aparelhos é drasticamente reduzido, pois o "exercício" em si só começa a ser realizado a partir do momento em que a mola já atingiu sua deformação quase total e com isso apenas poucos músculos são utilizados na produção da força ainda necessária para a extensão máxima do aparelho, pois à medida que a mola se deforma a força que devemos aplicar para continuar essa deformação será aumentada [...]. Com o uso de roldanas ou cabos a situação se inverte, pois a força será sempre constante, proporcionando assim, considerando ainda um aparelho para exercícios físicos, uma melhor distribuição de forças e exercitando maior número de músculos com maior eficiência (aluno 13).

De forma especial, entende-se a necessidade de destacar o texto/análise enviado pelo aluno 05. Esse aluno, além de justificar a sua

posição contrária ao uso do aparelho baseado na deformação das molas em função da variação da força empregada no desenvolvimento do exercício físico, indicou uma situação em que essa relação de aumento de força proporcional à deformação pode ser útil. Esse mesmo aluno apresenta em seu relatório, ainda que indiretamente, uma possível solução ao problema apresentado pelas molas quanto ao seu uso nos aparelhos de ginástica a partir de uma pesquisa realizada sobre os diferentes tipos de mola existentes e suas aplicações, incluindo entre elas as de tensão constante:

O aparelho sugerido no exercício não é indicado para exercícios físicos, pois a força aplicada na mola é variável conforme sua deformação. O uso de roldanas é mais adequado neste caso, pois a força aplicada em todo o percurso do exercício físico é igual.

O uso da mola na suspensão de carros é ideal pois de acordo com a deformação da mola, uma força diferente é aplicada em resposta as irregularidades do terreno, possibilitando um maior conforto aos passageiros. Mas a esta regra há uma exceção que são as molas de tensão constante, descrita no texto retirado da apostila "Elementos de Máquinas I - Molas Helicoidais e Planas" do Prof. Dr. Auteliano Antunes dos Santos Júnior, do Departamento de Projeto Mecânico-FEM Unicamp:

"... Molas podem ter o formato de alavancas, mas as de uso comum na engenharia são as helicoidais, planas, prato e as de tensão constante. As primeiras são as mais utilizadas e podem ser vistas em torno do amortecedor de carros de passeio, em veículos ferroviários, nos suportes de máquinas ferramenta e em uma infinidade de outros lugares, nas mais diversas aplicações. Molas planas são utilizadas principalmente em veículos automotivos de carga, como carroceria de caminhões e camionetes. Molas prato (cônicas ou de Belleville) podem ser utilizadas para diferentes relações força deformação, dependendo da suas dimensões, e são úteis para aplicações especiais. Arruelas cônicas são uma variação desse tipo de mola. Molas de tensão constante são molas fabricadas como uma fita de aço levemente curvada, que é enrolada em torno de um pino. Essas molas têm esse nome porque causam uma força constante durante todo o desenrolamento, isto é, tem uma constante de proporcionalidade entre a tensão e a deformação, nula..."

Um exemplo para o uso da mola de tensão constante é o dispositivo que recolhe o cinto de segurança no veículos de transporte de passageiros. Outra informação interessante encontrada no texto é relacionada à torção de barras que atuam como molas e usadas também na suspensão de automóveis para estabilizar as rodas dianteiras, conhecidas como barras estabilizadoras (aluno 05).

Outro argumento apresentado em posicionamento contrário ao uso do aparelho baseado na deformação das molas deu-se em função de um aspecto já discutido nesse PGD: o desgaste ou fadiga que as molas sofrem devido ao seu contínuo e excessivo uso. Essa ocorrência foi registrada em alguns relatórios finais:

As molas conforme vão sendo usadas acabam sofrendo fadigas em seu material , pois ao esticar e comprimir constantemente a mola acaba tendo um aquecimento do material, assim a estrutura física do material acabam se modificando e tornam-se quebradiças (aluno 43).

Uma mola utilizada como aparelho de musculação tem menos eficiência do que aparelhos com roldanas, pois a mola tem um desgaste, no aparelho, maior do que as roldanas, pelo caso de ocorrer à fadiga das mesmas (aluno 01).

Em suas análises, alguns alunos também levaram a questão comodidade em consideração. Nesse caso, o uso dos aparelhos de ginástica tradicionais, com roldanas e cabos foi por eles considerado como mais cômodo e confortável do que o uso do aparelho proposto no problema gerador em função do posicionamento da pessoa ao realizar o exercício:

Comparando o aparelho de molas do exercício resolvido com um tradicional (roldanas e cabos), vimos que no caso da roldana fixa seria a mesma massa para o levantamento, mas entramos em discussão o porquê que em uma construção civil usam roldanas (fixas) para levar por exemplo tijolo do primeiro andar até o ultimo, e concluímos que é uma questão de conforto (aluno 14).

Exercícios com equipamentos que apresentam elementos com roldanas são interessantes auxiliando o movimento devido sua ação em varias posições tendo assim uma melhora na ergometria do corpo (aluno 43).

Apresentando uma visão um pouco mais ampliada, mas pouco relacionada à realidade do dia a dia, um dos alunos relata uma situação em que escolheria o aparelho baseado na deformação de molas em detrimento dos aparelhos tradicionais:

Um fato que acho interessante citar, é que no espaço aparelhos com molas são utilizados no lugar de aparelhos de roldana, já que no aparelho de roldana a força feita é para se levantar um determinado peso, e como no espaço não há gravidade esse aparelho se torna inútil, e no aparelho com molas a força feita é para deformar a mola, algo que não depende da gravidade (aluno 35).

5.2.1.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS: PGD APARELHO DE GINÁSTICA

Como efeito da aplicação do PGD Aparelho para Ginástica, pôde-se classificar como satisfatório o desempenho dos alunos ao realizar as atividades por ele propostas. Houve uma preocupação por parte dos alunos que ainda

não havia sido percebida ao, por meio de pesquisas, buscarem subsídios a fim de fomentar novos argumentos necessários para uma participação mais efetiva no processo das discussões.

Entende-se que também podem ser considerados satisfatórios os resultados obtidos durante as atividades de resolução do problema gerador e procedimentos experimentais realizados pelos alunos nos grupos, pois foram poucos os equívocos percebidos nos procedimentos desenvolvidos e relatados.

Observou-se na produção dos relatórios, uma suficiente quantidade e razoável qualidade das informações relatadas tanto no que se refere aos procedimentos desenvolvidos quanto às reflexões, análises e conclusões do grupo e/ou pessoais.

Nesse contexto, julga-se que o PGD Aparelho para Ginástica exerceu importante papel junto ao processo de ensino e aprendizagem, pois, por meio das atividades propostas, os conhecimentos científicos anteriormente trabalhados nas atividades habituais da disciplina (operações com vetores, geometria e trigonometria do triângulo retângulo) foram utilizados em busca da solução a um problema complexo⁶ e aplicado no contexto da Engenharia.

Outro aspecto positivo observado na aplicação do PGD II relacionou-se à oportunidade por ele criada para promover a inserção, junto às atividades de ensino e aprendizagem de Física em Engenharia, de discussões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade em sala de aula. Tem-se o apoio de Bazzo (2002) sobre esse argumento à medida que indica nas atividades de discussões CTS a criação de ambientes motivadores e a promoção de ações e reflexões por parte dos alunos, sendo essas contribuições fundamentais no processo de formação do engenheiro.

A sociedade civil no Brasil, bem como em todo o mundo, vem sofrendo em função dos problemas decorrentes do uso, principalmente pela população mais jovem, de produtos químicos e da população em geral pelo uso indiscriminado de produtos tecnológicos. Quando o PGD promove discussões na sala de aula sobre o uso das tecnologias, sem fugir do contexto da Física ou

⁶ Classifica-se, nesse trabalho, um problema como sendo complexo quando, para a sua solução, são exigidas reflexões e desenvolvimento de raciocínios teóricos e de cálculo e não somente a aplicação de fórmulas, leis e conceitos prontos.

da Engenharia, permite expor aos alunos a preocupação da sociedade e ao mesmo tempo mostrar de forma espontânea os efeitos decorrentes, por exemplo, do uso das “drogas” sobre o organismo humano e do uso ou produção de produtos tecnológicos.

Dessa forma, entende-se que as discussões sobre as vantagens e desvantagens do uso das tecnologias realizadas no PGD Aparelho para Ginástica deram efetiva parcela de contribuição ao processo de conscientização do aluno, enquanto cidadão consumidor e futuro profissional criador de tecnologias. Essa contribuição ocorreu à medida que as atividades realizadas promoveram um processo de construção junto a esse aluno do hábito de refletir sobre os benefícios e malefícios antes de decidir pelo uso ou produção de determinada tecnologia ou processo tecnológico. Contudo, o engenheiro não deve ser o único responsável pela tomada de decisão, por isso, exercitar o confronto de idéias, argumentação e negociação é tarefa importante no processo de formação humanista do aluno de Engenharia. Papel esse que se julga também ter sido exercido pelo PGD II.

Não obstante, nesse contexto, é pertinente referir-se a Santos e Mortimer (2001) à medida que comentam que no processo de formação do aluno para a tomada de decisão, será tão importante obter conhecimento sobre as vantagens e desvantagens ou benefícios e malefícios para definir a escolha de uma determinada tecnologia ou processo quanto se julga necessário o desenvolvimento de valores.

Nesse sentido, entende-se que as discussões sobre o uso de anabolizantes, a realização de exercícios físicos, o uso de aparelhos de eletro-estimulação, a necessidade de acompanhamento médico, orientações técnicas e de profissionais especializados e a busca de conhecimentos sobre os reais efeitos do produto sobre o objetivo idealizado, foram fundamentais para o desenvolvimento junto aos alunos desses valores. Para Santos e Mortimer (2002, p.05):

Será por meio da discussão desses valores que contribuiremos na formação de cidadãos críticos comprometidos com a sociedade. As pessoas, por exemplo, lidam diariamente com dezenas de produtos químicos e têm que decidir qual devem consumir e como fazê-lo. Essa decisão poderia ser tomada levando-se em conta não só a eficiência dos produtos para os fins que se desejam, mas também os seus efeitos sobre a saúde, os seus efeitos ambientais, o seu valor econômico, as questões éticas relacionadas a sua produção e

comercialização. Por exemplo, poderia ser considerado pelo cidadão, na hora de consumir determinado produto, se, na sua produção, é usada mão-de-obra infantil ou se os trabalhadores são explorados de maneira desumana; se, em alguma fase, da produção ao descarte, o produto agride o ambiente; se ele é objeto de contrabando ou de outra contravenção, etc.

Por fim, seguindo a linha de raciocínio de Silva e Cecílio (2007), entende-se que as atividades desenvolvidas de acordo com a Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões, promoveram, junto aos alunos, maior iniciativa e colaboração no processo de construção de uma aprendizagem reflexiva e crítica sendo que, nesse processo, coube ao professor adaptar-se à função de mediador no processo de ensino e aprendizagem

5.2.2 OS DEMAIS PGDs APLICADOS

5.2.2.1 PGD CUSTO DA MÃO-DE-OBRA NA PRODUÇÃO DO PÃO

Esse foi o primeiro PGD aplicado na pesquisa. Suas atividades ocorridas nos dias 11 e 12 de agosto de 2008, com exceção da elaboração do relatório final, foram desenvolvidas em sala de aula. Teve participação efetiva nas atividades desse PGD um total de 39 alunos. Para o desenvolvimento das atividades, inclusive a elaboração do pré-relatório, foi necessário o uso de 7 horas-aula. A partir das solicitações feitas pelos alunos para aumentar o prazo de tempo para elaborar os relatórios, decidiu-se por não realizar as atividades dos demais PGDs em dias consecutivos.

Esse PGD (**QUADRO 8**) apresentou como problema gerador uma situação relacionada à produção do pão feito em casa e feito na padaria. O problema em questão é considerado gerador ao apresentar-se como um elo de ligação entre conhecimentos científicos (sistemas de unidades de medidas, realização de medidas de volume e/ou massa de sólidos, líquidos e gases), processos tecnológicos (uso de diferentes tecnologias quanto aos recursos energéticos, artefatos tecnológicos, procedimentos e processos) e questões sociais e ambientais.

Problema Gerador	<p>“Fazendo uma comparação entre o pão feito em casa e o pão produzido na padaria, proponha procedimentos para determinar o valor atribuído à mão-de-obra, na produção caseira, para que duas porções iguais de pão, produzidas em casa e na padaria, tenham o mesmo valor.”</p>
Formação Profissional	<p>Atividades:</p> <p>1-Dada a receita, determine o custo, em reais e as correspondentes medidas, no Sistema Internacional, das porções de sal e leite indicadas:</p> <p>* Receita: Pão-de-leite: 3xícaras de trigo; 1 colher de sopa de açúcar; 1/2colher de sopa de sal; 1 colher de sopa de fermento granulado; 2 colheres de sopa de margarina; 2 xícaras de leite e 2 ovos.</p> <p>* Preparo: juntar água morna até dar ponto, amassar, montar o pão em uma forma, deixar a massa descansar e crescer e assar por 40 minutos em forno com temperatura alta.</p>
Formação para a Cidadania	<p>2-Pré-relatório com identificação dos alunos do grupo;</p> <p>2.1- Título da pesquisa;</p> <p>2.2- Procedimentos desenvolvidos e procedimentos propostos;</p> <p>2.3-O pão pode ser produzido em um processo menos tecnológico, feito à mão e assado em forno à lenha ou em um processo mais moderno, feito à mão e assado em forno a gás ou ainda em uma máquina elétrica de fazer pão. Indique comparativamente os benefícios e malefícios de cada um dos processos;</p> <p>2.4-Fazer pão é uma técnica ou uma tecnologia?</p> <p>2.5- Conclusões do grupo.</p> <p>3-Entregar o pré-relatório para conferência do professor;</p> <p>4-Discussões;</p> <p>5-Entrega do relatório final via e-mail, cd ou disquete.</p>

QUADRO 8 – PGD I (Custo da mão-de-obra na produção do pão)

Fonte: Autoria própria.

Para solucionar a questão do problema gerador, os alunos em seus grupos, precisaram primeiro reconhecer a existência das variáveis envolvidas na produção do pão caseiro, entre elas: custo dos ingredientes, custo da energia e o custo da mão-de-obra. Como a questão solicitava a elaboração de procedimentos, os alunos precisaram indicar de que forma eles fariam, por exemplo, para calcular o custo do açúcar contido em uma colher de sopa. Para realizar esse tipo de atividade os alunos em seus grupos colocaram seus conhecimentos prévios em discussão a fim de determinar a melhor forma de desenvolver a tarefa solicitada, ou seja, precisaram planejar sua ação.

A produção do pão envolve ingredientes e esses ingredientes devem ser medidos para que sejam utilizados na proporção correta indicada na

receita. Essa medida nem sempre corresponderá à medida padrão com que o ingrediente é comercializado no mercado (na receita o trigo é medido em xícaras e no mercado é vendido em quilogramas), o que exigirá a realização de conversões entre essas medidas para que se possa calcular o correspondente custo às porções de sal, açúcar, leite, etc., indicadas na receita.

Para indicar os procedimentos necessários na determinação do custo referente ao gás de cozinha consumido, primeiro o aluno precisa saber qual é a forma padrão de medida e comercialização do gás. Habitado com a medida usualmente trabalhada nas aulas de termodinâmica no ensino médio, o aluno precisa entender que diferentemente da termodinâmica em que o gás era medido em volume, o gás de cozinha tem o seu preço determinado em função da sua massa. Cabe aos alunos indicarem um procedimento que lhes permitam demonstrar no relatório uma maneira de determinar a massa do gás consumido durante o processo de assar o pão.

Em virtude dos argumentos apresentados, entende-se que ao planejar, raciocinar, refletir, confrontar idéias para elaborar os procedimentos solicitados pelo problema gerador o aluno estará, de forma participativa, desempenhando uma tarefa que contribuirá para o desenvolvimento de sua formação científica e tecnológica. Científica porque o aluno exercita seus conhecimentos prévios, aplicando-os em uma situação mais complexa. Tecnológica, porque se entende que utilizar-se de conhecimentos científicos para a elaboração de procedimentos técnicos também é uma das formas de desenvolver tecnologia.

Se a primeira atividade do PGD I solicitou a elaboração de procedimentos, a segunda atividade solicitou aos alunos que colocassem alguns desses procedimentos em prática, realizando medidas de massa e de volume, conversões entre as medidas determinadas na receita e as utilizadas no comércio e cálculos necessários para determinação do valor final solicitado.

Para o desenvolvimento dessa atividade, foram colocados à disposição dos alunos cinco tipos de recipientes que apresentavam dimensões, graduações e escalas distintas. E um conjunto contendo um recipiente cilíndrico, sem qualquer tipo de graduação, régua e paquímetro, caso decidissem pela determinação do volume utilizando seus conhecimentos matemáticos, (determinação da área da base e da altura e multiplicação dos

valores obtidos). Para a determinação da massa, os alunos tinham à sua disposição balança eletrônica digital, com precisão na casa do decigrama.

As atividades propostas nessa segunda etapa do PGD, assim como as solicitadas pelo problema gerador, visam contribuir junto ao processo de formação científica do aluno, porém também dão a sua parcela de contribuição junto à formação técnica, à medida que promovem o exercício das habilidades do aluno em operar instrumentos de medidas.

A terceira atividade proposta nesse PGD solicitou aos alunos que classificassem o processo de produção do pão como técnica ou como tecnologia. Propôs-se esse questionamento objetivando esclarecer junto aos alunos, ainda que de forma indireta a importância dos conhecimentos científicos junto a sua função de engenheiro, já que essa função não se restringe ao fazer, relacionado à técnica.

Cabe ao engenheiro analisar os processos e propor mudanças visando a sua eficiência. Se o aluno conseguir diferenciar técnica de tecnologia, será capaz de entender que uma pessoa não precisa ter conhecimentos científicos e tecnológicos para fazer um pão. Basta realizar a consulta a uma receita e ter habilidades suficientes para colocar essas orientações em prática. Todavia, precisa utilizar desses conhecimentos se pretende, por exemplo, construir uma nova máquina para produzir o pão ou elaborar uma nova receita buscando diferenciar as qualidades ou propriedades (textura, quantidade de carboidratos, gorduras, etc.) do pão a ser produzido.

Ainda que de forma básica, buscou-se promover junto aos alunos o entendimento de técnica como a habilidade mecânica de fazer algo e de tecnologia como algo mais complexo, podendo ser um processo produtivo, um artefato tecnológico ou a proposição de um simples procedimento experimental com a necessária utilização de conhecimentos científicos. Com o entendimento prévio do aluno sobre os conceitos de técnica e tecnologia buscou-se facilitar ao aluno o desenvolvimento do seu raciocínio junto ao próximo questionamento levantado.

Foi solicitada aos alunos uma avaliação sobre diferentes processos voltados para a fabricação do pão fazendo comparações entre eles e indicando seus benefícios e malefícios. Para essa avaliação alguns alunos precisaram realizar pesquisas em fontes externas às existentes em sala de aula na busca

de embasar seus argumentos a fim de defender seus pontos de vista na elaboração do relatório e durante o processo das discussões.

Entre os diversos aspectos cuja abordagem foi vislumbrada encontram-se praticidade, comodidade, conforto, mão de obra, tipo de energia, custo da energia, impacto ambiental decorrente do uso da energia e da produção, acesso à energia e à tecnologia utilizada no processo, entre outros.

Com a realização dessa atividade, buscou-se promover junto ao aluno de Engenharia o desenvolvimento do hábito de refletir sobre o uso, produção ou elaboração de um produto tecnológico, levando sempre em consideração a sua não-neutralidade. Objetivou-se, com o levantamento desse questionamento, promover por meio do PGD seu papel junto ao processo de formação acadêmica do aluno de Engenharia no aspecto humanístico, contribuindo para a sua formação enquanto cidadão.

Os dados coletados junto ao desenvolvimento dessa atividade mostram a forma com que os alunos procederam durante a realização das atividades propostas. Os dados das atividades realizadas junto ao PGD I e as análises realizadas podem ser observados no **APÊNDICE D**.

5.2.2.1.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS: PGD CUSTO DA MÃO-DE-OBRA NA PRODUÇÃO DO PÃO

Foram percebidas, a partir dos dados coletados na aplicação do PGD I, algumas dificuldades por parte dos alunos em realizar as atividades propostas:

1- Dificuldades de se expressar corretamente na forma escrita, observadas a partir da falta de qualidade e de detalhes nos relatórios entregues;

2- Dificuldades apresentadas por alguns alunos em realizar trabalhos em grupo, percebida pela falta de empenho, em alguns casos, ao realizar as tarefas propostas;

3- Dificuldade de se expressar na forma oral, percebida durante a etapa dos trabalhos de discussões e confrontos de idéias realizadas no pequeno e no grande grupo;

4- Dificuldades em construir relações entre conhecimentos científicos à questões mais voltadas para a cidadania como as sociais, ambientais, políticas, éticas, etc., entre outras.

Ocorreram equívocos por parte dos alunos na interpretação dos enunciados do PGD, erros nas transformações de unidades de medidas, dificuldades em usar termos científicos durante as discussões e nos textos dos relatórios, nas leituras erradas de volumes nos copos graduados e determinação da massa de sal sem desconsiderar a massa da colher em que esse sal estava contido.

Percebeu-se também uma aparente ineficiência das pesquisas realizadas pelos alunos na busca de informações que serviriam de subsídio ou argumentos para as suas discussões sobre as diferentes tecnologias relacionadas à produção do pão. Todavia, entende-se que as dificuldades acima relatadas não surgiram em decorrência da atividade PGD e sim em função das deficiências decorrentes da formação adquirida por esses alunos nos estudos no nível médio.

Por isso, entende-se que as atividades realizadas por esse PGD foram importantes para que o professor pudesse entender as dificuldades, relacionadas a conteúdos, apresentadas pelos alunos e permitiram ao professor realizar, durante o processo das discussões, as correções e explicações sobre os pontos em que essas dificuldades foram apresentadas.

A partir de comentários dos alunos apresentados no relatório final, também se permite concluir que as atividades realizadas nesse PGD contribuíram para que os alunos tivessem uma visão diferente da Física, até então entendida mais como um conjunto de conteúdos estanques e sem função muito bem definida no curso de Engenharia e dissociada de questões sociais e ambientais. Essa contribuição foi possível em função da contextualização das atividades realizadas no PGD e os constantes relacionamentos entre essas atividades e as atividades do engenheiro, feitos pelo professor, durante as discussões realizadas no grande grupo:

De forma geral a interação dos alunos com o professor foi muito útil, pois não apenas demonstrou a forma correta de obter os resultados, como também a importância de deixar inteligível os procedimentos projetados pelo engenheiro às pessoas responsáveis pela fabricação (aluno 01).

Desta forma, vejo que ao fim deste trabalho, tudo o que fiz foi válido. Isso porque encontrei companheiros com quem posso trabalhar e que não tem preguiça de o fazer, fiz interessantes descobertas em relação a unidades e medidas, pude enxergar melhor qual é o papel e as responsabilidades de um engenheiro dentro de um processo, percebi que devo me ater sempre aos detalhes relevantes a determinado processo, entre outras razões. Com relação ao tema, percebi no decorrer dos debates com meus colegas de grupo, com o professor e com a sala aonde meu grupo e eu pecamos, o que deveríamos ter feito, qual detalhe deveríamos nos ter atido e qual não, o que poderíamos fazer para concertar ou melhorar nosso trabalho, enfim, achei todas as aulas usadas para esse trabalho muito interessantes e as usarei, certamente, nos próximos trabalhos em que me envolver (aluno 04).

Existe uma infinidade de variáveis a ser considerado, como o custo de cada ingrediente que é usado na fabricação do pão, se esses ingredientes são de boa procedência, a questão da energia usada, de para onde vai o que resta nessa produção, a questão da mão-de-obra, qualificação da mesma e mais uma série de fatores que influenciam no decorrer do processo até chegar ao produto final. Todas essas variáveis precisam ser consideradas e todas essas considerações serão feitas por um engenheiro numa linha de produção, portanto não podemos deixar nada passar em branco, pois tudo influencia (de maneira mais ou menos efetiva) em como o produto final chegará ao mercado. Isso que essa atividade tornou mais claro, a relação de um engenheiro com seu meio de trabalho e o tamanho da responsabilidade que ele acarreta (aluno 16).

Concluí com este trabalho que não somente nosso grupo, mais a sala toda em geral deixaram muitos pontos importantes de lado e preferiu ficar com o básico para realizar a pesquisa e quando as dúvidas surgiram ninguém tinha dados suficientes para responder as questões. Muitas dúvidas foram construídas com a discussão sobre os resultados que cada grupo obteve em suas pesquisas, como qual método era mais eficaz, mais rápido, mais adequado ao seu tempo, mais econômico em relação à “combustíveis” utilizados nos fornos para a produção de pão e também em relação ao custo de compra de cada combustível desse, foi levado em conta os danos que são causados no meio ambiente para a obtenção de gás natural, por exemplo, que como os outros combustíveis citados podem ser utilizados no processo de fabricação de pão caseiro ou em larga escala em grandes indústrias, aspectos políticos e sociais que parecem não ter ligação com o que estávamos pesquisando, mas que foi percebido que são de grande importância para uma verdadeira e precisa análise para um possível planejamento (projeto) no futuro. Enfim, percebi que não devemos nos basear em hipóteses para supostamente afirmarmos uma idéia da qual não temos todos os dados necessários para garantir sua autenticidade (aluno 13).

Quando o professor propôs o trabalho, tentei primeiro entender a “física do negocio”, porque de inicio nosso grupo foi desenvolvendo as questões, mas as teorias estavam muito falhas e também havia mais matemática do que a física propriamente dita nas conclusões que chegávamos. Ao decorrer do mesmo, fui descobrindo que ao fazermos um simples pão de leite devemos analisar cada mínimo detalhe, desde os ingredientes (suas medidas, qualidade, densidade dos produtos, etc) até o modo como iríamos preparar (em forno elétrico, a lenha ou a gás). Tudo isso envolvia mais do que questões de praticidade, ou mesmo o sabor do produto final, envolvia questões

ambientais para a utilização de cada método de preparo do pão, o próprio gosto do consumidor, enfim uma infinidade de questões, que ao serem debatidas em sala de aula, ficaram um pouco confusas, devido a falta de detalhes técnicos e também as questões intrigantes que o professor fazia durante as apresentações de alguns grupos e quando os alunos falavam suas opiniões. Esse trabalho realmente acrescentou muito em nosso conhecimento, como o natural de qualquer ser humano, fiz um pré-julgamento após o professor nos ter proposto esse trabalho, fiquei feliz que ao final de tudo, meu pré-julgamento sobre a atividade estava errado, o trabalho agregou muito mais conhecimentos do que muitos trabalhos que já fiz em minha vida. Com ele também observei que o trabalho de um engenheiro não é apenas supervisionar e elaborar projetos, o engenheiro tem é que por a “mão na massa” (aluno 37).

Uma coisa ficou clara em nosso debate de sala, o que precisamos para sermos bons profissionais no ramo da engenharia é o conhecimento científico, porque sem ele não temos base de discussão nenhuma e como foi citado em meio às apresentações, em nosso meio não há espaço para achar nada, mais sim ter a certeza, ou é certo ou é errado (aluno 21).

A discussão em sala contribuiu muito, graças às diferentes opiniões apresentadas e diferentes métodos utilizados pudemos chegar a uma mesma conclusão. Porém, mesmo com o auxílio do professor, não fomos capazes de analisar todos os aspectos que possam influenciar nesse processo, a fabricação de pão, visto que esses aspectos dizem respeito a vários “setores”, como por exemplo: Aspectos climáticos, ambientais, empregativos, éticos, políticos, etc. Alguns desses aspectos necessitariam da presença de um profissional capacitado na área referente como engenharia ambiental, economia, química, e outros. Mesmo assim o resultado final da discussão foi satisfatório (aluno 20).

As discussões em sala foi uma experiência de certo modo nova, pois nunca havia passador por algo exatamente igual, as vezes com idéias a propor, mas ficando com vergonha e não falando nada, foi muito produtivo ao meu ver, vendo todos os grupos expondo seus pensamentos suas idéias, mudei a forma de pensar em quase todas as questões propostas, vi que as coisas são muito mais abrangentes que poderia imaginar, que não é qualquer comentário qualquer busca deixa seu trabalho bom, as discussões são algo essencial comentário bom de se acrescentar é de que nosso trabalho ficou muito vago com poucos detalhes importantes, alguns vistos em outros grupos outros comentados em sala pelo professor e pelos próprios colegas. Vários comentários na sala foram muito produtivos como o da questão de qual forno usar para fazer e assar o pão, ali se entrou em discussão a questão das hidrelétricas, a questão ambiental e as questões políticas que provavelmente ninguém colocou em seu trabalho e se colocou foi apenas um comentário básico (aluno 12).

Com todas as discussões deu para mudar um pouco a opinião em relação ao relatório final, e concluí que não é simplesmente apenas a maneira e os custos como que se faz o pão, mas sim todas as coisas que estão a sua volta, como fatores sociais, políticos, éticos, o que não foi citado de maneira geral pelo grupo (aluno 27).

Como ponto negativo do PGD Produção do Pão, pode-se relatar as dificuldades relacionadas ao tempo disponibilizado aos alunos para

desenvolver as atividades e elaborar os relatórios. Esse fato foi percebido durante o processo das discussões, quando alguns alunos manifestaram verbalmente a ocorrência desse problema.

A partir dessa constatação, optou-se por estabelecer, para as próximas aplicações da Metodologia PGD, um prazo maior para que os alunos pudessem elaborar e entregar seus relatórios.

5.2.2.2 PGD ESTEIRA TRANSPORTADORA

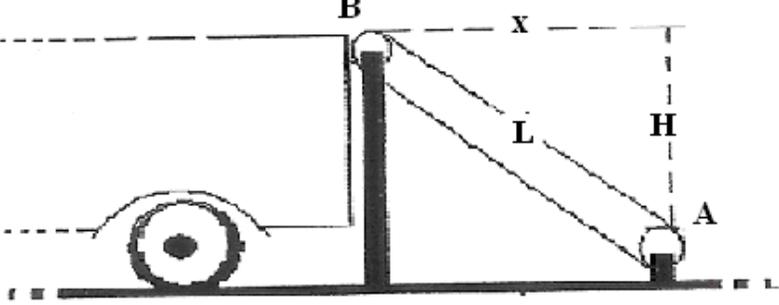
O terceiro PGD (**Esteira transportadora**) contou com a participação de 41 alunos. Teve seu início no dia 13 de outubro de 2008, com a realização, durante três horas-aula, das atividades desenvolvidas nos grupos. A atividade final, referente às discussões no grande grupo, ocorreu durante outras 03 horas-aula no dia 20 de outubro.

O problema gerador do PGD III (**QUADRO 9**) foi construído a partir da necessidade de elaborar o projeto de uma esteira transportadora destinada à elevação de sacos de milho. Uma esteira transportadora é basicamente uma superfície que se movimenta por meio da propulsão de um motor elétrico e têm a função de transportar cargas de um local para outro.

Nesse propósito a superfície da esteira transportadora em questão precisa ser projetada de forma que seja posicionada na direção de um plano inclinado.

Os planos inclinados, bem como as alavancas e roldanas são dispositivos mecânicos chamados de Máquinas Simples e têm a função de facilitar a realização do trabalho físico humano por meio da diminuição do esforço aplicado.

Dessa forma, vislumbrou-se com a elaboração do problema gerador desse PGD promover a ligação entre o plano inclinado, com suas questões destinadas a buscar a formação profissional do engenheiro, e as máquinas simples, com seus questionamentos objetivando promover a formação acadêmica em seu aspecto cidadão.

<p>Problema Gerador</p>	<p>“Precisa-se projetar um sistema fixo para elevação de sacos de milho até a carroceria de um caminhão por meio de uma esteira transportadora. Cuidado! Há que se cuidar para que a inclinação não seja muito grande fazendo com que os sacos de milho escorreguem na esteira. Determine o comprimento mínimo “L” inclinado que a esteira poderá ter, em função da altura H de elevação da carga de milho da base da esteira à carroceria do caminhão e do coeficiente de atrito estático entre as superfícies do saco de milho e esteira transportadora. Os sacos de milho deverão ser soltos em A.”</p> 
<p>Formação Profissional</p>	<p>2-Observando que a esteira da questão é um plano inclinado e o plano inclinado, assim como as roldanas e alavancas são chamadas na Mecânica de Máquinas Simples, responda os seguintes questionamentos:</p> <p>2.1- Qual a vantagem de realizar o trabalho de elevar os sacos de milho por meio de um plano inclinado comparando com a sua elevação vertical, direta sobre a carroceria do caminhão?</p> <p>2.2- Há trabalhos que o homem não conseguiria desenvolver sem o uso de uma máquina simples? Explique.</p>
<p>Formação para a Cidadania</p>	<p>2.3- Há situações em que você não confiaria determinada tarefa a uma máquina? Quais? Justifique.</p> <p>2.4- Discuta, com seus pares, aspectos positivos e negativos do uso das máquinas na colheita da cana-de-açúcar, por exemplo, levando em consideração os aspectos: social, ambiental, político, ético, econômico, etc.</p>

QUADRO 9 – PGD III (Esteira transportadora)

Fonte: Autoria própria.

As duas primeiras atividades do PGD Esteira Transportadora foram propostas com o objetivo de promover a aprendizagem dos alunos por meio da aplicação dos conhecimentos anteriormente trabalhados na disciplina, nas aulas teóricas e experimentais, na resolução do problema gerador e no exercício de comparação entre dois métodos distintos para a elevação dos sacos de milho: por meio da esteira e por meio de sua elevação direta e vertical. Dessa forma, o problema gerador foi elaborado de forma a exigir, por parte do aluno, o uso de conhecimentos científicos da Física relacionados à decomposição de vetores, Leis de Newton, atrito mecânico estático e cinético

aplicados ao plano inclinado, além de conhecimentos matemáticos relacionados às relações métricas e trigonométricas em triângulos retângulos e a realização de cálculos básicos.

A segunda questão, por sua vez, foi elaborada de forma a induzir os alunos a buscar um caminho que lhes permita obter valores e a partir deles justificar a existência ou não de vantagens de um método de elevação dos sacos de milho em relação ao outro.

Entende-se que o exercício de comparação solicitado pela questão pode contribuir para o desenvolvimento da formação profissional não somente no aspecto científico, mas, por consequência, também no aspecto tecnológico. O desenvolvimento, no aspecto científico, ocorrerá à medida que o aluno consiga utilizar os conhecimentos científicos já adquiridos para achar um caminho e o desenvolvimento, no aspecto tecnológico, ocorrerá à medida que esse caminho seja efetivamente construído e permita a obtenção dos resultados buscados.

Os demais questionamentos propostos no PGD III foram elaborados com o objetivo de promover discussões, reflexões e análises dos alunos sobre a importância das máquinas junto à sociedade e os possíveis impactos decorrentes do seu uso.

Nesse sentido, vislumbra-se com esses questionamentos socializar os conhecimentos científicos e tecnológicos relacionados ao problema gerador em questão e a partir dessa socialização permitir ao PGD Esteira Transportadora cumprir com a sua função junto à formação para a cidadania do aluno de Engenharia.

Os dados coletados junto ao desenvolvimento das atividades desse PGD mostram as ações desenvolvidas pelos alunos durante a realização das atividades propostas. Esses dados e as suas análises podem ser observados no **APÊNDICE E**.

5.2.2.2.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS: PGD ESTEIRA TRANSPORTADORA

A partir do exposto no **APÊNDICE E**, permite-se comprovar a ocorrência no PGD III de diversos aspectos positivos, já observados nos PGDs

anteriores: participação ativa dos alunos em atividades, dentro e fora da sala de aula, de pesquisa, de diálogo e confronto de idéias, de aplicação de conhecimentos científicos na resolução de problemas contextualizados na busca de promover a aprendizagem de conhecimentos científicos e tecnológicos relacionados às questões sociais e ambientais. Dessa forma, entende-se que os PGDs deram efetiva contribuição na busca de

“[...] capacitar o educando a participar do processo democrático de tomada de decisões, promovendo a ação cidadã encaminhada à solução de problemas relacionados à sociedade na qual ele está inserido” (PINHEIRO *et al.*, 2007, p.82).

Além desses aspectos, comuns a todas as atividades elaboradas sob a égide da metodologia PGD, ao se voltar para as atividades relacionadas especificamente aos conhecimentos científicos da Física, entende-se que o PGD III foi o que mais contribuiu para a formação científica dos alunos. O nível de dificuldade do problema foi grande, principalmente se considerarmos que foi aplicado junto a uma turma de alunos recém-egressos do ensino médio. Não somente em função dos conhecimentos científicos envolvidos na sua resolução, julga-se que o alto nível de dificuldade agregado ao problema deu-se também em função da necessidade do aluno relacionar esses conhecimentos à questão, reorganizando-os e transformando-os em úteis no raciocínio desenvolvido para encontrar o caminho que lhe permitisse chegar à solução do problema. Dessa forma, entende-se que as atividades do PGD III contribuíram para a promoção de uma aprendizagem menos mecânica e mais significativa, pois, conforme relata Tavares (2008, p.95):

“[...] quando o aprendiz tem pela frente um novo corpo de informações e consegue fazer conexões entre esse material que lhe é apresentado e o seu conhecimento prévio em assuntos correlatos, ele estará construindo significados pessoais para essa informação, transformando-a em conhecimentos, em significados sobre o conteúdo apresentado.

Ao levar em consideração o fato de que a resolução dessa atividade ocorreu nos grupos, sem a participação do professor, conclui-se que essa atividade PGD, assim como as demais realizadas, contribuiu de forma efetiva

para a promoção da participação do aluno na busca e aquisição de conhecimentos, pois, conforme comentam Silva e Cecílio (2007, p. 64):

[...] o aluno passa a construir seu próprio conhecimento de uma forma mais clara e harmoniosa com a realidade, aprendendo a refletir sobre o que está sendo proposto e ao mesmo tempo qualificando-se para o exercício profissional, de forma mais autônoma e crítica.

Logo, a atividade PGD III, assim como as desenvolvidas nos PGDs anteriores, permitiu ao professor de Física Geral I reposicionar as atividades de ensino de sua disciplina à nova visão curricular solicitada pelas DCNs e, ao mesmo tempo, promover um processo de ensino na busca de uma aprendizagem mais significativa, pois, de acordo com Moreira (2000, p.36):

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

As questões que se seguiram trouxeram à tona, ao levantar questionamentos e promover discussões relacionadas a um tema bastante polêmico: substituição da mão-de-obra humana pela mecânica, um conjunto de aspectos e considerações bastante relevantes à sociedade e de extrema importância junto ao processo da formação humanista do acadêmico de Engenharia. Muitas vezes cobra-se do engenheiro a responsabilidade pela tomada de decisões junto aos diversos aspectos de funcionamento de uma indústria e o que se espera, com a nova formação acadêmica, é que essas decisões não ocorram apenas em função dos aspectos científico, tecnológico e econômico.

Nesse sentido, entende-se que a atividade realizada trouxe inestimável contribuição para o exercício de reflexão e uma percepção, por parte do aluno, de novos aspectos e valores a serem levados em consideração durante a sua tomada de decisão. Por fim, acompanhando a visão de Fávero e Sousa (2001), entende-se que os relatos apresentados pelos alunos mostraram que a realização das atividades com o PGD III, bem como com os anteriormente

desenvolvidos, resultou em uma aprendizagem significativa, porém, não só de conhecimentos científicos. Também resultou numa aprendizagem significativa de atitudes e habilidades, aquisição de novas competências e valores e alterações no comportamento.

5.3 REAPLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO E A ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Próximo ao fim do semestre letivo, após o desenvolvimento das atividades da pesquisa referentes às aplicações dos três PGDs, promoveu-se, no dia 11 de novembro, a reaplicação do questionário (**APÊNDICE B**) já respondido pelos alunos no início do semestre.

Faz-se necessário lembrar que as duas aplicações do mesmo questionário foram previstas pela pesquisa com o objetivo de realizar comparações entre os resultados obtidos antes e depois das atividades com os PGDs. Com essas comparações pôde-se verificar numericamente a existência de um melhor desempenho por parte desses alunos na segunda aplicação em função do conjunto das atividades desenvolvidas no semestre, incluindo os PGDs.

Com a entrega desse questionário respondido por 35 alunos foi possível realizar uma nova coleta de dados que foram analisados e classificados de acordo com os mesmos critérios utilizados para realizar o tratamento dos dados coletados na primeira aplicação. Apesar do recebimento de respostas dadas por 35 alunos optou-se por utilizar os dados coletados junto a apenas 33 desses alunos, descartando as respostas dos alunos que participaram apenas da primeira ou apenas da segunda aplicação. Decidiu-se por esse descarte a fim de poder realizar comparações entre os dados obtidos nas duas aplicações do questionário utilizando-se de duas participações de uma mesma amostra.

Após a análise e classificação das respostas como suficientes, insuficientes ou parcialmente suficientes, o resultado obtido foi lançado junto a mesma tabela (**APÊNDICE F**) na qual foram registrados os dados coletados na primeira aplicação desse questionário. Por meio de um simples processo de contagem pôde-se determinar o percentual de respostas consideradas

suficientes, parcialmente suficientes e insuficientes obtidas, para cada um dos temas abordados no questionário, conforme mostra a **TABELA 2**:

TABELA 2 – RESULTADO DA SEGUNDA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

	T01	T 02	T 03	T 04
Suficientes	54%	31%	34%	54%
Parcialmente suficientes	42%	50%	35%	25%
Insuficientes	04%	19%	31%	21%

Fonte: Autoria própria.

Entende-se que a análise desses dados não traz, a princípio, por si só, informações de grande relevância para a pesquisa. Por isso, optou-se por trabalhar com esses dados colocados lado a lado com os resultados obtidos na primeira aplicação do questionário na **TABELA 3**. Essa tabela mostra os resultados obtidos para cada um dos temas abordados (T01, T02, T03 e T04) no questionário, nas duas aplicações e de forma intercalada. A segunda coluna referente a cada tema, em negrito, apresenta os resultados obtidos na segunda aplicação.

TABELA 3 – RESULTADO DAS DUAS APLICAÇÕES DO QUESTIONÁRIO

	T01	T01	T 02	T 02	T 03	T 03	T 04	T 04
Suficientes	27%	54%	13%	31%	11%	34%	09%	54%
Parc. Suficientes	42%	42%	59%	50%	24%	35%	25%	25%
Insuficientes	31%	04%	28%	19%	65%	31%	66%	21%

Fonte: Autoria própria.

Em uma primeira análise pode-se perceber, coluna a coluna, tema a tema uma mudança razoável em relação aos percentuais obtidos nas duas aplicações do questionário. Os dados permitem afirmar que em todos os temas abordados ocorreu a redução das respostas classificadas como insuficientes e o aumento das respostas consideradas suficientes da primeira para a segunda aplicação do questionário.

Entende-se que em relação aos temas T03 e T04, cujos questionamentos foram relacionados respectivamente a conhecimentos científicos e aplicação desses conhecimentos para a solução de problemas experimentais, mesmo as atividades habituais de ensino da Física Geral I tenderiam a provocar as mudanças citadas mostradas na tabela. Contudo, as

atividades realizadas por meio dos PGDs podem ter dado uma grande parcela de contribuição para essas mudanças em função das características potenciais de aprendizagem significativa que possuem.

À medida que os PGDs promovem o exercício de reflexão, emprego de raciocínio na aprendizagem de conhecimentos científicos e sua aplicação em situações práticas relacionadas a um problema, em um processo participativo, ou seja, com maior envolvimento dos alunos, entende-se que a tendência é que esses alunos desenvolvam o mesmo comportamento perante as demais atividades, habitualmente realizadas na disciplina.

Por outro lado, quanto aos temas T01 e T02, relacionados respectivamente às reflexões sobre impactos causados pelo uso, desenvolvimento ou produção de novas tecnologias e às futuras funções do aluno enquanto profissional da área de Engenharia, os efeitos das atividades PGDs podem ser considerados como mais significativos.

Junto às atividades habituais de ensino da Física Geral I eventualmente ocorrem algumas abordagens aos temas T01 e T02, porém, de forma mais superficial, sem uma dedicação maior aos temas em si, apenas buscando por meio de algumas reflexões promover a contextualização do ensino da Física. Ou seja, nas atividades habituais de ensino da Física a formação profissional (científica e tecnológica) tende a ser colocada em primeiro plano frente à formação humanística (para a cidadania). Já, esses temas, quando trabalhados nas atividades PGDs assumem a mesma importância que os temas relacionados à formação profissional.

Os dados contidos na **TABELA 3** mostram que, na evolução das duas aplicações do questionário, junto ao tema T01, uma enorme redução do número de respostas consideradas insuficientes e um grande aumento do número de respostas classificadas como suficientes.

No tocante aos resultados referentes ao tema T02, os dados mostram que ocorreu uma redução do número das respostas consideradas insuficientes provocando um aumento do número de respostas consideradas suficientes.

Nesse contexto, entende-se que a análise quantitativa realizada sobre os dados contidos na **TABELA 3** permite concluir que as atividades desenvolvidas de acordo com a Metodologia PGD deram uma efetiva contribuição junto ao processo:

- de aquisição e de desenvolvimento da capacidade de aplicação dos conhecimentos adquiridos junto a atividades experimentais, conforme os resultados obtidos na análise das questões referentes aos temas T03 e T04;

- de melhor entendimento dos alunos sobre os possíveis impactos provenientes do uso ou produção de produtos tecnológicos e das funções do profissional/cidadão engenheiro, de acordo com os resultados obtidos junto à análise das questões relacionadas aos temas T01 e T02.

Dessa forma, por meio dessa análise, julga-se ser possível perceber indícios da contribuição da Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões junto ao processo de formação acadêmica em Engenharia, tanto no aspecto profissional, voltado para a aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos, quanto no aspecto humanista voltado para a formação do aluno enquanto cidadão.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

De acordo com a proposta inicial desse trabalho, de verificar os efeitos das aplicações da Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões sobre o processo de formação acadêmica em Engenharia, a partir de sua aplicação no ensino de Física junto a uma turma de alunos recém-ingressos, julga-se ser possível concluir que:

I - “A aplicação da Metodologia PGD promoveu mudanças nas atividades de ensino da FG I permitindo a sua inserção e seu funcionamento nos cursos de EP de acordo com a nova visão curricular solicitada pelas DCNs”.

Os termos “novo” ou “nova”, aplicados à visão curricular, papéis do professor e dos alunos, entre outros, não assumem nesse trabalho, um sentido temporal. São utilizados no intuito de indicar situações, perspectivas ou fatos que não ocorriam e que em determinado instante passaram a ocorrer.

Ao desenvolver as atividades previstas pelos PGDs nos grupos e depois durante as discussões no grande grupo, julga-se ter ficado evidenciada, junto ao ensino da FG I, na qual foram aplicadas, a promoção de diferentes **experiências de aprendizado** desenvolvidas em um **processo participativo** e a realização de **estudos que integraram** conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais.

Nessa perspectiva, julga-se que a aplicação da metodologia PGD contribuiu para o desenvolvimento de uma nova concepção de ensino da Física em Engenharia à medida que, para solucionar os PGDs, os alunos necessitaram aplicar os conhecimentos científicos adquiridos na disciplina, em atividades de Resolução de Problemas.

Entende-se importante lembrar que esses problemas não foram resolvidos individualmente e sim em grupos e não foram elaborados somente

de forma a exigir dos alunos simples aplicações de conceitos e fórmulas, mas também interpretações, reflexões e raciocínios mais elaborados.

Para a solução dos problemas apresentados nos PGDs houve a necessidade de ocorrerem interpretações sobre os enunciados e figuras, a construção de esquemas físicos e matemáticos contribuindo, dessa forma, para que o aluno exercitasse sua capacidade de refletir, raciocinar e aplicar os conhecimentos já adquiridos na busca da aquisição de novos.

Dessa forma, entende-se que ao promover junto aos professores e alunos a atribuição, entendimento e desenvolvimento de novos papéis no processo de ensino e aprendizagem, a Metodologia PGD deu respostas positivas a um conjunto de solicitações das DCNs, enfoque CTS e da corrente de ensino por meio de Resolução de Problemas, desenvolvidos à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa. Essa resposta deu-se com a promoção de uma maior participação ou envolvimento do aluno no processo de ensino e aprendizagem e, em decorrência, no processo de sua formação acadêmica.

O desempenho desse novo papel mais ativo e, conseqüentemente mais independente do aluno, pôde ser percebido praticamente em todo o trabalho desenvolvido junto às atividades decorrentes das aplicações dos PGDs. Ao observar os depoimentos dos alunos, contidos no **QUADRO 10**, por exemplo, entende-se ser possível verificar essa ocorrência ao perceber que em poucas situações eles descrevem ações desenvolvidas pelo professor, mas sim ações desenvolvidas por eles, enquanto indivíduos ou enquanto membros de um determinado grupo.

Dos pontos positivos apresenta-se a necessidade de demonstrar os raciocínios em relatórios e com posteriores discussões comprovar e aperfeiçoar esses pensamentos. Portanto leva ao acadêmico a sua necessidade de executar pesquisas, leituras, discussões entre colegas e professores para a sua melhor compreensão e desenvolvimento dos assuntos abordados. Assim desenvolve-se no acadêmico o prazer da leitura, da argumentação e o raciocínio lógico (aluno 02).

[...] um ponto positivo quanto à parte da discussão esta presente na participação dos alunos nos quais mostram o seus conhecimentos adquiridos com decorrer do trabalho e com isso facilitando suas habilidade no que diz respeito a comunicação e a expressar suas idéias. Estimula os alunos a terem hábito de fazerem atividades extracurriculares, para terem um enriquecimento maior de seus conhecimentos sobre determinado assunto (aluno 15).

Pontos positivos dos PGD: melhor aprendizagem, pois há um maior envolvimento do aluno com a matéria; faz com que o aluno forme uma opinião sobre o assunto e que ele crie argumentos para defender e convencer que a sua opinião é a mais correta (aluno 07).

O primeiro ponto positivo, é que a grande e famosa técnica “Se virol” entra em ação, cada integrante tem que saber o que está acontecendo nas atividades pedidas, e para estar ciente de tudo, cada aluno deve correr atrás. O segundo ponto positivo, é que não é em qualquer livro, que vemos isso (como o professor comentara desde o início do semestre), fazendo nós alunos termos um conhecimento mais aprofundado da matéria. O terceiro ponto positivo é o raciocínio e a visão que os PGD’s proporcionam, porque você é forçado a pensar e refletir na hora de formular uma resposta[...] (aluno 06).

Os PGDs são muito interessantes, pois eles nos fazem viver situações próximas as que vivenciaremos em nosso trabalho, como por exemplo aprender à trabalhar em equipe, uma situação que será muito comum em uma empresa e este tipo de exercício também nos permite a exercitar o raciocínio, pois eles utilizam muito do raciocínio e do entendimento dos conceitos da física. As discussões geradas também são interessantes, pois é neste momento que as dúvidas são expostas e discutidos os porquês. A maioria dos grupos comenta a sua maneira de solucionar o problema e fica claro que em muitas das vezes existem várias maneiras de resolução e apenas um resultado, o que é muito importante pois é uma troca de conhecimentos entre toda a turma. O trabalho em equipe também é proveitoso, pois faz com que os alunos interajam entre si e um ajude o outro no que não é claro ou conhecido (aluno 09).

Um aspecto positivo da pgd é que a pessoa tem que se virar para conseguir as informações e resolver as questões; também é importante porque a pessoa passa mais tempo estudando e por ultimo podemos acrescentar que esses exercícios são o que vamos lidar no futuro em nosso trabalho (aluno 23).

Sobre a realização dos PGDs, achei muito interessante esse tipo de atividade, pois é algo que nos faz raciocinar o máximo possível, é interessante também a parte da discussão, pois nos ensina a ter mais confiança própria naquilo que acreditamos e também nos faz vencer a timidez já que a discussão faz parte da nota e todo mundo quer e precisa de nota e outra coisa interessante é o fato de que ensina a pesquisar bem, pois devemos ter certeza daquilo que estamos falando (aluno 35).

QUADRO 10 - Avaliando os PGDs, relatos dos alunos

Fonte: Autoria própria.

Dessa forma, julga-se que as tarefas desenvolvidas e entendidas como decorrentes das ações dos alunos e promotoras de um processo participativo do aluno no processo de sua aprendizagem e formação contribuíram para o desenvolvimento de alunos menos dependentes das ações do professor. Entre as ações que evidenciam esse fato encontram-se a elaboração de relatórios, a realização de discussões, confrontos de idéias, realização de pesquisas, o exercício da argumentação, reflexão e o emprego de raciocínio para a resolução de problemas e realização e/ou proposição de atividades experimentais desenvolvidas pelos alunos, entre outras.

Por isso, entende-se que os estudos realizados permitem concluir que a aplicação da Metodologia PGD no ensino em Engenharia contribui de forma positiva para o desenvolvimento, junto aos alunos de Engenharia, de novos hábitos de aprendizagem e também para o desenvolvimento de um novo modelo de ensino. Nesse modelo o aluno ingressa em um curso de graduação e percebe que dele exige-se uma participação de forma mais efetiva do processo de ensino e aprendizagem. Precisa-se discutir questões sociais e ambientais, normalmente relegadas a segundo plano em detrimento dos conhecimentos científicos. Precisa-se realizar pesquisas dentro e fora da sala de aula e discutir com seus colegas e com o professor seus pontos de vista. Por meio de suas questões e problemas o PGDs confronta o aluno com questionamentos nos quais lhe são cobrados muito mais que a simples aplicação de fórmulas e conceitos prontos. Com as aplicações dos PGDs, entende-se que o aluno passa a identificar os objetivos do curso a partir do hábito de discutir nos PGDs a sua futura função como engenheiro.

II - “As aplicações da Metodologia PGD junto às atividades de ensino em Engenharia, na Física Geral I, permitem a essa disciplina desempenhar um papel mais eficiente junto ao processo de construção da formação acadêmica em Engenharia solicitada pelas DCNs, em seus diferentes aspectos: científico, tecnológico e para a cidadania”.

Durante as ações desenvolvidas pelos alunos junto aos três PGDs propostos pela pesquisa, percebeu-se a ocorrência da aplicação dos conhecimentos adquiridos por esses alunos para resolver problemas e para desenvolver ou propor procedimentos experimentais.

Contudo, mais importante do que a simples aplicação dos conhecimentos adquiridos, entende-se que houve, em decorrência dessa aplicação, a aquisição de novos conhecimentos.

Segundo Fávero e Sousa, (2001, p.145) há um consenso entre professores/pesquisadores em afirmar que: “[...] o progresso na compreensão da resolução de problema está vinculado ao progresso na compreensão da aprendizagem das tarefas envolvidas na resolução de problemas”.

Nessa perspectiva, a partir dos estudos realizados, entende-se que os PGDs contribuíram para a formação científica e tecnológica do aluno de Engenharia à medida que, para buscar respostas aos seus questionamentos e soluções às suas questões, esses alunos executaram tarefas, ou melhor, exercitaram suas habilidades em:

- aplicar leis, conceitos, equações físicas e matemáticas como base para a realização das atividades propostas pelos PGDs, entre elas as resoluções dos problemas, o desenvolvimento e a proposta de atividades experimentais, a construção de argumentos para justificar seus posicionamentos perante os questionamentos, a avaliação de processos, procedimentos ou produtos tecnológicos, entre outros;
- realizar interpretações e reflexões sobre os enunciados e figuras dos problemas propostos pelos PGDs, a fim de transformar as informações obtidas em dados e esquemas físicos e matemáticos a fim de encontrar um caminho para a sua solução;
- determinar como e qual a melhor forma de realizar as atividades experimentais solicitadas;
- determinar um caminho a fim de poder elaborar e propor os procedimentos experimentais solicitados pelos PGDs.

Entende-se que foi possível verificar essas ocorrências a partir dos relatórios e análises apresentados nesse trabalho e os efeitos dessas atividades sobre a aprendizagem científica e tecnológica pôde ser observado junto aos estudos realizados sobre o questionário. Esses estudos comprovaram que após a aplicação dos PGDs a quantidades de respostas consideradas satisfatórias, dadas ao questionário, aumentou de forma significativa.

Nessa perspectiva, julga-se importante ressaltar a eficiência dos questionamentos/questões/atividades elaboradas junto aos PGDs e a importância das orientações adquiridas junto aos estudos sobre Resolução de

Problemas desenvolvidos à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa para a construção desses questionamentos/questões/atividades.

A partir dessas orientações, pôde-se entender a importância de elaborar problemas com um maior nível de complexidade, porém, sem deixá-los fora da realidade do contexto dos cursos de Engenharia e do ensino da Física ou além da capacidade de raciocínio ou nível de conhecimento do aluno, necessários para solucioná-los.

Ao voltar-se para a formação acadêmica em seu aspecto humanista, observa-se na ênfase à contextualização do ensino uma das mais importantes contribuições do enfoque CTS junto ao processo de formação acadêmica em Engenharia.

Por meio da contextualização do ensino permitiu-se na metodologia PGD fazer o relacionamento, em sala de aula, entre os conhecimentos científicos do ensino da FG I junto ao contexto profissional da Engenharia (elaboração e produção de tecnologias) e sócio-ambiental em que o aluno vive e participa.

Contudo, mais do que socializar os conhecimentos científicos, entende-se que, da forma que a contextualização ocorreu junto aos PGDs, contribuiu para o entendimento do aluno sobre a importância desses conhecimentos como base para o acompanhamento ou produção de artefatos tecnológicos e também para prever os possíveis efeitos dessa produção sobre a sociedade e sobre o meio ambiente.

Em decorrência das análises realizadas sobre os pressupostos do enfoque de ensino CTS e das DCNs dos cursos de Engenharia, concluiu-se que ao promover a socialização dos conhecimentos científicos, contribuiu-se junto aos alunos para a aquisição de novos valores.

A associação entre esses valores forma um sistema de valores que se apresentarão como um conjunto de recursos, estrategicamente elaborados e preparados para serem utilizados pelo engenheiro durante sua atuação profissional. Associados aos conhecimentos científicos e tecnológicos, esses valores (éticos, morais, sociais, ambientais, políticos, etc.) fazem parte da construção e constituição da estrutura necessária para a formação acadêmica do engenheiro solicitada pelas atuais DCNs.

Por isso é que entendeu-se pela necessidade de elaborar questionamentos junto aos PGDs que ao mesmo tempo promovessem a socialização do ensino da Física e levassem os alunos a avaliar o uso, elaboração e/ou produção de diferentes tecnologias.

Foi assim no **PGD I**, quando os alunos discutiram sobre os benefícios e malefícios de três diferentes formas de fabricar o pão: em casa, feito manualmente e assado em forno de barro, com queima de lenha, feito em casa e assado em forno a gás ou produzido, em todas as suas etapas, por uma máquina elétrica.

No **PGD II** os alunos discutiram as vantagens e desvantagens do uso de um aparelho cujo funcionamento foi estabelecido utilizando-se do princípio do esforço necessário para promover a deformação de molas em comparação com os habituais aparelhos cujo funcionamento dá-se em decorrência do levantamento de pesos utilizando-se de hastes de sustentação, cabos e roldanas.

Ainda nesse PGD os alunos realizaram pesquisas que lhes permitiram relacionar algumas tecnologias alternativas, disponíveis no mercado de consumo e destinadas a promover um maior e mais rápido desempenho físico e ou desportivo. A partir dessas pesquisas, o PGD solicitou aos alunos que discutissem as vantagens e desvantagens relacionadas ao uso de cada uma dessas tecnologias.

No **PGD III** os questionamentos promoveram, junto aos alunos, discussões relacionadas ao uso das máquinas. Os aspectos abordados levaram os alunos a desenvolver análises sobre a importância das máquinas perante a sociedade, sobre a desconfiança existente em alguns casos em utilizar as máquinas e sobre aspectos positivos e negativos decorrentes da substituição da mão-de-obra humana pela mecânica.

Com a realização dessas atividades, pôde-se constatar que as questões/questionamentos dos PGDs levaram os alunos a exercitar sua capacidade de avaliar novas tecnologias enquanto processos, procedimentos ou produtos tecnológicos. Entende-se que ao promover o desenvolvimento dessa tarefa os PGDs contribuíram junto ao processo de formação acadêmica em Engenharia, em seu aspecto humanístico, voltado para a formação do profissional/cidadão.

Nessa perspectiva, julga-se que a Metodologia PGD contribuiu para o processo de construção, junto ao aluno de Engenharia, do hábito de relacionar sua futura atuação profissional aos aspectos sociais e ambientais. Influenciando, dessa forma, para a formação de um profissional capaz de desempenhar suas atividades sem deixar de levar em consideração suas responsabilidades enquanto cidadão.

Nesse sentido, entende-se ser possível afirmar que a metodologia PGD contribuiu para a ocorrência de um processo de aprendizagem crítica importante à formação do futuro engenheiro. Essa contribuição deu-se à medida que buscou inserir na consciência do aluno a importância de se conceber o consumo, uma pesquisa ou um projeto sobre tecnologias enquanto produto ou processos, com um entendimento muito mais amplo do que apenas o de se uso e descarte.

III - “As aplicações da Metodologia PGD junto às atividades de ensino em Engenharia, na Física Geral I, permitem a essa disciplina desempenhar um papel mais eficiente junto ao processo de formação do perfil do futuro egresso em Engenharia, de acordo com os objetivos indicados pelas DCNs”.

As atividades de ensino elaboradas de acordo com a metodologia PGD contribuíram para o desenvolvimento das habilidades de comunicação nas formas oral e escrita. Com muita frequência, observam-se professores da área de exatas imputando à falta de capacidade do aluno de interpretar as questões que lhe são cobradas em prova como uma das causas desse aluno não obter um bom rendimento nas avaliações.

Porém, mais do que perceber esse problema há a necessidade de buscar meios para que seja resolvido. Nesse sentido, percebeu-se, por meio dessa pesquisa, que além dos professores da área de Língua Portuguesa, o professor de Física também pode encontrar uma maneira do aluno exercitar diretamente, pela leitura e interpretação de textos científicos, e/ou indiretamente, pela apresentação do relatório escrito e das discussões, essa capacidade de interpretação.

Entende-se que se o aluno criar o hábito de falar e escrever de forma mais formal, deixando de lado o uso de gírias e expressões populares e inserindo em seu vocabulário termos científicos, o uso desses termos passarão a fazer parte da sua forma de se expressar, raciocinar, interpretar e compreender os enunciados das questões que lhes são propostas.

As atividades propostas aos alunos pela Metodologia PGD também contribuíram para o desenvolvimento de suas habilidades voltadas para a aplicação de seus conhecimentos científicos adquiridos no ensino da FG I. Essa aplicação ocorreu por diversas maneiras durante a busca e resolução das atividades propostas pelos PGDs:

- Ao resolver os problemas propostos pelos três PGDs e realizar atividades experimentais nos PGDs I e II e analisar os resultados obtidos por meio dos questionamentos dos próprios PGDs ou durante as discussões realizadas.

- Ao propor procedimentos experimentais, nos PGDs I e II, desenvolvendo sua capacidade de aplicar diferentes e novas técnicas para a solução de um problema.

- Ao avaliar, nos três PGDs aplicados, os possíveis impactos das atividades de Engenharia (produção, procedimentos ou uso de produtos tecnológicos) nos contextos social e ambiental.

Em decorrência dessa pesquisa, entende-se ser possível afirmar que as aplicações da Metodologia PGD, no ensino da FG I em uma turma de recém-ingressos nos cursos de EP, deram efetiva contribuição junto ao processo de formação acadêmica dos alunos que nessas aplicações estiveram envolvidos.

Com as aplicações dos PGDs promoveu-se um conjunto de novos procedimentos de ensino e aprendizagem que levaram os alunos ao desenvolvimento de um papel mais participativo perante a aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos e o desenvolvimento de novos valores relacionados às questões sociais e ambientais.

Julga-se que a associação desses conhecimentos aos novos valores e atitudes tende a tornar esse aluno, futuro profissional da Engenharia, mais apto a desempenhar sua função junto às demandas de uma sociedade, meio ambiente e mercado de trabalho que vêm passando por constantes transformações.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Partindo dos estudos realizados, concluiu-se que a Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões surtiu efeitos positivos quando aplicada em uma turma de alunos recém-ingressos em Engenharia.

Contudo, por ser o PGD uma proposta metodológica nova, construída a partir dos problemas de aprendizagem percebidos junto aos alunos de Engenharia, na disciplina de Física Geral I, em 2007, e por ter passado pela primeira vez, nesse trabalho, por um processo de análise mais rigorosa, entende-se importante e interessante a realização de outros estudos.

Na realização desses estudos, sugere-se a aplicação de diferentes formas de coletas de dados como as entrevistas, por exemplo. Sugere-se também a realização de uma pesquisa sobre os efeitos da Metodologia PGD por meio da comparação entre duas turmas de alunos de Engenharia, com a aplicação das atividades PGDs em apenas uma delas.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, n. 1, p.3-16, 2004. Disponível em <<http://www.oei.es/salactsi/educacion.htm>>. Acesso em 21/04/2008.

ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.15-27, 2001.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo, Moraes, 1982.

_____. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**, Lisboa: Editora Plátano, 2003.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70. 1977

BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade e o Contexto da Educação Tecnológica**. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

_____. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. **Revista Ibero Americana**, n.28 Madrid, 2002. Disponível em <<http://www.oei.es/salactsi/educacion.htm>>. Acesso em 20/04/2008.

_____. PEREIRA, L. T. V.; LISINGEN, I.V. **Educação Tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia.2^a ed. revisada e ampliada**. Florianópolis, Editora da UFSC, 2008.

BRASIL. CNE/CES 11, de 11 de março de 2002, que institui as **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Ministério da Educação, Brasília, 2002. Disponível em <<http://www.abepro.org.br>>. Acesso em 07/12/07.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Ministério da Educação/Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília, 1999.

BUCHWEITZ, B. Aprendizagem Significativa: idéias de estudantes concluintes de curso superior. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v.6, n.2, p. 133-141, 2001.

CASTRO, C. M. **A prática da pesquisa**. 2.ed, Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2006.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica: para uso dos estudantes universitários**. 3 ed., McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1983.

COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. **A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa**. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Peniche, 2000, p. 243-252. Disponível em: <www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewPDFInterstitial/6663/6134> Acesso em 15/02/2008.

_____. O Papel da Modelagem Mental dos Enunciados na Resolução de Problemas em Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, no. 1, Março, 2002.

CRUZ NETO, O. MOREIRA, M. R.; SUCENA, L. F. M. **Grupos Focais e Pesquisa Social Qualitativa: o debate orientado como técnica de investigação**. XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, realizado em Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil de 4 a 8 de novembro de 2002.

FÁVERO, M. H.; SOUSA, C. M. S. G. A resolução de problemas em Física: revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, Brasil, v. 6, n. 2, p. 143 - 196, 2001. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n2>> . Acesso em 05/01/2008.

GAULIN, C. Tendencias actuales de la resolución de problemas. **Revista Sigma**, n.19, p. 51-63. Conferencia pronunciada el día 15/12/2000 en el Palacio Euskalduna, Espanã. Disponível em: <<http://www.berrikuntza.net>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2008.

GORDILLO, M. M.; CERREZO, J. A. L. **Acercando la ciencia a la sociedad: la perspectiva CTS su implantación educativa**. Seminario sobre sensibilización sobre el enfoque CTS. Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colômbia, agosto de 2002.

_____; GALBARTE, J. C. G. Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, n.28. 2002. Disponível em <<http://www.rieoei.org>>, acesso em 21/04/2008.

_____; OSORIO, C. Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. **Revista Iberoamericana de Educación**, n.32. OEI. Madrid 2003. Disponível em <<http://www.rieoei.org>>, acesso em 21/04/2008.

GURUCEAGA, A.; GONZÁLES GARCIA, F. Aprendizaje Significativo Y Educación Ambiental: análisis de los resultados de una práctica fundamentada teóricamente. **Revista Enseñanza de las Ciências**, v.22, n.1, p.115-136, 2004.

JABBOUR, C.J.C.; SOUSA, A. B. L.; SANTOS, F. C. A. **A futura norma ISO 26000 sobre responsabilidade social: o debate e as implicações para a função produção.** Anais do XXVI ENEGEP, 2006. Fortaleza, CE, Brasil.

LAKATOS, E. A.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** 4e, revista e ampliada, Editora Atlas, São Paulo, 2001.

LUCERO, I. ; CONCARI, S.; POZZO, R. El Análisis Cualitativo en la Resolucion de Problemas de Fisica y su Influencia en el Aprendizaje Significativo. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v.2, n1. p. 85-96, 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ienci/>>. Acesso em 21/04 de 2008.

MACHADO, V.; PINHEIRO, N. A. M. Problema Gerador de Discussões: uma metodologia para o ensino em Engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, vol.2, n.01, 2009, p.31-49. Disponível em <<http://www.pg.utfpr.edu.br/depog/periodicos/index.php/rbect>>.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v.1, n.3, 1996, p.193-232. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>>. Acesso em 20/02/08.

_____. **Aprendizagem significativa crítica.** Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Peniche, Lisboa, p. 33-45, com o título original de Aprendizagem significativa subversiva, setembro de 2000. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>>. Acesso em 20/02/08.

_____. **Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica.** Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de 2006. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/>>. Acesso em 20/02/08.

PEREIRA, T. R. D. S. **O Profissional de Engenharia Frente ao Novo Cenário das Organizações.** Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Campina Grande, 2005.

PINHEIRO, N. A. M. **Educação crítico-reflexiva para um Ensino Médio científico tecnológico: a contribuição do enfoque CTS para o ensino-aprendizagem do conhecimento matemático.** 2005. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

_____.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Revista Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PIRATELLI, C. L. **A Engenharia de Produção no Brasil.** Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Campina Grande, 2005.

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

PÓVOA, J. M.; BENTO, P. E. G. **O Engenheiro, sua formação e o mundo do trabalho**. Anais do XXXIII COBENGE. Campina Grande, 2005.

ROSA, C. W. Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de Física na Universidade de Passo Fundo. **Revista Ensaio**, v.05, n.02, 2003.

SANTOS, F. C. A. Potencialidades de mudanças na graduação em Engenharia de Produção geradas pelas diretrizes curriculares. **Revista Produção**, v. 13, n. 1, p. 26 – 39, 2003.

SANTOS, M. V. M. Cidadania, conhecimento, ciência e educação CTS. Rumo a “novas” dimensões epistemológicas. **Revista CTS**, Portugal, v. 2, n.6, p.137-157, 2005.

SANTOS, S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Interdisciplinaridade e resolução de problemas: algumas questões para quem forma futuros professores de ciências. **Revista Educação & Sociedade**, Campinas, v. 29, n. 103, 2008. Disponível em <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 03 de abril de 2009.

SANTOS, W. .L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para a ação social responsável no ensino de ciências. **Revista Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.95-111, 2001.

_____. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio**, v.2, n.2, p.01-23, 2002.

SILVA, L. P.; CECÍLIO, S. A mudança no modelo de ensino e de formação na engenharia. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 45. p. 61-80, 2007.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**, ed. 3, Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, Florianópolis, 2001.

SILVA, S. F.; BELTRAN NUNEZ, I. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes: reflexões teórico-metodológicas. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6b, dez. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 31 de março de 2009.

SOUZA, C. A.; BASTOS, F. P. Um Ambiente Multimídia e a Resolução de Problemas. **Revista Ciência & Educação**, v. 12, n. 3, p. 315-332, 2006.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Revista Ciências & Cognição**, v. 13, n.1, p. 94-100, 2008.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 7ª ed. Editora LTC, Rio de Janeiro, 1998.

APÊNDICE A - INVESTIGANDO A FORMAÇÃO: INGRESSOS EM 2007

1- Questionário aplicado e os resultados obtidos

Senhores (as) alunos (as) do primeiro período dos Cursos de Engenharia de Produção da UTFPR, campus Ponta Grossa: a disciplina de Física Geral I é uma das disciplinas que tem apresentado menor rendimento por parte dos alunos e, conseqüentemente, maior índice de reprovação. Visando diagnosticar as possíveis causas desse baixo rendimento e a partir daí buscar soluções para esse problema é que lhes apresento essa atividade. Após a realização de alguns estudos referentes à Física Geral I, você pode fazer uma comparação entre a forma com que esses conteúdos foram trabalhados no Ensino Médio e como vêm sendo trabalhados no Curso de Engenharia de Produção. Esses conteúdos são: Sistemas de Unidades de Medidas, Movimentos, Leis de Newton e Atrito. Voltando-se para uma análise dos procedimentos realizados em sala de aula tanto pelo professor quanto pelo aluno, responda as seguintes questões:

1) No ensino médio a preocupação era maior em resolver cálculos sem dar muita ênfase ao raciocínio teórico necessário para solucionar os problemas.

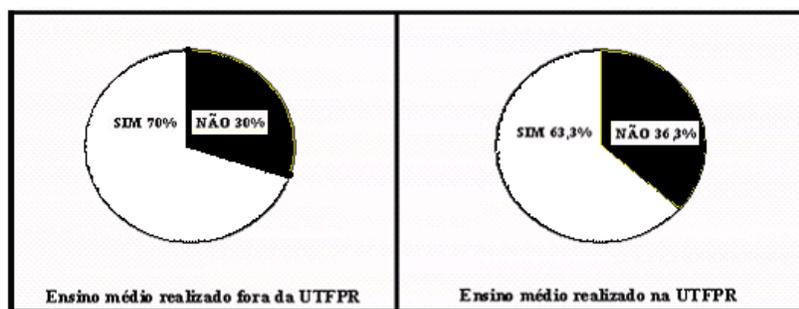
() sim () não

Resultados:

1-a) Sem distinção quanto a origem do Ensino Médio:



1-b) Com distinção quanto a origem do Ensino Médio:



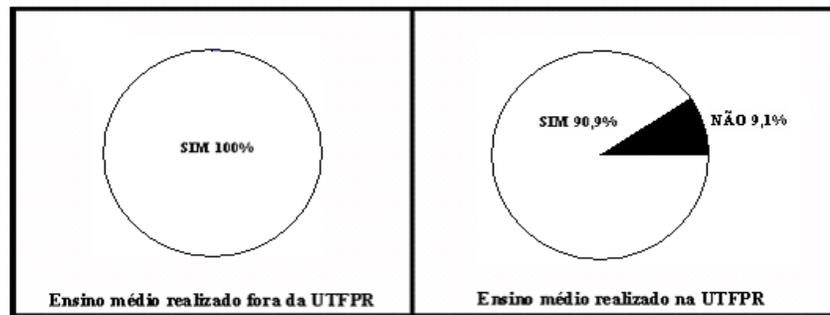
2)Na Engenharia não basta transformar uma unidade de medida, pois é preciso que se entenda o resultado obtido e a partir daí se verifique se há coerência ou não. No Ensino Médio não havia essa preocupação. ()sim ()não

Resultados:

2-a)Sem distinção quanto a origem do Ensino Médio:



2-b)Com distinção quanto a origem do Ensino Médio:



3)Na Engenharia o professor nos incentiva a resolver os problemas sempre se preocupando com que entendamos o(s) fenômeno(s) físico(s) relacionado(s).

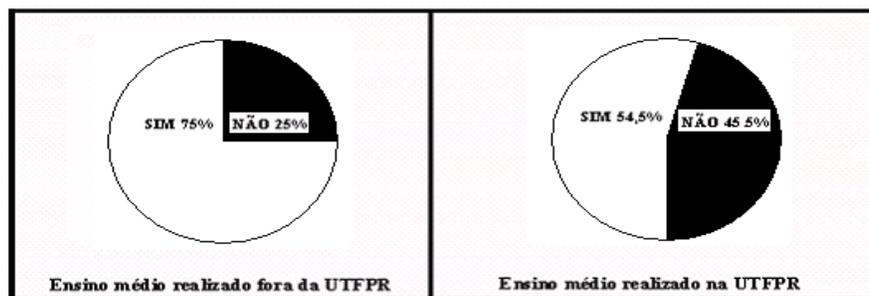
No ensino médio isso não acontecia? ()sim ()não

Resultados:

3-a)Sem distinção quanto a origem do Ensino Médio:



3-b)Com distinção quanto a origem do Ensino Médio:



4)No ensino médio a grande maioria dos problemas eram trabalhados, por exemplo, sobre o movimento de um carro que apostava corrida com um trem ou o movimento de uma bola chutada por um jogador de futebol. Na Engenharia os exercícios trabalhados são sempre voltados procurando

trabalhar situações práticas e relacionadas à linha de produção, onde o raciocínio teórico utilizado é bem maior e também há a necessidade de que se interprete os enunciados com muito mais atenção aos detalhes e isso está me trazendo dificuldades, pois, não estou acostumado a trabalhar desse jeito.

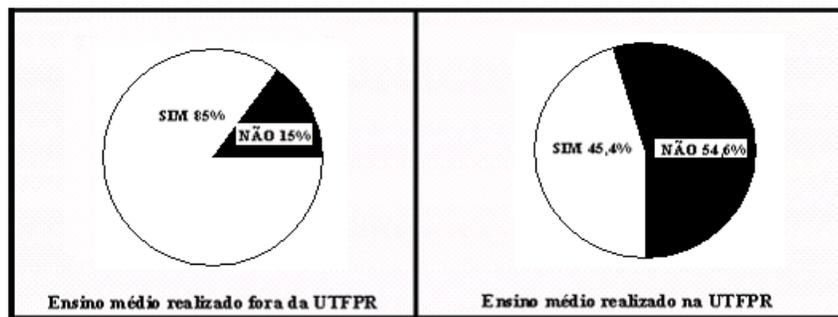
() sim () não

Resultados:

4-a) Sem distinção quanto a origem do Ensino Médio:



4-b) Com distinção quanto a origem do Ensino Médio:



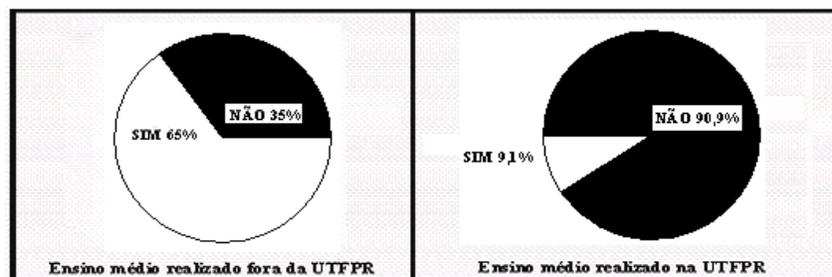
5) Penso que a forma com que foram trabalhados os conteúdos de Física no ensino médio não me trouxeram maturidade de raciocínio suficiente para trabalhar esses mesmos conteúdos de Física na Engenharia com a mesma facilidade.

Resultados:

5-a) Sem distinção quanto a origem do Ensino Médio:



5-b) Com distinção quanto a origem do Ensino Médio:

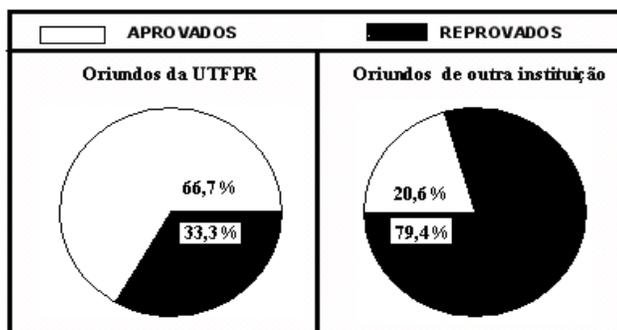


A análise estatística dos dados, nesse caso, foi esclarecedora. A diferença dos resultados obtidos para os dois grupos distintos de alunos permitiu concluir que a qualidade da formação média dos alunos oriundos da UTFPR/PG estava contribuindo para que esses alunos tivessem de uma forma geral um melhor rendimento que os alunos oriundos de outras instituições. Contudo, para se chegar a um resultado ainda mais conclusivo, julgou-se necessária uma análise sobre os dados contidos nos relatórios finais de notas desses alunos.

2- Análise do relatório final das notas

A primeira turma de Física Geral I no curso de EP no campus Ponta Grossa da UTFPR tinha 44 alunos matriculados, mas apenas 43 alunos freqüentaram o curso desde o primeiro dia de aula. Esses 43 alunos encontravam-se assim distribuídos: 9 alunos (20,9%) oriundos da própria UTFPR e o restante, 34 alunos (79,1%), cursaram o Ensino Médio em outra instituição.

O resultado final apresentado pelo relatório de notas mostrou que treze alunos conseguiram aprovação e trinta reprovaram, sendo que para os nove alunos oriundos da UTFPR/PG o resultado foi de seis aprovações e três reprovações, ou seja, foram aprovados 66,7% e reprovados 33,3% desses alunos. O resultado final observado para os trinta e quatro alunos oriundos de outras instituições foi de sete aprovações e vinte e sete reprovações, correspondendo a 20,6% e 79,4%, respectivamente, do número total dos alunos.



Na busca de adicionar mais informações às obtidas por meio da análise dos dados do relatório final de notas da primeira turma de Física Geral I, primeiro semestre de 2007, julgou-se necessário uma análise estatística sobre os dados obtidos por intermédio dos relatórios finais de notas das duas turmas - primeiro e segundo semestres - de Física Geral I, nos cursos de EP da UTFPR/PG. Os dados da distribuição e desempenho dos alunos recém-ingressos na Física Geral I em 2007 podem ser observados na tabela:

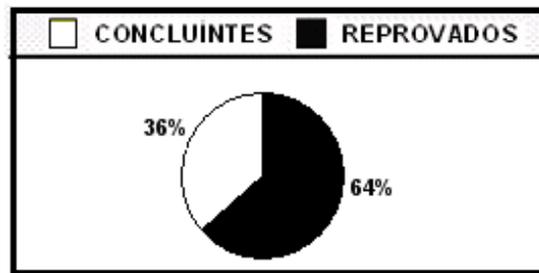
Tabela 4- APROVAÇÃO E REPROVAÇÃO NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO EM 2007

-----	Alunos	Concluintes	Reprovados
EP em Automação e Controle	46	17	29
EP em Mecânica	42	15	27
Total em 2007	88	32	56
Oriundos da UTFPR-PG	18	13	05
Oriundos de outra instituição	70	19	51

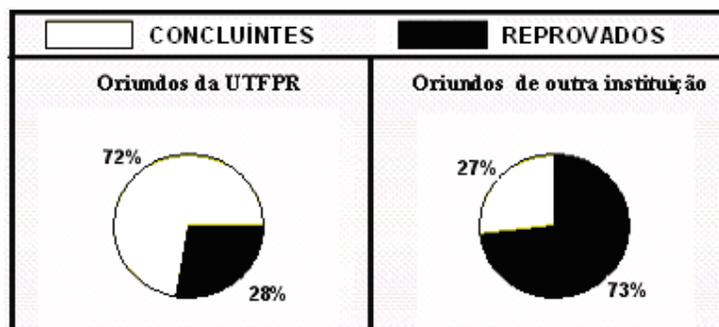
Fonte: Autoria própria.

Para melhor clareza dos dados e análise de suas informações, faz-se necessário entender que, em virtude das diversas situações, decidiu-se por não mais classificar o resultado final dos alunos como aprovados ou reprovados, mas como concluintes e reprovados. Dessa forma, foram incluídos na categoria dos alunos concluintes os alunos que conseguiram aprovação por terem sido deferidas suas solicitações de consignação de crédito, conforme o regulamento do curso.

A consignação de crédito ocorre quando o aluno já foi aprovado em outros cursos de graduação em disciplina de estudo de Física que apresenta semelhança em no mínimo setenta por cento do ementário estabelecido para a disciplina de Física Geral I, com carga horária igual ou superior a 75 horas-aula entre aulas teóricas e de laboratório. Nesse panorama, do total de 88 alunos recém-ingressos no curso de EP no ano de 2007 obteve-se o seguinte resultado final:



Já o resultado final dos 88 alunos recém-ingressos no curso de EP em 2007, com distinção quanto a origem do ensino médio, foi bastante revelador:



APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DA PESQUISA**CÂMPUS PONTA GROSSA****ENGENHARIA DE PRODUÇÃO () MECÂNICA () AUTOM. E CONTROLE
FÍSICA GERAL I / PROF. VINÍCIUS MACHADO****ALUNO****(A):** _____**1-Tecnologia e seus efeitos sobre sociedade e ambiente**

No Brasil, até meados do século XX, a produção era voltada basicamente para o setor primário e manufaturas, porém, a partir da segunda metade desse século, os governos que se seguiram passaram a promover a industrialização, por meio da importação de tecnologias dos países mais industrializados e com maior desenvolvimento Científico e Tecnológico. Nos cursos de formação profissionalizante, como os de Engenharia, a formação que se buscava na época era de um egresso (aluno formado em Engenharia) com forte base científica (conhecimento em Ciências) e técnica para poder utilizar artefatos tecnológicos (maquinário) importados. O setor produtivo nacional passou a lançar no mercado produtos tecnológicos produzidos por processos sem um planejamento adequado ou preocupado com os possíveis impactos tecnológicos.

Partindo desse contexto, responda aos seguintes questionamentos:

- a) Ao seu ver, qual a função da Física no processo de produção;
- b) O que você entende por técnica e por tecnologia?
- c) O que são impactos tecnológicos? De que forma os produtos tecnológicos podem produzir esses impactos?
- d) A sociedade pode sofrer com os impactos tecnológicos? De que forma?
- e) Ao seu ver, qual a importância e que aspectos devem ser considerados durante o planejamento de um processo de produção industrial? Justifique.

2-Função do Engenheiro

Solicita-se, nos dias de hoje, que a formação acadêmica (formação universitária) preocupe-se em habilitar e capacitar o egresso em engenharia a desenvolver várias funções na indústria:

-Aplicar conhecimentos científicos (matemática, física, química, etc.) à engenharia.

a)Que importância têm, no seu ponto de vista, esses conhecimentos para a sua futura atuação como engenheiro?

-Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;

b)Por que você acha que o engenheiro deve planejar um processo de produção?

-Avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas de produção;

c)O que você entende por avaliar criticamente e que pré-requisitos são necessários para que se possa desempenhar essa função?

-Avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;

d)Em que essa avaliação deve ser utilizada pelo engenheiro de produção?

-Avaliar a viabilidade de projetos de engenharia;

e)Que aspectos devem ser analisados para se indicar a viabilidade de um projeto?

3-Conhecimentos Científicos:

a)Como você explica a existência da aceleração centrípeta em um Movimento Circular Uniforme se nesse movimento a velocidade é constante?

b)Dois corpos interagem em um sistema isolado. Há a conservação da quantidade de movimento do sistema? Há a conservação de energia cinética do sistema? Justifique.

c) Explique a diferença entre as forças de atrito estática e cinética por meio do princípio da Inércia, estabelecido por Issac Newton.

d) Explique por meio de exemplos a que fenômenos físicos estão relacionados os Momentos: estático e linear, respectivamente.

e) Um objeto é solto em um plano inclinado que apresenta atrito. De que forma você determina se esse objeto desce o plano ou permanece em repouso? Suponhamos que o objeto desça o plano e atinja uma superfície plana, horizontal, também com atrito. Que tipo de movimento estaria sendo realizado por esse objeto nessa superfície plana e horizontal? Justifique.

4- Aplicação de conhecimentos em procedimentos experimentais

a) Você precisa determinar experimentalmente o período de um determinado pêndulo simples, utilizando-se apenas de um relógio de pulso com cronômetro. De que forma você conduziria a experiência na busca de obter o melhor resultado possível?

b) Sem realizar cálculos e sem necessariamente chegar ao valor numérico do resultado solicitado, explique os procedimentos que você desenvolveria na busca de resolução desse problema: dois registros foram mal fechados e apresentam gotejamento. O registro 1 vaza duas gotas de um fluido ($1873,9 \text{ lb/m}^3$) à cada segundo, sendo a massa de cada gota de $16 \cdot 10^{-3} \text{ dag}$. O registro 2 vaza quarenta gotas de um fluido ($0,8 \text{ kg/L}$) por minuto, sendo a massa de cada gota de 170 mg . Em quanto tempo, em segundos, os dois registros juntos vazam 20 litros?

c) Você precisa determinar experimentalmente o coeficiente de atrito existente entre uma superfície plana, rugosa e inclinada e a superfície de um objeto que se encontra em repouso sobre ela. De que forma você procederia para determinar o coeficiente de atrito estático dessa superfície em função do ângulo de inclinação do plano? Justifique.

d) Você precisa determinar experimentalmente o custo financeiro, relacionado ao consumo do gás de cozinha (GLP) durante o processo de produção do pão caseiro. Como você o determinaria? Justifique.

e) Você precisa determinar experimentalmente o valor da aceleração da gravidade em um determinado local. Como você procederia? Justifique.

APÊNDICE C - ORIENTAÇÕES AOS ALUNOS

1- As atividades serão realizadas em grupos contendo no máximo quatro alunos, sendo divididas entre: planejamento, desenvolvimento das atividades relacionadas à resolução do PGD, elaboração em grupo e entrega ao professor de um pré-relatório contendo informações sobre todas as atividades desenvolvidas, apresentação do pré-relatório por uma equipe sorteada e realização das discussões propostas pela atividade e para confrontar procedimentos e a entrega em data a ser marcada de um relatório final, individual. No relatório final, o aluno indicará de que forma as discussões realizadas contribuíram para corrigir os erros cometidos e confirmar os acertos ocorridos durante todas as atividades realizadas pelo grupo.

2- O professor não intervirá nas atividades desenvolvidas pelos alunos durante a fase dos grupos. As intervenções ocorrerão apenas a partir do processo de discussões sobre os pré-relatórios. Nesse processo, serão expostas as idéias, sem citar os autores, contidas nos relatórios. Nas discussões, todos deverão participar, para que se possa chegar a um entendimento sobre o melhor caminho para a resolução do problema e sobre as conclusões mais significativas;

3- O principal objetivo do professor ao propor a resolução do problema é promover, junto aos alunos, a aplicação dos conhecimentos científicos trabalhados na disciplina em situações voltadas para o contexto da Engenharia, o desenvolvimento de pesquisas, o confronto de idéias e a associação entre Ciência e Tecnologia com questões Sociais e Ambientais;

4- A escolha do tema a ser pesquisado na atividade é dada em função do ementário da disciplina de Física Geral I e, para a sua resolução, serão necessários o uso de raciocínio lógico e conhecimentos científicos já ou ainda não apropriados;

5- Os alunos poderão dirigir-se à biblioteca para realizar pesquisa caso julguem necessário o uso de um raciocínio ou conhecimento que considerem faltar domínio.

APÊNDICE D - ATIVIDADES REFERENTES AO PGD I

a) Relatos apresentados pelos grupos referentes à questão do Problema

Gerador:

Munidos destes valores simulados, dos preços do quilo de sal, do litro de leite e do quilo do pão no supermercado XXX, obtidos através do site do mesmo, calculamos o preço de um pão caseiro e um pão industrializado e comparamos estes preços com o preço final comercializado pelo supermercado, que são: 1,29 R\$ o quilo do sal, 1,69 R\$ o litro do leite e 4,49 R\$ o quilo do pão. Assim o preço da mão-de-obra caseira seria o preço comercializado do pão pelo supermercado subtraído do custo da produção caseira (alunos, grupo A).

Como não temos trigo, fermento, açúcar e margarina, utilizamos o sal nas medições para podermos demonstrar o procedimento, mesmo sabendo que a densidade desses produtos é diferente. Para medir a massa das xícaras de trigo (que aqui foi substituído por sal), mediu-se o valor de uma xícara vazia e uma cheia e multiplicou-se o resultado da diferença entre elas por três. Para medir a massa da margarina, mediu-se a colher vazia e depois se compactou o sal entre as mãos e a colher, devido a suas densidades serem diferentes e de forma similar à xícara, medimos sua massa. Foi perceptível uma diferença de massa entre o sal compactado e o sal sem compactação (alunos, grupo D).

Cálculos do volume e peso dos ingredientes envolvidos. Cálculos de custo. Pesquisa na internet para obtenção de dados. Comparação e análise dos custos de produção dos pães (padaria e caseiro) (alunos, grupo F).

Para determinar o valor atribuído à mão-de-obra, na produção caseira, para que duas porções iguais de pão produzidos em casa e na padaria tenham o mesmo custo, segue a equação $X - Y = Z$. Os custos para o pão produzido em casa:

$$\text{-INGREDIENTES} + \text{GÁS NATURAL} = Y; \text{-MÃO-DE-OBRA} = Z$$

Os custos do pão produzido na padaria:

$$\text{INGREDIENTES} + \text{GÁS NATURAL} + \text{ENERGIA ELÉTRICA} + \text{MÃO-DE-OBRA (PADEIRO)} + \text{MÃO-DE-OBRA (ATENDENTE)} + \text{IMPOSTOS} + \text{LUCRO} = X$$

Assim, conclui-se que o custo da mão-de-obra do pão feito em casa é igual ao montante dos custos do pão produzido na padaria, com exceções dos ingredientes e do gás natural que também são custos do pão caseiro (alunos, grupo G).

Para encontrar um custo de mão-de-obra igual para o pão produzido por uma padaria produzida por uma dona de casa, devemos levar em conta vários aspectos que influenciam diretamente no custo desse pão. O padeiro possui uma maior eficiência na produção de pão e consegue produzir em um tempo muito menor do que a dona de casa, fazendo com que o custo do pão caia e torne o pão da dona de casa mais caro. Até aí o pão da padaria está mais barato, porém o dono da padaria tem de pagar pela técnica empregada pelo padeiro, assim o preço é acrescido junto ao preço total do pão da padaria, igualando o preço devido a técnica que é necessário no processo de industrialização (alunos, grupo H).

- Pesquisar a capacidade (volume) da xícara medida para a conversão e exata quantificação das unidades de medida. (S.I) $V = 0,000175m^3$ (volume aproximado)

- Pesquisar o preço dos ingredientes indicados – referente à quantidade utilizada na receita – para cálculo de custos, indicando conforme S.I;

-3 xícaras de trigo = R\$ 0,82 ~ 0,360 Kg (valores aproximados);

-1 colher de sopa de sal = R\$ 0,004 ~ 0,00585 Kg (valores aproximados);

-1 colher de sopa de fermento granulado = R\$ 0,75 ~ 0,030 Kg (valores aproximados);

-2 colheres de sopa de margarina = R\$ 0,187 ~ 0,024 Kg (valores aproximados);

-2 xícaras de leite = R\$ 0,54 ~ 0,000350 m³ (valores aproximados);

-2 ovos = R\$ 0,333 ~ 2 unidades (valores aproximados).

Custo aproximado dos ingredientes: R\$ 2,647. Incorporar, ao custo estimado, o custo de produção referente ao método (processo) escolhido. Máquina elétrica de fazer pão: consumo aproximado em 40 min: 1,08 MJ, valor aproximado: R\$ 0,173. Custo ingredientes+custo de produção= R\$ 2,82 (alunos, grupo J).

Procedimentos propostos: determinar a medida e o valor, em reais, do sal utilizado para preparação do pão, determinar a quantidade de leite e o valor gasto para fazer o pão (alunos, grupo I).

b) Relatos apresentados pelos alunos analisando as atividades por eles desenvolvidas na solução do Problema Gerador:

Não calculamos, por ignorância, o consumo de gás que seria utilizado nessa atividade. Consumo esse que deve ser devidamente considerado porque em quarenta minutos existe um grande gasto devido a um grande consumo (aluno 06).

Primeiramente erramos ao nos distanciar da proposta feita. Em segundo lugar, nos esquecemos de incluir no cálculo dos preços a utilização do fogão a gás, apesar de termos ciência de sua importância no processo proposto (aluno 04).

[...]das discussões executadas em sala de aula ficou comprovado que o relatório deve ser algo minucioso, ou seja, altamente descritivo. Faltou em nosso relatório mais dados, com, por exemplo, as conversões de unidades de medida utilizadas, o método mais correto de se aferir a massa de um corpo em uma balança,[...] (aluno 02).

Primeiramente houve um objetivo equivocado, não atendendo a meta especificada no trabalho [...] precisávamos quantificar os valores das quantidades em kg e L e calcular quanto cada ingrediente valia em reais e depois era só colocar os valores na seguinte igualdade: Custo matéria prima + Custo mão-de-obra = Valorpadaria (aluno 34).

Não tivemos a preocupação de saber o custo dos outros ingredientes por causa do erro de interpretação já dito anteriormente, mas a forma com que o grupo 4 calculou foi muito inteligente, pelo fato de só terem o sal e a água em mãos (aluno 30).

[...]comparar o custo da mão de obra do pão caseiro em relação ao feito na panificadora é uma situação complexa, pois não são poucos fatores que o influem, mas muitos, dentre eles, qualidade da matéria prima, método o qual é assado o pão, tempo de consumo (instantâneo ou depois de dias), comodidade, dependência da energia (independente de qual forma de assar), qual emite mais ou menos poluição, como seria a quantificação da energia para custo final envolvida no processo (aluno 36).

Para uma avaliação mais precisa, bem como comparação de preços do pão-de-leite feito na padaria e em casa, seria necessário mais tempo para análise de outras características que influenciariam no preço final do mesmo[...] gastos com energia elétrica, água, material de limpeza, salário de funcionários, enfim, quaisquer elementos que pudessem onerar o preço do pão-de-leite em questão[...] (aluno 10).

A princípio, não havíamos entendido a essência da proposta, mas após alguns novos pontos de vista que foram ressaltados e do auxílio do professor, passamos a fazer um estudo dos processos mais eficazes, analisando os mesmos produtos, mas de origens totalmente distintas (padaria e lar), procurando a maior eficiência na produção, desde adquirir a matéria prima para ser gerado o calor que assaria o pão, até a distribuição e consumo do mesmo. Concluímos que seria bem melhor utilizarmos unidades de medida acolhidas pela maioria de distribuidores dos ingredientes, sendo mais fácil assim, calcular o custo do pão. Como por exemplo o gás em quilogramas, o leite em litros, ou seja, unidades que não pertencem necessariamente ao sistema internacional, mas que por um método facilitado, não exigem conversão de unidades, diminuindo assim o índice de erros (aluno 11).

Após debate com os grupos pude observar que existe várias medidas para calcular o custo de cada produto utilizado, englobando desde os ingredientes até a utilização de produtos de limpeza. Isso significa que o custo pode variar desde a diferença da massa utilizada até ao preço pago pelos produtos, como discutimos que a dona de casa por comparar em menos quantidade provavelmente comprará o produto mais caro do que o preço que as padarias pagam pelos ingredientes, pois, por comprar em maior quantidade conseguirá um preço menor do que o preço real do produto. Conclui também que não só os ingredientes podem vir a interferir nos custos, como também os materiais utilizados seja ele forno a lenha, gás ou elétrico (aluno 08).

Partindo do que foi apresentado pelo grupo 4 eu constatei que não foi determinado o custo entre o pão produzido em casa e o pão produzido na padaria, também não discriminamos os valores para cada um dos outros ingredientes que iriam na composição da receita. Também foi desconsiderada a relação de salário de funcionários, 13º salário, carga horária se a receita fosse produzida em horário normal ou horas extra. Não calculamos o consumo de gás e muito menos o preço em relação a madeira e eletricidade (aluno 37).

No caso do detalhamento de cada passo de nosso processo, como grupo, deixamos muito a desejar. Nas discussões, e nos comentários dos professores, notei como é importante a riqueza de detalhes e o maior número de informações técnicas possíveis. Praticamente impossível, mas considerar todas as variáveis, deve ser a principal preocupação na elaboração de qualquer projeto (aluno 40).

As idéias debatidas na sala de aula sobre o valor da mão de obra de um pão feito em casa para que ele tenha o mesmo valor do pão feito em uma padaria não mudaram minha conclusão. Visto que o pão da padaria tem um valor maior para suprir os gastos da própria empresa como salário do padeiro, salário da atendente, energia gasta no processo de fabricação, ingredientes e gás natural, o valor da mão de obra caseira será igual a diferença de dinheiro gasto em uma padaria com o gasto em uma casa, ou seja, se o pão de padeiro for X e o pão caseiro for Y, então $X - Y = Z$ onde Z é o valor da mão de obra de um pão feito em casa (aluno 25).

Nosso grupo cometeu um, digamos assim, erro em certas partes do nosso trabalho, um deles e talvez o pior foi não ter colocado no papel todos os mínimos detalhes dos procedimentos propostos e desenvolvidos. Na questão se o pão da indústria é mais barato ou não pegamos um caminho que estava fora do contexto do trabalho, pois consideramos que a indústria produzia muito mais pães, com isso na hora de comprar os ingredientes compraríamos mais e por isso haveria uma queda nos preços, só que o projeto não tratava disso, e sim na produção de apenas um pão. Avaliando que o preço pago nos produtos é o mesmo o tanto para o padeiro quanto para a dona de casa o padeiro ainda tem que pagar a mão-de-obra. Daí tira que o preço total da produção menos o preço dos produtos daria o preço da mão-de-obra da dona de casa. Calculamos o custo do leite do sal e deixamos o resto para trazer, como a margarina os ovos a farinha, etc. (aluno 21).

De certa forma todos os grupos fizeram suas pesquisas (trabalhos) de forma incorreta, alguns com trabalhos de certo modo bom mas com muita falta de detalhes e anotações, que seriam essenciais para uma boa pesquisa (inclusive o nosso ocorreu isso). Outros fugiram diretamente do tema a ser pesquisado inclusive calculando algo de maneira equivocadamente, o que não foi proposto no começo do trabalho (aluno 12).

Após a discussão realizada em sala, percebi alguns aspectos falhos no desenvolvimento de nossa pesquisa. Para podermos obter um resultado mais específico seria necessário que levássemos em conta, além dos que já foram citados, outros aspectos. Para determinar o valor atribuído à mão-de-obra na produção caseira precisaríamos saber o preço gasto em todos os ingredientes, usando regras de três simples, assim como foi usado para o sal e o leite, o valor da energia consumida pelo equipamento utilizado (forno a gás, forno à lenha ou máquina elétrica) (aluno 17).

c) Análise do professor sobre os dados coletados:

Os relatos expostos pelos alunos por meio dos pré-relatórios elaborados em seus grupos permitem concluir que não houve por parte deles uma correta interpretação sobre a atividade proposta, pois em nenhum dos relatórios apresentados pelos grupos ocorreu a apresentação detalhada dos

procedimentos solicitados. Os alunos do grupo A, por exemplo, se limitaram a indicar preços pesquisados em um site.

Os alunos do grupo D tentaram calcular os custos de produção referentes a ingredientes que não lhes foram colocados à disposição, buscando de forma criativa, mas equivocada, substituí-los por outros produtos com características físicas distintas.

O relato do grupo F apenas indicou o que fazer, mas não explicaram como fazer. Os alunos do grupo G equivocaram-se quanto ao uso do custo do pão produzido na padaria. Esse valor era final e servia apenas como referência ao preço final do pão feito em casa, por isso, não havia a necessidade de estabelecer os custos de produção na padaria.

Outro equívoco foi percebido no relatório enviado pelos alunos do grupo H que fizeram comparações entre o pão feito em casa e o pão produzido em grandes quantidades na padaria. Os alunos do grupo I relataram como procedimentos propostos os procedimentos que deveriam ser feitos na segunda atividade do PGD.

O relatório apresentado pelos alunos do grupo J foi o que mais próximo chegou do resultado esperado. Esses alunos indicaram, ainda que sem muitos detalhes, alguns passos necessários para se chegar ao custo da produção e ainda houve referência à necessidade de somar ao custo referente aos ingredientes também o custo da energia necessária para assar o pão.

Para a realização do processo das discussões um dos grupos manifestou-se voluntário para apresentar seu pré-relatório. Porém, ao verificar que a atividade desenvolvida pelos alunos desse grupo fugiu completamente da atividade proposta e por julgar que esse fato impediria a comparação entre procedimentos desenvolvidos em todas as atividades do PGD, decidiu-se por sortear outra equipe para fazer a apresentação.

Com a apresentação desse grupo, as intervenções dos demais grupos, questionamentos e explicações realizadas pelo professor, percebeu-se que boa parte dos grupos sabia como responder a questão proposta de forma correta, porém, a má interpretação inicial e a dificuldade em produzir relatórios de forma mais detalhada acabaram contribuindo para que os objetivos não fossem atingidos. Após análise sobre os relatórios finais entregues pelos alunos após o processo das discussões concluiu-se, em função do comentado pelos alunos

04, 06, 08, 10, 17, 21, 36, 37 e 40, que o processo das discussões permitiu um melhor entendimento sobre a complexidade do processo para a determinação do custo da mão-de-obra em função dos vários aspectos que devem ser considerados.

Outro aspecto importante que parece ter ficado claro aos alunos, a partir do que comentam os alunos 02, 12, 21, 34 e 40, é a necessidade de que os relatórios sejam elaborados com mais detalhes e o maior número de informações possíveis. Entre essas informações observou-se a necessidade de constar especificações sobre recipiente ou instrumento usado, necessário para medir a quantidade de material utilizado com suas respectivas graduações ou escalas de medidas. As conversões de unidades de medidas necessárias para se adaptar o recipiente ou aparelho à medida usual do produto e os cálculos necessários para se indicar o custo dos ingredientes e o raciocínio matemático utilizado para se determinar o custo da mão-de-obra, entre outros.

d) Relatos sobre os procedimentos desenvolvidos pelos grupos, referentes à formação profissional:

Começamos o trabalho determinando as porções de matéria-prima utilizadas na receita para o Sistema Internacional, ou seja, unidades para Kilo e Litro. Desta forma pode ser obtida uma precisão maior nas quantidades dos ingredientes. Primeiramente medimos a quantidade de leite, e para isso foi usado inicialmente um becker com escala de 50 ml, então o instrumento foi mudado para um copo graduado com uma escala de 5 ml, pois foi considerado grande em relação ao volume a ser analisado. Nesta coleta de amostras foi verificado que o volume variou entre 330 ml e 350 ml, sendo esta margem de erro de 3,07% com um total de 5 amostras. No caso do sal foi utilizada uma balança de precisão milesimal, sendo que esse ingrediente foi colocado na colher de maneira puramente visual sem tomar maiores cuidados, foram também recolhidas 5 amostras que variaram entre 4,8 g e 5,4 g. Por fim foi determinado que em cada pão fosse utilizado 350 ml de leite e 5,3 g de sal por unidade. Os métodos propostos para a medição das quantidades de ingredientes podem ser melhorados se forem todos convertidos no sistema internacional (alunos, grupo B).

Também foi observado o custo do leite e do sal usado para a produção do pão e foi constatado que o leite gasto (330 ml) custa R\$ 0,5214 e o sal (10,5 g) R\$ 0,00861. Levando em consideração: Litro do leite R\$ 1,58 e o Quilo do sal R\$ 0,82. Calculamos a quantidade gasta usando uma xícara, uma colher, uma balança e uma proveta ou cilindro graduado. Fizemos uma regra de três simples usando o volume da xícara, o litro de leite e seu preço. E o mesmo com o sal, substituindo a xícara, pela colher (alunos, grupo H).

Preços: 1 kg de sal: R\$0,87 e 1 litro de leite longa vida: R\$1,97, medidas: Sal - 10,3g = 1,03. 10-3 kg, Leite - 325ml = 0,325L. Agora efetuando a regra de três simples para verificar o valor de leite e sal em cada pão:

$$\begin{array}{l} 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ ----- } x \\ 1 \text{ ----- } 0,87 \quad \text{Então } x = 0,017 \text{ à R\$0,02 (aproximadamente)} \\ 0,325 \text{ ----- } x \\ 1 \text{ ----- } 1,97 \quad \text{Então } x = 0,64 \text{ à R\$0,64 (alunos, grupo C).} \end{array}$$

Preço de 1 litro ou 10-3 m³ de leite: aprox. R\$ 1,76, de 0,275 litros ou 2,75 x 10-3 m³ de leite informado na receita do pão: R\$ 0,484, de 1 Kg de sal: aprox. R\$ 0,87. Preço da meia colher de sopa de sal, 7,7g ou 7,7 x 10-3 Kg: R\$ 0,0066. Custo da receita (sal e leite): R\$ 0,49 (alunos, grupo E).

CUSTOS EM REAIS (R\$): Sal, ½ colher de sopa = 10g ao custo de R\$0,007 e Leite, 2 xícaras = 350mL ao custo de R\$0,518. Total da receita = R\$0,525. MEDIDAS NO SISTEMA INTERNACIONAL (SI): Sal, ½ colher de sopa = 0,010kg e Leite, 2 xícaras = 0,00035m³ (alunos, grupo G).

Procedimentos desenvolvidos:

- Pesar apenas a colher e depois pesá-la com a quantidade especificada (meia colher) de sal, para podermos calcular o valor gasto. COLHER – 12,6 g, COLHER COM SAL – 17,7 g, APENAS O SAL – 5,1 g. 1 kg DE SAL – R\$ 0,59 (preço sugerido pela cantina da UTFPR) 5,1 g --- X, 1000 g --- R\$ 0,59 , logo X= R\$ 0,003
- Medir o volume da xícara: para isso enchemos a xícara de água e despejamos o líquido num recipiente graduado (becker) para sabermos o volume, em mililitros, de cada xícara. XÍCARA – 200 ml, 2 XÍCARAS – 400 ml, 1 L DE LEITE – R\$ 1,30 (preço sugerido pela cantina da UTFPR) 400 ml --- X 1000 ml --- R\$ 1,30 , logo X= R\$ 0,52 (alunos, grupo I).

e) Relatos apresentados pelos alunos analisando as atividades por eles desenvolvidas na realização dos cálculos e atividades experimentais:

[...]podemos aprender muita coisa como por exemplo, em relação ao sal, para verificar a massa deste foi necessário a utilização da balança disponibilizada, que possuía uma função de zerar a massa do recipiente, e acabava por facilitar todo o trabalho, pois com isso não era necessário duas medições (recipiente e subtrair a do sal) (aluno 15).

A obtenção de dados mais precisos deriva de uso de aparelhos adequados e/ou medidas direcionadas para tais tarefas tais como medir a quantidade de leite em volume em copos graduados em mililitros, fazer a pesagem do sal em balança de pesagem de massa em miligramas e atenção aos métodos para os cálculos para transformação de grandezas quaisquer para o sistema internacional de unidades (aluno 01).

Na execução do trabalho a equipe encontrou algumas dificuldades em alguns aspectos como no caso de ter pegado o instrumento que nós não sabíamos manipular suas medidas, mas nós concertamos esse erro utilizando outro instrumento (aluno 07).

Na atividade, como o sugerido, calculamos os valores de sal e leite baseados em uma tabela de gastronomia encontrada na internet, que dizia com exatidão quantos gramas tem uma colher de sopa e quantos mililitros têm uma xícara de chá [...] (aluno 06).

Para obtermos o valor da massa de sal, primeiramente medimos a massa da colher, depois medimos a massa da colher com o sal e subtraímos a massa total da massa da colher para conseguirmos somente a massa do sal. Na obtenção do volume do leite, utilizamos o instrumento disponível mais graduado e com a unidade de medida em mililitros (ml), para um valor mais preciso. Para os preços, as unidades foram convertidas para as unidades do sistema internacional (SI) e depois fizemos uma simples regra de proporcionalidade utilizando a regra de três com os valores do mercado, também convertidas às unidades do SI (aluno 24).

Coerência das unidades de medida. Considerar a massa do recipiente. Para isso: [(massa do recipiente + conteúdo) – massa recipiente]. Assim teremos a massa do conteúdo somente. Ou utilizar o recurso “TARA” da balança, que desconsidera a massa do recipiente que foi utilizado para medir (aluno 29).

Um cuidado que antes não havia tomado e que foi discutido na apresentação foi o de eliminação da massa dos recipientes utilizados para a verificação da massa do sal. Concluo que para uma melhor precisão do valor de massas, um cuidado como este é de suma importância para que não haja erros em uma produção. Para se chegar ao volume do leite em ml com maior precisão deve-se observar a graduação da escala a ser utilizada, pois uma escala que mostra de 5 em 5ml é mais exata que uma que mostra de 10 em 10ml (aluno 25).

A questão do uso correto da balança eletrônica não havia sido levada em consideração no nosso grupo. Deveríamos ter-nos informado, ou pesquisado, como funciona a balança e utilizado o recurso da TARA. Ainda sobre as medidas, o uso do copo volumétrico de maior precisão na escala também poderia ter sido notado (aluno 40).

Para determinar o peso do sal para então descobrir seu valor na receita, fizemos o mesmo que maioria dos grupos: pesar a colher com e sem o sal e calcular a diferença. Ninguém do grupo sabia da existência do tara, o que não prejudicou no resultado final. Para o volume do leite utilizamos como instrumentos o copo graduado que durante as discussões descobrimos ser o de melhor escala (escala mais clara) (aluno 30).

Poderíamos ter melhorado nosso desempenho se tivéssemos usado a teoria dos erros para diminuir a margem de erro das medições e deveríamos ter usado a “tara” da balança, tecnologia esta que não prestamos a atenção que dispúnhamos. O recipiente em que medimos o volume de água, poderíamos ter usado um que tivesse uma escala maior, para diminuir nosso percentual de erro, porém teríamos que converter as unidades e não vimos que no recipiente vinha escrita a área da base (aluno 21).

A forma como é feita a medida dos ingredientes, tendo obrigatoriamente que desconsiderar a massa das embalagens para reduzir a margem de erro e assim refletir numa maior produção ou num maior rendimento.[...] (aluno 03).

Para determinar a massa de sal usada, poderia utilizar do mecanismo da tara da balança que tínhamos acesso, para obter um valor mais preciso, ou colocar o sal sobre um plástico ou papel, cujas massas poderiam ser irrelevantes, ou, também, utilizar a Teoria dos Erros. Com relação à forma usada para encontrar o volume da xícara, poderia ter sido usado um recipiente com uma escala mais precisa, para obtermos um resultado mais próximo do correto. E nunca esquecer de que é necessário ter todos os valores numa mesma unidade para que os cálculos sejam efetuados corretamente (aluno 17).

f) Análise do professor sobre as atividades realizadas pelos alunos:

Os dados contidos nos relatórios entregues pelos grupos permitem concluir que boa parte dos alunos apresentou dificuldades em realizar atividades experimentais básicas, mais especificamente, realizar medidas de volume e massa e posteriormente fazer conversões de unidades de medidas.

Percebeu-se também a dificuldade dos alunos de se expressar utilizando uma linguagem menos popular e mais científica. Os alunos do grupo B apresentaram em seu relatório uma deficiência bastante comum em alunos recém egressos do ensino médio: dificuldade ou falta de hábito em utilizar termos ou expressões com maior rigor científico. Observa-se com frequência os alunos inserindo em seus discursos termos como “pesou tantos quilos”, o que apresenta duas formas incorretas de expressar determinada medida.

Se o objeto foi pesado, o resultado obtido deve ser expresso em N (newton), lbf (libras-força) ou qualquer outra medida de força, dependendo da graduação do dinamômetro ou do sistema de medida utilizado. Entende-se claramente que ao citar “quilo”, o aluno tem por objetivo indicar uma medida de massa, nesse caso o quilograma. Porém, como pode ser observado na fala dos alunos do grupo B, utilizou-se o prefixo quilo como sinônimo de quilograma, o que não é correto e teve a intenção de indicar uma medida de massa para uma ação indicada como determinação de força.

Outros equívocos cometidos deram-se na indicação da precisão da balança utilizada. Se a precisão encontra-se na casa dos milésimos, há a necessidade de complementar a informação indicando se são milésimos de grama, de quilograma ou de qualquer outra medida de massa à qual a balança em questão estiver indicando os resultados medidos. E na indicação do litro

como medida de volume no Sistema Internacional e não o metro cúbico. Como ponto positivo, percebe-se a preocupação dos alunos em aplicar os conhecimentos anteriormente trabalhados no laboratório sobre a Teoria dos Erros, determinando mais de uma medida e calculando o percentual de erro.

Os relatórios apresentados pelos alunos dos grupos C e E apresentaram características bem semelhantes, limitados aos resultados obtidos. Os alunos do grupo C equivocaram-se na conversão da medida de massa e não apresentaram a medida do volume de leite correspondente ao SI.

Os alunos do grupo E equivocaram-se na conversão do volume de leite em litros para metros cúbicos. Os alunos do grupo F, assim como dos grupos C e E, não indicaram os procedimentos experimentais realizados para a determinação do volume de leite e massa do sal solicitados. No relatório também não indicaram o volume de leite com sua correspondente unidade de medida no SI. Porém, além de aplicarem a Teoria dos Erros, preocuparam-se em indicar a tabela com os valores calculados para determinar o percentual de erro. Os alunos do grupo H expressaram o prefixo quilo como uma medida de massa, não indicaram a precisão da balança e o volume de leite no Sistema Internacional, conforme o problema solicitava. Entende-se que a apresentação dos procedimentos realizados pelo grupo I foi bastante satisfatória, mas esses alunos não relataram as conversões de unidades de medidas solicitadas pela questão.

Decorrente do processo das discussões, os relatórios finais e individuais entregues pelos alunos permitiram um entendimento ainda maior sobre suas dificuldades em realizar atividades experimentais. E essas dificuldades foram percebidas em atividades relativamente simples como na determinação do volume de água utilizando-se de copos graduados, conforme relataram os alunos 01, 07, 17 e 21. Percebeu-se também a ocorrência de equívocos na determinação da massa de uma substância sem excluir a massa do recipiente que a sustenta e na realização de conversões de medidas ao passo que ocorreram cálculos de conversões entre grandezas iguais, mas cujas intensidades se encontravam em diferentes sistemas ou escalas de medidas. Dentre as várias questões abordadas no processo das discussões, os alunos 03, 15, 17, 21, 25, 29, 30 e 40 relataram o desconhecimento sobre a possibilidade de facilitar o trabalho de medição da massa do sal usando o

recurso “TARE” da balança. Esse recurso permite determinar automaticamente a massa da substância sem considerar a massa do recipiente em que a substância encontra-se acondicionada. Esse recurso, num linguajar menos científico, permite “zerar a massa” do recipiente.

g) Relatos apresentados pelos grupos referentes às atividades relacionadas à formação para a cidadania:

1- Quanto aos conceitos de técnica e tecnologia

No início o pão era técnica, pois visava à subsistência do homem. Mas tornou-se tecnologia ao assumir valor econômico e ser comercializado (alunos, grupo A).

Pelo trecho do livro estudado se trata de um processo tecnológico já que é utilizado para ganho próprio, mas também pode ser uma técnica, pois todos podem se beneficiar (alunos, grupo B).

A produção de pão-de-leite, seja na padaria ou em casa, é o conjunto da técnica de como reunir os ingredientes, sovar a massa e deixá-la crescer aliada à tecnologia do fogão ou forno usado para assar o pão. Logo, à confecção do pão não dá-se a simples classificação de técnica ou tecnologia, mas sim a união de ambas, visando a qualidade ao final do processo (alunos, grupo D).

É uma união entre conhecimentos adquiridos através de professores (padeiro ou alguém da família em casa) e tecnologia utilizada em fornos de alta temperatura em padarias e em fornos à gás utilizados em nossas casas atualmente (alunos, grupo F).

Definimos fazer pão como uma técnica pois a maioria dos padeiros possuem o conhecimento prático e não o científico, por exemplo, eles não sabem as reações químicas que fazem a massa crescer, enquanto que se fosse uma tecnologia a grande maioria saberia na prática e também saberia todos os efeitos que envolvem esta arte (alunos, grupo G).

Fazer pão é uma técnica, pois têm como objetivo um produto para benefício humano, porém com o passar do tempo precisa-se de uma produção em larga escala e para isto inventam-se utensílios para aumentar e acelerar este processo. A este aumento a aceleração, com a utilização de meios para facilitar o trabalho, chamaram de tecnologia (alunos, grupo H).

Conforme concluímos, o ato de fazer pão é considerado uma técnica, pois, em essência, independentemente do processo utilizado, consiste na mesma técnica em todos os casos (alunos, grupo J).

2-Quanto à comparação e avaliação de processos tecnológicos

Aluno(s)	Forno à lenha	Forno à gás	Máquina elétrica
Grupo A	Nenhum relato.	Nenhum relato.	<p><i>Vantagens: praticidade de que seu uso proporciona: de poder colocar os referidos ingredientes e programar seu funcionamento, como por exemplo, o horário de início e término da produção do pão; a energia elétrica é menos impactante do que o gás natural e a lenha.</i></p> <p><i>Desvantagens: o forno elétrico talvez pudesse ser menos potente e este não atinge todas as camadas sociais devido ao seu preço de custo.</i></p>
Grupo B	<p><i>Desvantagens: tempo elevado da produção em comparação ao forno a gás e a máquina elétrica de fazer pão, requer mais mão-de-obra e agride mais o meio ambiente.</i></p>	<p><i>Vantagens: utiliza um combustível mais limpo e seu rendimento é maior comparando com os outros dois métodos</i></p>	<p><i>Vantagens: menor mão de obra;</i> <i>Desvantagens: produção de um único pão.</i></p>
Grupo C	<p><i>Vantagens: baixo custo.</i> <i>Desvantagens: exigir muito esforço para manter a temperatura adequada ao preparo e acúmulo de resíduos</i></p>	Nenhum relato.	<p><i>Vantagens: eficiência e porque ele nos possibilita a regulação da temperatura e não polui o ambiente.</i></p>
Grupo E	Nenhum relato.	<p><i>Vantagens: rapidez na produção, não se usa madeira, não ocorre desmatamento.</i> <i>Desvantagens: consumo de combustível aumenta e aumentamos custos de produção.</i></p>	Nenhum relato.
Grupo F	Nenhum relato.	Nenhum relato.	<p><i>Vantagens: produção mais limpa (sem poluição), mais rápida e com menos desperdício de “combustível” e danos ao meio ambiente.</i></p>
Grupo G	Nenhum relato.	<p><i>Vantagens: mais acessível; menor impacto ambiental, comparado ao forno à lenha; menor custo do gás, comparada com a energia elétrica.</i></p>	Nenhum relato.

Quadro 1- Comparação entre diferentes processos de produção do pão.

Fonte: Autoria própria.

h) Relatos apresentados pelos alunos após a realização das discussões:

1- Quanto aos conceitos de técnica e tecnologia

Técnica é uma junção de métodos e regras para a produção de uma atividade. A tecnologia é o conhecimento científico, que é inserido em uma atividade para a obtenção dos melhores resultados possíveis (aluno 2).

Fazer o pão ficou claro como técnica, definido como a habilidade manual, manipulação da receita e ingredientes. Já a tecnologia é relativo ao conhecimento do desenvolvimento científico, uma nova receita com ingredientes novos que manteriam o pão conservado e fresco por mais tempo seria um exemplo de tecnologia (aluno 36).

A discussão sobre técnica ou tecnologia foi boa para o meu conceito, mão que ele estava errado, sobre isso, para mim agora técnica é o ato de fazer (produzir) e tecnologia é o aperfeiçoamento da técnica utilizando conhecimentos científicos (aluno 07).

A discussão sobre técnica ou tecnologia chamou atenção pelo fato de que, nos dias de hoje a técnica está muito relacionada com a tecnologia, desde o ato de fazer um relatório, por exemplo, que antigamente seria manuscrito, hoje em dia temos a comodidade de fazê-lo digitado. O que precisa constar em um relatório, a técnica para fazer o mesmo não mudou, mas foram surgindo novidades que auxiliam na sua produção. Como o caso do pão, o ato de fazer pão, o que precisa para fazer, ver quando está bom ou não é uma técnica, mas o que auxilia nesse processo, seria a tecnologia, os produtos tecnológicos (aluno 16).

Sobre técnica e tecnologia, técnica é a habilidade de se fazer algo e tecnologia é esta técnica evoluída, com conhecimentos científicos sobre esta técnica, então, o processo de fazer pão é uma técnica, pois requer uma habilidade (aluno 24).

A produção de um pão-de-leite caracteriza-se como técnica, e não como tecnologia, pois, da confecção da massa até o produto final são aplicados conceitos, num processo pré-estabelecido, e para tanto não se faz necessário conhecimento científico ou mesmo aprofundado sobre o assunto "fabricação de pão". Aqui cabe citar uma frase dita durante a discussão: "Ao receber uma receita, você não a questiona, simplesmente a executa" (aluno 10).

Fazer o pão é uma técnica, uma habilidade manual, não sendo necessário o conhecimento científico (aluno 29).

Concluo que é uma técnica, pois técnica é a habilidade manual para desempenhar certa função e a partir do momento em que é elaborada uma nova receita é uma tecnologia, pois há a necessidade de um conhecimento científico para saber tudo o que está sendo integrado à receita (aluno 25).

A técnica é o fazer, a habilidade. A tecnologia é o modificar/melhorar a técnica. É um processo que necessariamente se usa o conhecimento científico (aluno 40).

Levamos em consideração que produzir o pão é uma técnica e que assim que passamos a estudar esse processo cientificamente ele passa a ser uma tecnologia, que é integrada a nossa vida e vista como um avanço de algo já pré-existente (aluno 13).

Sobre se fazer pão é uma técnica ou uma tecnologia eu ainda fico com a técnica, porque a dona de casa não utiliza conhecimento científico para fazê-lo ou seja ela sabe executar por estar na receita, mais o porque de colocar o fermento por exemplo ela não sabe. E como citado em sala de aula seria uma tecnologia se aplicássemos conhecimentos para melhorar o pão ou para deixá-lo com menos gordura, açúcar, por exemplo (aluno 32).

Observando os conceitos de técnica propostos, o processo de fabricação do pão é uma técnica, pois não precisa necessariamente de conhecimento científico para obtenção de resultados (aluno 31).

Fazer pães é uma técnica que com auxílio de equipamentos tecnológicos como a máquina de pão torna-se mais rápida e econômica (aluno 42).

Observando os conceitos de técnica propostos, o processo de fabricação do pão é uma técnica, pois não precisa necessariamente de conhecimento científico para obtenção de resultados (aluno 31).

É importante dizer também que fazer pão é, de fato, uma técnica. Já que segue um determinado processo. E por tecnologia entendemos uma modificação na técnica original, seja ela benéfica ou não (aluno 20).

2-Quanto às comparações e avaliações dos processos tecnológicos

Através das discussões foi visto que a sociedade visa uma melhor praticidade e qualidade nos bens utilizados pelos integrantes desta. O fator econômico é um dos principais pontos (e que não foi abordado em nosso relatório) a ser visualizado, já que ele é determinante em qualquer processo. Cabendo também ao meio ambiente um importante ponto a ser levado em consideração. No que diz respeito aos tipos e viabilidades dos fornos, no nosso relatório mostramos que seria ideal o uso de um forno elétrico. Um dos motivos seria a sua praticidade, outro seria a utilização de uma energia proveniente de uma fonte renovável, e que também causa um impacto menos agressivo ao meio ambiente, diferente da utilização de fornos movidos a lenha, promovendo desmatamentos (se a madeira utilizada não for legal e passar por um plano de manejo) e emissão de poluentes em suas combustões. Também não seria muito interessante o uso de gás natural, já que este é advindo de uma fonte energética não renovável (aluno 02).

Concluí que o melhor processo de produção de pão é realmente utilizando forno a gás, pois não polui o meio ambiente porque o GLP é o resíduo do processo de produção de combustíveis fósseis. Já a utilização da máquina elétrica não é viável porque é uma máquina específica para fazer pães e não dá para fazer mais nada, ao contrario do forno a gás, além de ser relativamente caro. Já o uso da lenha não é bom porque a queima da lenha polui bastante e também ocorre o desmatamento para obter esta lenha (aluno 24).

Nosso grupo entrou de acordo escolhendo o forno elétrico (não estamos falando de um forno industrial, mas sim de um forno convencional de pequenas dimensões equivalentes a de um forno a gás) como o ideal, porque esse é o que menos contribuiria para agravação de problemas para o meio ambiente apresentando como um benefício, a praticidade e a comodidade, mas como desvantagens o fato de apesar de bem planejada, uma usina hidrelétrica causa um impacto muito grande e de um forno como este não ser acessível a todas as camadas sociais. Entretanto, pudemos visualizar melhor tudo que estava em questão quando discutimos as idéias em sala: O forno a lenha, em questões ambientais, seria o mais prejudicial, porque sem o devido controle das madeiras utilizadas no processo, geraria desmatamento, efeito estufa e até mesmo erosão no local. Já o forno a gás ficaria em meio termo, já que o professor informou a todos que o gás usado no forno (GLP) não tem nenhuma contribuição em termos de agressão ao meio ambiente. Depois, discutimos em sala também, a qualidade das porções feitas nos três tipos de forno, onde eu, particularmente, escolheria o forno a lenha, sem dúvidas, pelo o gosto ser muito melhor (aluno 06).

Sobre a escolha do melhor processo de produção do pão segundo critérios ambientais, econômicos, sociais, políticos, etc., eu agora posso opinar de forma mais precisa. Ainda acredito que a melhor opção dentre as apresentadas seja o uso do forno a gás, uma vez que este é de mais fácil acesso e a maioria das residências e indústrias possuem um forno ou fogão convencional. Mas um novo argumento, talvez o mais forte, foi adicionado ao que meu grupo disse no pré-relatório: o GLP é pouco poluente, causando danos mínimos ao meio ambiente. E, de acordo com o site (<http://www.fogas.com.br/produtos.php?nomeArquivo=glp>), em temperaturas normais e pressões moderadas é o único gás que pode ser transportado e estocado na forma líquida, o que ainda reforça minha opinião à respeito do assunto, já que tal característica deste gás faz dele um combustível muito prático além de eficiente. Este mesmo site traz algumas desvantagens do GLP, como “O jato de Gás LP em contato com a pele provoca queimaduras.”, porém se usado com bom-senso e, se seguidas regras básicas de segurança, o botijão (como é comumente comercializado o gás líquido feito de petróleo), em condições normais, não apresentará perigo algum. Politicamente, é de responsabilidade do governo que se faça um planejamento energético, ou seja, que haja total controle sobre os meios de obtenção de energia, para que “surpresas da natureza”, como escassez de chuvas, não causem prejuízos energéticos para o país, como ocorreu na Crise do Apagão no ano de 2001 (aluno 10).

Através da discussão também tive a oportunidade de conhecer diferentes pontos de vista e aprender com eles, tal como no momento da discussão de qual forma de produção de pão seria a mais correta, onde descobri que o GLP é quase um “resíduo” do petróleo, já que não é o produto principal feito a partir dele e que não polui além de ser mais correto ecologicamente que a usina hidrelétrica, pois o GLP por ser um “resíduo”, sua fabricação não trás muitos problemas ambientais, já a hidrelétrica tem seus problemas como, por exemplo, a inundação da área onde será instalada a usina hidrelétrica porque mesmo tendo um planejamento seria impossível criar uma usina sem transformar o meio em que ela está, mesmo que não haja a inundação não é possível que essa construção não acarrete em algo (aluno 35).

Através do “debate” das idéias propostas por cada grupo a minha maneira de ver o problema e propor uma solução mudou. Como naquela hora em que o grupo que estava apresentando e os que estavam assistindo começaram a ver os benefícios e os malefícios de usar ou não o forno a gás, ou o fogão elétrico. De fato, para a produção em grande escala, em uma panificadora, por exemplo, o fogão a gás seria mais viável, pelo fato da acessibilidade e também considerando a questão ecológica, o a gás teria seus benefícios, pois ele é a utilização dos resíduos do petróleo, e não polui o meio ambiente. Falando também com relação ao processo de fabricação, a utilização da máquina de fazer pão seria inviável, considerando a qualidade do produto obtido ela também fica atrás. Porque, convenhamos, o pão feito em casa (manualmente) e assado em forno normal (a gás, elétrico ou a lenha) tem um sabor diferente, melhor. Mas então nos deparamos com a questão da praticidade de ter um aparelho tecnológico em mãos, que faça exatamente o que nós fazemos (desconsiderando a questão da qualidade) e que é prático para quem não tem tempo para ficar em casa e fazer o pão, tem preguiça de fazer ou que não sabe. Enfim, tem seus prós e contras (aluno 16).

Fatos interessantes foram adquiridos como o processamento de obtenção do GLP, sendo o resto de todo o processo de refinamento do óleo. A discussão do apagão foi de grande importância quando se discutiu a utilização da máquina elétrica para fazer pão. Como exemplo, a questão política, na ótica de gestão, não de partidos, ficou mais definida, a quem se atribui a necessidade de meios para garantir a produção nacional. Previsões, planejamentos, manejo dos recursos, como responsabilidade do governo. O desmatamento, para parte do processo de fabricação do pão. Além da importância da troca de gás carbônico por oxigênio que seria afetada, também a questão da erosão, impossibilitando o plantio, e futuramente a desertificação do terreno (aluno 36).

Elétrica: foi levantado pelo grupo 4 a questão do impacto ambiental gerado pela construção de barragens, usinas térmicas e nucleares, onde houve consenso sobre as conseqüências negativas deste tipo de atividade (poluição do ar, inundações permanentes). Queima de combustíveis (Gás GLP): na abordagem, concordamos que o impacto ambiental da queima deste combustível é mínimo, e sua produção, apesar de ser proveniente de combustível fóssil, representa uma parcela pouco significativa no volume de produção da torre de petróleo (pois é gerado a partir da sobra de outros produtos derivados do petróleo). Madeira: foi totalmente descartado seu uso devido ao desmatamento, salvo sob condições em que o foco no cliente seja a qualidade (sabor) do produto, onde, o pão, quando assado em forno à lenha, se torna mais atrativo (aluno 39).

Quando o tema abordado foi qual seria a melhor escolha para a produção de um pão a discussão não me fez mudar minha idéia de que o gás natural por não liberar gás tóxico é a melhor escolha, mas me fez ver além dos meus horizontes. Por exemplo, conclui que a lenha é a pior maneira de se produzir um pão devido o alto impacto ambiental que é o desmatamento gerando erosão do solo, aumento do aquecimento global, entre outros. Também conclui que um pão feito em uma máquina elétrica não é muito vantajoso primeiro pelo sabor que não é muito bom, e outra pelo impacto ambiental que uma hidrelétrica causa na região onde está instalada (aluno 25).

Caberia uma discussão mais complexa na questão ambiental, o gás de cozinha o glp (gás liquefeito de petróleo) é derivado do petróleo, aí pensamos de imediato que por ser derivado do petróleo faria um grande impacto ambiental, mas na realidade ele é um aproveitamento de resíduo do petróleo reaproveitado para a fabricação desse gás [...] no caso da máquina de fazer pão que utiliza a energia elétrica gerada por usinas hidroelétricas de fonte renovável (água) seria uma boa escolha, mas também existem os impactos para construir uma hidroelétrica como exemplo principal o desmatamento que geraria inúmeros problemas, da mesma forma que o forno a lenha, para obter a lenha temos que cortar árvores que causaria por exemplo a erosão, e a combustão dessa lenha eliminaria poluentes no ar (aluno 14).

Achamos melhor a utilização do gás devido à menor poluição, a queima da madeira iria gerar uma maior poluição e a não utilização da energia devido ao apagão e ate mesmo a possível fabricação de uma nova hidroelétrica em relação ao alagamento que a hidroelétrica iria causar (aluno 37).

Quanto à questão ambiental, seria mais fácil lidarmos com uma população consciente, mas o que notamos não é exatamente isso. Não são todas as indústrias que seguem as normas ambientais estabelecidas, liberando assim grande quantidade de gases poluentes na atmosfera; portanto seria mais conveniente e acessível, neste caso, o uso do gás butano para assar o pão, devido a ele não lançar poluentes no meio. É verdade que ele é um derivado do petróleo e sendo assim não é um recurso renovável, decorrente disso entra em pauta o uso do forno elétrico, onde a energia provida de usinas hidrelétricas poderia ser vantajosa, mas como o investimento para se adquirir um forno de pão é alto, fica então o gás de cozinha como melhor método. Seja a maneira fabril ou a caseira, nas proporções propostas, a poluição ambiental seria a mesma desde que os processos sejam equivalentes (aluno 33).

i) Análise do professor sobre os dados coletados:

1- Quanto aos conceitos de técnica e tecnologia

Entre as respostas, os grupos D, G, I e J classificaram e justificaram o ato de fazer pão como sendo uma técnica, destacando o relato dos alunos do grupo D que ainda se preocuparam em indicar o auxílio da tecnologia por meio do uso do fogão. Por outro lado, os alunos dos grupos A e B demonstraram em seus relatos uma clara dificuldade em conceituar os termos técnica e tecnologia, bem como dificuldades em diferenciar os dois termos e, por isso, não conseguiram classificar de forma correta o ato de fazer pão. Os alunos dos grupos F e H demonstraram ter uma vaga idéia sobre o conceito de tecnologia. O grupo F associou tecnologia a produtos tecnológicos utilizados e o grupo H a procedimentos científicos necessários para acelerar o processo de produção.

Analisando os relatos apresentados pelos alunos percebe-se que o processo das discussões contribuiu para sanar as dúvidas referentes à classificação do ato de fazer pão como sendo uma técnica. As discussões contribuíram também para promover o entendimento dos alunos sobre a importância da aquisição e utilização dos conhecimentos científicos no processo de elaboração de uma nova tecnologia.

2-Quanto às comparações e avaliação de processos tecnológicos

A última questão do PGD I solicitou aos alunos que fizessem uma comparação e por meio dessa indicassem benefícios e malefícios em relação a três processos diferentes de produção do pão: feito à mão e assado em forno à lenha, feito à mão e assado em forno a gás ou ainda preparado e assado em uma máquina elétrica. Concluiu-se, a partir da leitura dos dados coletados, que foram diversos os pontos relevantes não considerados pelos alunos durante as discussões nos grupos.

Os alunos do grupo A, por exemplo, restringiram-se a comentar como benefício a comodidade do uso da máquina elétrica e como malefício o alto custo do aparelho e sua suposta baixa potência.

Os alunos do grupo B fizeram comparações sobre a mão de obra necessária para produzir o pão em cada processo e indicaram, assim como os alunos do grupo A, a poluição gerada na produção do pão em forno à lenha.

Os alunos do grupo D inseriram um novo ponto de vista à questão comentando os diferentes efeitos sobre o nível de emprego a partir de cada processo, porém, sem explicar suas afirmações.

O grupo E restringiu sua avaliação ao uso do fogão a gás, estabelecendo como vantagem a preservação das árvores, mas, como desvantagem o consumo de combustível, sem especificar se esse combustível é renovável ou é poluente. Os argumentos utilizados pelos demais grupos praticamente em nada se diferenciam dos argumentos já comentados.

A leitura dos relatórios finais permite observar a importância do processo das discussões junto à metodologia PGD. A partir de seus relatos, os alunos evidenciam os diversos aspectos e pontos de vista sobre a questão que

nessa etapa foram analisados e que anteriormente, nos grupos, ainda não haviam sido considerados.

O aluno 02, por exemplo, citou a importância de se optar pelo uso de energia cujas fontes sejam renováveis. O aluno 06 relatou as discussões sobre os impactos no meio ambiente decorrentes das construções de usinas hidroelétricas. A possibilidade do uso controlado da madeira, o efeito do desmatamento provocando erosão e empobrecimento do solo também foram considerados por esse aluno, além da inserção do sabor como mais um aspecto a ser considerado.

O aluno 10, por sua vez, mostrou por meio do seu relato que ocorreram discussões a respeito de questão relacionada à segurança no manuseio das diferentes formas de energia utilizada em cada processo e sobre a responsabilidade dos governos em realizar um planejamento energético de acordo com as demandas da população e do setor de produção.

O aluno 33 citou outro ponto importante abordado e discutido, sobre as normas ambientais impostas às indústrias para regular a produção. O aluno 24 relatou a questão observada sobre a versatilidade do fogão a gás, comparando com a máquina de fazer pão e as comparações feitas entre os preços dos dois produtos. O aluno 39, ainda que superficialmente, acusou as discussões realizadas sobre a produção de energia elétrica por fontes diferentes de hidrelétricas, como usinas nucleares e termoelétricas. Os alunos 27 e 32 comentaram sobre a necessidade de planejar os processos de produção levando em consideração os diversos aspectos abordados.

Nesse contexto, conclui-se que as discussões contribuíram para o crescimento do entendimento, por boa parte dos alunos, da necessidade de relacionar as questões sociais e ambientais como fatores importantes no processo de produção. Contribuindo, dessa forma, para ampliar a visão dos alunos sobre a necessidade de não enxergar uma tecnologia apenas da forma que ela se apresenta, pois podem existir fatores externos influenciados por ela, antes, durante e depois da sua utilização.

j) Considerações finais do professor a respeito das atividades desenvolvidas pelos alunos na aplicação do PGD I:

Foram percebidas, a partir dos dados coletados na aplicação do PGD I, algumas dificuldades por parte dos alunos em realizar as atividades propostas:

1- Dificuldades de se expressar corretamente na forma escrita, observadas a partir da falta de qualidade e de detalhes nos relatórios entregues;

2- Dificuldades apresentadas por alguns alunos em realizar trabalhos em grupo, percebida pela falta de empenho, em alguns casos, ao realizar as tarefas propostas;

3- Dificuldade de se expressar na forma oral, percebida durante a etapa dos trabalhos de discussões e confrontos de idéias realizadas no pequeno e no grande grupo;

4- Dificuldades em construir relações entre conhecimentos científicos à questões mais voltadas para a cidadania como as sociais, ambientais, políticas, éticas, etc., entre outras.

Ocorreram equívocos por parte dos alunos na interpretação dos enunciados do PGD, erros nas transformações de unidades de medidas, dificuldades em usar termos científicos durante as discussões e nos textos dos relatórios, nas leituras erradas de volumes nos copos graduados e determinação da massa de sal sem desconsiderar a massa da colher em que esse sal estava contido.

Percebeu-se também uma aparente ineficiência das pesquisas realizadas pelos alunos na busca de informações que serviriam de subsídio ou argumentos para as suas discussões sobre as diferentes tecnologias relacionadas à produção do pão. Todavia, entende-se que as dificuldades acima relatadas não surgiram em decorrência da atividade PGD e sim em função das deficiências decorrentes da formação adquirida por esses alunos nos estudos no nível médio.

Por isso, entende-se que as atividades realizadas por esse PGD foram importantes para que o professor pudesse entender as dificuldades, relacionadas a conteúdos, apresentadas pelos alunos e permitiram ao

professor realizar, durante o processo das discussões, as correções e explicações sobre os pontos em que essas dificuldades foram apresentadas.

Nesse sentido, entende-se que as atividades realizadas contribuíram para o desenvolvimento de um processo de aprendizagem significativa, pois, de acordo com Moreira (2000), o conhecimento que se tem do mundo é provisório, portanto errado, logo, o erro deve ser encarado como algo natural, mas, que deve ser superado a partir de um processo crítico de rejeição às certezas provisórias. Entende-se também que as atividades realizadas contribuíram para o cumprimento de um dos objetivos estabelecidos pela teoria da Aprendizagem Significativa: compartilhar significados (MOREIRA, 1997). Nesse processo, segundo Moreira (1997, p.34):

O professor apresenta ao aluno os significados já compartilhados pela comunidade a respeito dos materiais educativos do currículo. O aluno, por sua vez, deve devolver ao professor os significados que captou. Se o compartilhar significados não é alcançado, o professor deve, outra vez, apresentar, de outro modo, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino. O aluno, de alguma maneira, deve externalizar novamente os significados que captou.

Percebe-se, contudo, que na atividade PGD desenvolvida não foi o professor que apresentou ao aluno os significados entendidos como iniciais. Coube ao professor apenas direcionar as ações dos alunos para que buscassem a aplicação dos significados já existentes nas atividades propostas no PGD. Após esse passo, o processo indicado por Moreira (1997) deu-se seqüencialmente pela devolução dos significados captados nas atividades desenvolvidas nos grupos por meio da entrega dos pré-relatórios, a avaliação e intervenção do professor durante as discussões no grande grupo e o novo posicionamento do aluno externado no relatório final.

A partir de comentários dos alunos apresentados no relatório final, também se permite concluir que as atividades realizadas nesse PGD contribuíram para que os alunos tivessem uma visão diferente da Física, até então entendida mais como um conjunto de conteúdos estanques e sem função muito bem definida no curso de Engenharia e dissociada de questões sociais e ambientais. Essa contribuição foi possível em função da contextualização das atividades realizadas no PGD e os constantes

relacionamentos entre essas atividades e as atividades do engenheiro, feitos pelo professor, durante as discussões realizadas no grande grupo:

De forma geral a interação dos alunos com o professor foi muito útil, pois não apenas demonstrou a forma correta de obter os resultados, como também a importância de deixar inteligível os procedimentos projetados pelo engenheiro às pessoas responsáveis pela fabricação (aluno 01).

Desta forma, vejo que ao fim deste trabalho, tudo o que fiz foi válido. Isso porque encontrei companheiros com quem posso trabalhar e que não tem preguiça de o fazer, fiz interessantes descobertas em relação a unidades e medidas, pude enxergar melhor qual é o papel e as responsabilidades de um engenheiro dentro de um processo, percebi que devo me ater sempre aos detalhes relevantes a determinado processo, entre outras razões. Com relação ao tema, percebi no decorrer dos debates com meus colegas de grupo, com o professor e com a sala aonde meu grupo e eu pecamos, o que deveríamos ter feito, qual detalhe deveríamos nos ter atido e qual não, o que poderíamos fazer para concertar ou melhorar nosso trabalho, enfim, achei todas as aulas usadas para esse trabalho muito interessantes e as usarei, certamente, nos próximos trabalhos em que me envolver (aluno 04).

Existe uma infinidade de variáveis a ser considerado, como o custo de cada ingrediente que é usado na fabricação do pão, se esses ingredientes são de boa procedência, a questão da energia usada, de para onde vai o que resta nessa produção, a questão da mão-de-obra, qualificação da mesma e mais uma série de fatores que influenciam no decorrer do processo até chegar ao produto final. Todas essas variáveis precisam ser consideradas e todas essas considerações serão feitas por um engenheiro numa linha de produção, portanto não podemos deixar nada passar em branco, pois tudo influencia (de maneira mais ou menos efetiva) em como o produto final chegará ao mercado. Isso que essa atividade tornou mais claro, a relação de um engenheiro com seu meio de trabalho e o tamanho da responsabilidade que ele acarreta (aluno 16).

Concluí com este trabalho que não somente nosso grupo, mais a sala toda em geral deixaram muitos pontos importantes de lado e preferiu ficar com o básico para realizar a pesquisa e quando as dúvidas surgiram ninguém tinha dados suficientes para responder as questões. Muitas dúvidas foram construídas com a discussão sobre os resultados que cada grupo obteve em suas pesquisas, como qual método era mais eficaz, mais rápido, mais adequado ao seu tempo, mais econômico em relação à “combustíveis” utilizados nos fornos para a produção de pão e também em relação ao custo de compra de cada combustível desse, foi levado em conta os danos que são causados no meio ambiente para a obtenção de gás natural, por exemplo, que como os outros combustíveis citados podem ser utilizados no processo de fabricação de pão caseiro ou em larga escala em grandes indústrias, aspectos políticos e sociais que parecem não ter ligação com o que estávamos pesquisando, mas que foi percebido que são de grande importância para uma verdadeira e precisa análise para um possível planejamento (projeto) no futuro. Enfim, percebi que não devemos nos basear em hipóteses para supostamente afirmarmos uma idéia da qual não temos todos os dados necessários para garantir sua autenticidade (aluno 13).

Quando o professor propôs o trabalho, tentei primeiro entender a “física do negócio”, porque de início nosso grupo foi desenvolvendo as questões, mas as teorias estavam muito falhas e também havia mais matemática do que a física propriamente dita nas conclusões que chegávamos. Ao decorrer do mesmo, fui descobrindo que ao fazermos um simples pão de leite devemos analisar cada mínimo detalhe, desde os ingredientes (suas medidas, qualidade, densidade dos produtos, etc) até o modo como iríamos preparar (em forno elétrico, a lenha ou a gás). Tudo isso envolvia mais do que questões de praticidade, ou mesmo o sabor do produto final, envolvia questões ambientais para a utilização de cada método de preparo do pão, o próprio gosto do consumidor, enfim uma infinidade de questões, que ao serem debatidas em sala de aula, ficaram um pouco confusas, devido a falta de detalhes técnicos e também as questões intrigantes que o professor fazia durante as apresentações de alguns grupos e quando os alunos falavam suas opiniões. Esse trabalho realmente acrescentou muito em nosso conhecimento, como o natural de qualquer ser humano, fiz um pré-julgamento após o professor nos ter proposto esse trabalho, fiquei feliz que ao final de tudo, meu pré-julgamento sobre a atividade estava errado, o trabalho agregou muito mais conhecimentos do que muitos trabalhos que já fiz em minha vida. Com ele também observei que o trabalho de um engenheiro não é apenas supervisionar e elaborar projetos, o engenheiro tem é que por a “mão na massa” (aluno 37).

Uma coisa ficou clara em nosso debate de sala, o que precisamos para sermos bons profissionais no ramo da engenharia é o conhecimento científico, porque sem ele não temos base de discussão nenhuma e como foi citado em meio às apresentações, em nosso meio não há espaço para achar nada, mais sim ter a certeza, ou é certo ou é errado (aluno 21).

A discussão em sala contribuiu muito, graças às diferentes opiniões apresentadas e diferentes métodos utilizados pudemos chegar a uma mesma conclusão. Porém, mesmo com o auxílio do professor, não fomos capazes de analisar todos os aspectos que possam influenciar nesse processo, a fabricação de pão, visto que esses aspectos dizem respeito a vários “setores”, como por exemplo: Aspectos climáticos, ambientais, empregativos, éticos, políticos, etc. Alguns desses aspectos necessitariam da presença de um profissional capacitado na área referente como engenharia ambiental, economia, química, e outros. Mesmo assim o resultado final da discussão foi satisfatório (aluno 20).

As discussões em sala foi uma experiência de certo modo nova, pois nunca havia passador por algo exatamente igual, as vezes com idéias a propor, mas ficando com vergonha e não falando nada, foi muito produtivo ao meu ver, vendo todos os grupos expondo seus pensamentos suas idéias, mudei a forma de pensar em quase todas as questões propostas, vi que as coisas são muito mais abrangentes que poderia imaginar, que não é qualquer comentário qualquer busca deixa seu trabalho bom, as discussões são algo essencial comentário bom de se acrescentar é de que nosso trabalho ficou muito vago com poucos detalhes importantes, alguns vistos em outros grupos outros comentados em sala pelo professor e pelos próprios colegas. Vários comentários na sala foram muito produtivos como o da questão de qual forno usar para fazer e assar o pão, ali se entrou em discussão a questão das hidrelétricas, a questão ambiental e as questões políticas que provavelmente ninguém colocou em seu trabalho e se colocou foi apenas um comentário básico (aluno 12).

Com todas as discussões deu para mudar um pouco a opinião em relação ao relatório final, e conclui que não é simplesmente apenas a maneira e os custos como que se faz o pão, mas sim todas as coisas que estão a sua volta, como fatores sociais, políticos, éticos, o que não foi citado de maneira geral pelo grupo (aluno 27).

Nesse contexto, entre os benefícios pode-se perceber a contribuição do PGD para a promoção de um processo de ensino participativo em que ocorreram experiências de aprendizado e desenvolvimentos de estudos coerentemente integrados, conforme solicitação das DCNs.

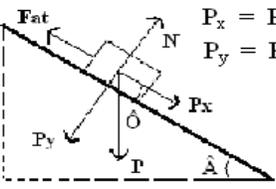
Faculdade não é colégio, isto foi outra coisa que pude aprender desde a primeira prática, isto porque temos que procurar o conhecimento necessário para desenvolver o que nos é proposto, diferentemente do colégio aonde o conhecimento vinha a nós (aluno 21).

Como ponto negativo, pode-se relatar as dificuldades relacionadas ao tempo disponibilizado aos alunos para desenvolver as atividades e elaborar os relatórios. Esse fato foi percebido durante o processo das discussões, quando alguns alunos manifestaram verbalmente a ocorrência desse problema.

APÊNDICE E - ATIVIDADES REFERENTES AO PGD III

a) Relatos apresentados pelos grupos referentes à questão do Problema Gerador:

Levando-se em conta que a $\text{tg } \alpha = \mu_s$ de acordo com a análise de forças aplicadas em um objeto parado em um plano inclinado, descrita abaixo:



$$P_x = P \cdot \text{sen } \hat{A}$$

$$P_y = P \cdot \text{cos } \hat{A} = N$$

Se $P_x = F_{at}$

$$P \cdot \text{sen } \hat{A} - \mu_s \cdot N = 0$$

$$P \cdot \text{sen } \hat{A} - \mu_s \cdot P \cdot \text{cos } \hat{A} = 0$$

$$\mu_s \cdot P \cdot \text{cos } \hat{A} = P \cdot \text{sen } \hat{A}$$

$$\mu_s = \frac{P \cdot \text{sen } \hat{A}}{P \cdot \text{cos } \hat{A}} = \text{tg } \hat{A}$$

Podemos desenvolver a equação:

$$\text{tg } \hat{A} = \mu_s \quad \frac{\text{sen } \hat{A}}{\text{cos } \hat{A}} = \mu_s \quad \text{sen } \hat{A} = \mu_s \cdot \text{cos } \hat{A}, \text{ sendo } \text{sen } \hat{A} = H/L = \mu_s \cdot \text{cos } \hat{A}$$

$$L = \frac{H}{\mu_s \cdot \text{cos } \hat{A}} \quad \text{sendo } \text{cos } \hat{A} = x/L \quad L = \frac{H}{\mu_s \cdot \frac{x}{L}} \quad x = \sqrt{L^2 - H^2}$$

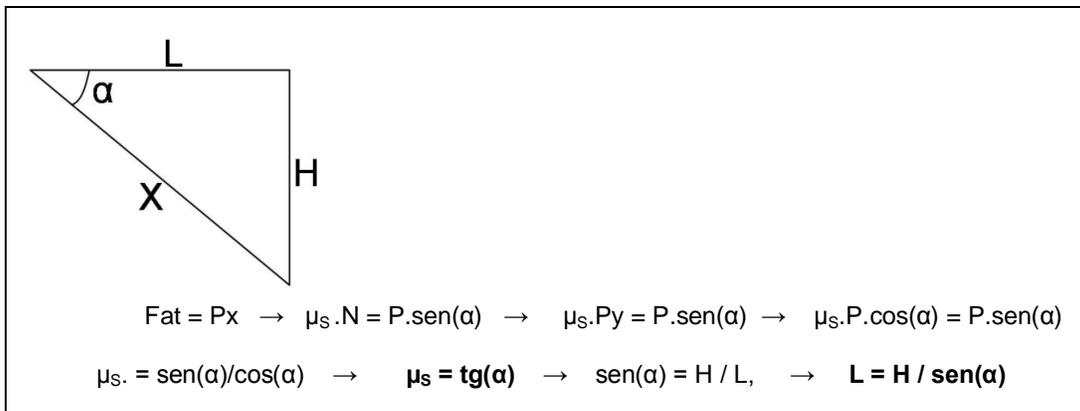
$$L = \frac{H}{\mu_s \cdot \frac{\sqrt{L^2 - H^2}}{L}} \quad 1 = \frac{H}{\mu_s \cdot \sqrt{L^2 - H^2}} \quad \sqrt{L^2 - H^2} = \frac{H}{\mu_s}$$

$$L^2 = \frac{H^2 + H^2}{\mu_s^2} \quad L = \sqrt{\frac{H^2 + H^2}{\mu_s^2}}$$

Quadro 1 – Resolução do problema gerador, grupo A, PGD III
Fonte: Autoria própria.

1-Inicialmente verificou-se que, para que o saco pudesse ser elevado até a altura “H” sem deslizar pela esteira, a força de atrito estática atuante deveria ter, em módulo, intensidade igual à componente do peso do saco de milho no eixo x. Estabeleceu-se também uma relação, por meio do seno do ângulo de inclinação da esteira em relação ao chão, entre a altura “H” e o comprimento mínimo “L” da esteira. Após isso se isolou o comprimento mínimo “L” da esteira $\text{sen } \alpha = H / L$. Considerando que α é o ângulo de inclinação da esteira em relação ao chão, $L = H / \text{sen } \alpha$. Munindo-se da primeira relação $F_{ats} = P_x$, tentou-se encontrar e isolar-se o seno de α . Isso porque a força de atrito estática será o produto entre o coeficiente de atrito estático entre as superfícies do saco de milho e esteira transportadora e a normal. E esta terá, em módulo, intensidade igual a da componente do peso do saco de milho no eixo y. Obtendo-se então: $F_{ats} = \mu_s \cdot N$ e $F_{ats} = \mu_s \cdot P_y$. Já a componente do peso do saco de milho no eixo x é dada pelo produto entre o peso do saco de milho e o seno do ângulo “ α ” de inclinação da esteira em relação ao chão $P_x = P \cdot \text{sen } \alpha$ e $\mu_s \cdot P_y = P \cdot \text{sen } \alpha$. Sabendo-se que a componente do peso do saco de milho no eixo y é dada pelo produto entre o peso do saco de milho e o cosseno do ângulo “ α ” de inclinação entre a esteira e o chão e isolando o seno de α no conjunto anteriormente descrito, encontra-se: $P_y = P \cdot \text{cos } \alpha$ e $\text{sen } \alpha = \mu_s \cdot \text{cos } \alpha$. Substituindo o seno de α isolado anteriormente na segunda equação evidenciada, tem-se uma relação onde o comprimento mínimo “L” da esteira será igual à razão entre a altura “H” e o produto entre o coeficiente de atrito estático das superfícies do saco de milho e da esteira e o cosseno do ângulo de inclinação “ α ” entre a esteira e o chão: $L = H / (\mu_s \cdot \text{cos } \alpha)$.

Quadro 2 – Resolução do problema gerador, grupo J, PGD III
Fonte: Autoria própria.



Quadro 3 - Resolução do problema gerador, grupo B, PGD III

Fonte: Autoria própria.

b) Relatos apresentados pelos alunos analisando as atividades por eles desenvolvidas na solução do Problema Gerador:

Na atividade de item número 1 uma má compreensão do enunciado fez com que a atividade não fosse devidamente respondida. Pediu-se para que se calculasse o “L” mínimo em função de “H” e em função do coeficiente do atrito. No entanto foi compreendido que se pediu para determinar o “L” mínimo em função de “H” e o coeficiente de atrito, separadamente, sem relação com “L” ou “H” (aluno 03).

Primeiramente, o grupo se equivocou na interpretação visada pelo professor, do enunciado da questão um. Isso porque ao invés de utilizar-se o teorema de Pitágoras associado com a relação de cosseno do ângulo “α” de inclinação da esteira com o chão para deixar o comprimento mínimo “L” da esteira em função apenas da altura “H” e do coeficiente de atrito estático “μ_s”, de a forma feita a seguir, deixou-se em função do cosseno de “α”, do coeficiente de atrito estático e da altura (aluno 04).

Essa questão ficou incompleta e com isso erronia, faltou tirar o ângulo (α) e para isso era necessário fazer a relação cosseno para substituir o cos α por x/L e depois para eliminar o x faz a relação de Pitágoras, dessa maneira completaria a questão e ficaria correta (aluno 07).

Na Primeira questão, erramos no fato de não continuar a questão, usando o cosseno do ângulo de inclinação e a relação do teorema de Pitágoras para deixar a equação que evidenciava o comprimento mínimo “L” da esteira em função apenas do coeficiente de atrito e da altura. Deixamos assim esta equação em função do coeficiente de atrito estático, da altura e do cosseno do ângulo de inclinação (aluno 06).

Devido a uma falta de interpretação do item numero 1 entendeu-se que deveria determinar o L e o μ separadamente, mas não um em função do outro. Porém durante as discussões pudemos, através de uma explicação dada pelo aluno Heder, chegar ao valor de L em função de H e μ (aluno 25).

A partir da discussão feita em sala de aula no dia 19/10/2008, segunda-feira, notei que erramos em alguns aspectos de nosso relatório, tal como o fato de ter colocado L não apenas em função de H , mas também em função de cosseno α , o que não foi pedido. Sendo assim o certo seria ter substituído o cosseno α por x/L , que pode ser encontrado por meio da relação de cosseno α é igual ao cateto adjacente sobre a hipotenusa. Fazendo uso do teorema de Pitágoras chega-se a conclusão que x é igual à raiz quadrada de $L^2 - H^2$. Sendo assim pode-se colocar L em função apenas de H e do coeficiente de atrito (aluno 35).

c) Análise do professor sobre os dados coletados:

A primeira atividade proposta pelo PGD III foi elaborada com o objetivo de testar a capacidade de aplicação, por parte dos alunos, dos conhecimentos anteriormente trabalhados na disciplina - decomposição de vetores, Leis de Newton, relações trigonométricas, atrito mecânico estático e cinemático, plano inclinado, entre outros - em um problema mais complexo, elaborado dentro do contexto dos cursos de Engenharia.

A atividade apresentou aos alunos um esquema de uma esteira transportadora projetada para elevar sacos de milho até a carroceria de um caminhão. Aos alunos foi solicitada a aplicação de seus conhecimentos científicos já adquiridos, para estabelecer uma equação a fim de determinar o comprimento mínimo necessário da esteira transportadora para que os sacos de milho pudessem ser transportados sem escorregar. Essa equação deveria determinar o comprimento mínimo " L " em função apenas de duas grandezas: da altura " H " na qual o saco de milho deveria ser elevado e do coeficiente de atrito estático entre as superfícies do saco de milho e da esteira. A partir dos dados contidos nos pré-relatórios entregues pelos grupos, percebeu-se que na realização dessa atividade, apenas um dos grupos conseguiu chegar ao resultado final esperado.

Percebe-se, a partir dos relatos apresentados que, para a realização da atividade proposta, os alunos precisaram aplicar uma série de conhecimentos científicos e matemáticos. No primeiro passo os alunos utilizaram-se das relações trigonométricas do triângulo retângulo para decompor o vetor peso nos eixos indicados: eixo " x ", paralelo ao plano de movimento e eixo " y " perpendicular ao plano de movimento. Na seqüência, partindo do entendimento

de que os sacos de milho não podem escorregar sobre a esteira e utilizando-se dos conceitos de força de atrito e equilíbrio estático, já trabalhados na atividade realizada no laboratório, determinaram a equação inicial $P_x = F_{at}$. Nessa equação F_{at} representa a força de atrito estático e P_x parte da força-peso que puxa o bloco no sentido descendente do plano. Nesse caso, a F_{at} deveria ter sido escrita como F_{at_s} , sendo o “s” subscrito a indicação do tipo de atrito mecânico a que se refere na questão, no caso, “s” indica o estático.

Desenvolvendo a equação inicial os alunos chegaram a uma segunda expressão: $\text{tg } \alpha = \mu_s$. Essa expressão determina que o coeficiente de atrito estático entre duas superfícies, sendo uma delas um plano inclinado, pode ser determinado a partir da função tangente do ângulo de inclinação desse plano, quando o corpo que estiver sobre o plano estiver na eminência de entrar em movimento. A partir dessa segunda equação, os alunos apenas utilizaram relações métricas e trigonométricas para chegar à equação final solicitada.

Entre os demais grupos, puderam ser percebidas diferentes formas de interpretação/resolução da questão. Em dois grupos, entre eles o grupo J, ocorreu a determinação do comprimento mínimo L da esteira em função da altura H , do cosseno do ângulo de inclinação do plano e do coeficiente de atrito estático entre as superfícies do plano e saco de milho.

Outra ocorrência deu-se pela determinação do comprimento mínimo L da esteira em função da altura H e do seno do ângulo de inclinação da esteira, sendo esse mesmo procedimento desenvolvido por cinco grupos. Pode ser observado o raciocínio empregado nessa atividade a partir do relato apresentado pelos alunos do grupo B.

Apenas em um caso pode-se perceber que ocorreu a interpretação totalmente errada do enunciado do problema. Os alunos desse grupo não calcularam o comprimento da esteira pedido pelo problema e sim a altura H em função do coeficiente de atrito estático e da distância horizontal “ x ” entre o “pé” da esteira e a extremidade da carroceria do caminhão.

Os alunos de outro grupo não relataram qualquer tipo de raciocínio referente à atividade solicitada, o que não permitiu ao professor qualquer conclusão sobre a existência de algum raciocínio empregado pelos alunos desse grupo na tentativa de resolução da questão. Com exceção desses dois grupos, todos os demais conseguiram desenvolver, pelo menos em parte, o

problema proposto. Se observarmos as equipes que conseguiram chegar à equação final $L = H/\text{sen}\alpha$, por exemplo, esses alunos conseguiram aplicar os princípios físicos na questão: traduzir na equação $\text{Fat}_s = \text{tg}\alpha$ a condição necessária ao repouso do objeto sobre a esteira para o ângulo máximo de inclinação. A partir desse ponto apenas faltou aos alunos uma correta interpretação sobre o enunciado do problema, pois, para chegar à equação final solicitada, bastava a aplicação de conhecimentos matemáticos: relações métricas e trigonométricas em um triângulo retângulo.

O reconhecimento por parte dos alunos da ocorrência desse equívoco na interpretação do problema pôde ser percebido por meio dos relatórios entregues após a etapa das discussões. Entende-se como importante comentar que a correção dessa atividade foi realizada por um dos alunos do grupo A durante o processo das discussões. O aluno apresentou os cálculos no quadro-negro e explicou os raciocínios e procedimentos desenvolvidos para chegar à equação solicitada pela atividade.

d) Relatos sobre os procedimentos desenvolvidos pelos grupos, referentes à formação profissional:

1) Referentes à questão 2.1:

A vantagem de se elevar os sacos de milho por um plano inclinado é a possibilidade de decomposição da força resultante em P_x e P_y , tornando-se possível elevá-la a uma determinada altura aplicando-se uma força P_x que é menor que o seu peso, para realizar o mesmo trabalho que se gastaria se essa mesma massa fosse elevada verticalmente (alunos, grupo A).

Elevar um corpo utilizando o plano inclinado, a força necessária será menor do que se fosse elevado verticalmente, pois na elevação vertical a força necessária deve ser maior que a do peso do objeto, o contrário do plano inclinado que utilizaria menos força, pois ela teria que superar apenas a componente horizontal do peso (P_x) que é uma parte dele. Mas em compensação, o saco de milho terá que percorrer uma distância maior num plano inclinado do que numa elevação vertical (alunos, grupo B).

A vantagem está no fato de que ao aplicar uma força para levantar um saco diretamente, deveria se aplicar uma força maior que o peso do saco. Já se utilizando de um plano inclinado, seria necessário aplicar uma força maior que a componente do peso no eixo "x", que obviamente é menor do que o peso integral (alunos, grupo D).

O plano inclinado favorece a aplicação de uma força menor para o deslocamento dos sacos de milho. Todavia, não há discrepância entre o trabalho realizado através do plano inclinado e através da elevação direta, de acordo com o método do trabalho e da conservação de energia (alunos, grupo F).

Imaginando um plano inclinado sem atrito, quando elevarmos certo objeto no plano inclinado a força peso do objeto se decompunha em P_x e P_y sendo que a força que terá de ser aplicada não será o peso total e sim uma parcela do peso que é P_x . Já elevando verticalmente este mesmo objeto teríamos que elevar o peso total do objeto. O trabalho realizado será o mesmo nos dois casos, pois no plano inclinado como foi dito anteriormente a força que será aplicada será a decomposição do peso, ou seja, a força aplicada será menor, mas com isso terá que percorrer uma distância maior, e elevando verticalmente este objeto será o contrario, aplicando uma força maior em uma distância menor (alunos, grupo H).

A vantagem de se utilizar um plano inclinado é usar menos força para realizar um trabalho de deslocamento de um corpo até uma altura H que se fosse elevar o peso diretamente, sem plano inclinado. No plano inclinado, a força peso P do corpo sofre decomposição em P_x e P_y . Nessa decomposição, que é diretamente relacionada ao ângulo de inclinação, temos a divisão, não necessariamente igualitária, de P em P_x e P_y . Como o corpo se encontra apoiado sobre uma superfície rígida, P_y acaba sendo a força normal ao peso, sendo absorvida pelo plano inclinado, restando P_x , que é a força necessária para movimentar o corpo sobre o plano inclinado (desconsiderando o atrito) (alunos, grupo I).

Se for num plano inclinado a força para erguer o peso seria menor, em compensação o tempo e a distância percorrida pelo corpo seriam maiores (alunos, grupo J).

2-Referentes à questão 2.2:

Não, pois até nos movimentos mais simples executados pelo homem há o conceito de máquina simples, como exemplo o sistema de alavancagem usado pelas nossas articulações das pernas e braços. Isolando o corpo humano destes conceitos, o homem conseguiria desenvolver os mesmos trabalhos que uma máquina simples (sistema de elevação por plano inclinado, alavancas e roldanas por exemplo), porém, para situações em que se tenha grandes massas e deslocamentos, a potência para realizar este trabalho cai, como exemplo pode ser citado a seguinte situação: Mover um caminhão da rua até o topo de um prédio de dez andares através de um guindaste pode também ser feito pelo homem, substituindo o guindaste, basta desmontar o caminhão em pequenas partes e montá-lo no topo do prédio; o trabalho realizado é o mesmo, porém para a função feita pelo homem a potência será bem menor (alunos, grupo A).

Sim, pois são diversos os trabalhos desenvolvidos pelo homem que necessitam que este realize uma força maior do que a que ele pode desenvolver. É nesse sentido que uma máquina simples auxilia, por exemplo, na elevação de um peso o qual um homem não consegue elevar ou transportar (alunos, grupo D).

Existem muitos trabalhos que não seriam possíveis de se desenvolver sem as máquinas simples, pois elas servem de base para inúmeras outras máquinas que o homem utiliza. Suspender um objeto extremamente pesado seria muito difícil sem o uso de uma máquina, como por exemplo, um guindaste. E esta mesma máquina, utiliza como base máquinas simples como engrenagens, alavancas, molas, rodas, eixos, polias e cunhas (alunos, grupo B).

Com certeza. As máquinas simples transformaram a ação do homem em relação ao meio em que vivem. Sem elas, não seria possível, por exemplo, a construção das grandes pirâmides do Egito. Desde o transporte, corte, padronização (...) dos monólitos utilizados até modelos rudimentares de sistemas de irrigação e de escavação (alunos, grupo F).

Certamente sim. Dependendo do trabalho que o homem necessite executar, pode precisar de uma força maior do que a que pode fornecer, neste caso é necessário o emprego de uma máquina simples para que o trabalho possa ser executado. Por exemplo, um homem, ao menos normal, [...] não pode levantar sozinho um carro de 880kg. Isso já é possível com o emprego de uma máquina simples conhecida como talha, que é um jogo de engrenagens associadas que permite que com pouquíssima força possa elevar um grande peso. Com o uso de uma talha, um homem pode elevar um carro com uma única mão (alunos, grupo I).

Analisando o homem como um único indivíduo existem diversas situações em que não conseguimos realizar um trabalho com nossas próprias forças e que em muitas vezes seria impossível sem a ajuda de uma máquina simples, por exemplo, em uma situação extremamente simples, para movermos uma pedra muito pesada de um lugar para outro ou ao menos retirá-la de certo local precisamos de uma força muito grande, força essa que, na maioria das vezes, não possuímos, mas com a ajuda de uma alavanca, por exemplo, podemos mover essa pedra com até certa facilidade, outros exemplos simples que não saberíamos como “viver” atualmente são as rodas, as polias, as engrenagens, etc. (alunos, grupo H).

Sim. Exemplo: um homem normal não tem a força necessária para elevar um corpo de 150kg do chão, mas se for utilizado um sistema com “x” roldanas móveis, um homem teria a capacidade de erguer esse mesmo corpo (alunos, grupo K).

e) Relatos apresentados pelos alunos analisando as atividades por eles desenvolvidas na realização da atividade 2:

1- Referentes à questão 2.1:

Realmente existe trabalho que o homem depende da máquina simples. Um exemplo que foi apresentado durante as discussões é a construção das pirâmides do Egito onde o uso de máquinas simples foi essencial para a conclusão (aluno 25).

É justamente pelo fato de o homem não poder realizar qualquer trabalho que existem máquinas simples para auxiliá-lo a desenvolver essas atividades (aluno 03).

Vimos que existem milhares de trabalhos que seriam impossíveis de serem realizados por nós sem a utilização de uma máquina simples e que se olharmos bem percebemos que essas máquinas são baseadas em conceitos que encontramos em nosso próprio corpo e são somente uma aplicação destes conceitos no meio externo (aluno 13).

Existem muitos trabalhos que o homem não conseguiria realizar sem o auxílio de uma máquina simples, pois elas servem de base para inúmeras outras máquinas que ele utiliza e, sendo a força do ser humano limitada, o uso de equipamentos que o ajudem faz com ele consiga realizar vários tipos de trabalhos. Suspender um objeto extremamente pesado seria muito difícil sem o uso de uma máquina, como por exemplo, um guindaste, que tem como base máquinas simples como engrenagens, alavancas, molas, rodas, eixos, polias e cunhas, ou mesmo um sistema de roldanas (aluno 17).

Existem tarefas nas quais o homem não conseguiria desenvolver sem o uso de uma máquina simples, pois a força dele é limitada e a máquina simples permite decompor as forças do sistema, diminuindo, assim, a força que o homem tem que aplicar nesse sistema (aluno 33).

2-Referentes à questão 2.2:

Existem situações as quais não se necessitam de nenhum tipo de auxílio, e já outros que se precisa, ou seja, a necessidade da intervenção da máquina no trabalho humano é relativa. Visto que o homem procura praticidade e comodidade em suas realizações de trabalho, e nos mais simples, usufrui-se da máquina simples para a sua realização (aluno 02).

Essa questão é muito relativa, porque há momentos de necessidade e de vontade de usar a máquina, onde os momentos de vontade são optativos. O homem depende da máquina para a realização de muitas tarefas, e ele sempre visando à comodidade, facilidade, e praticidade torna as máquinas necessárias (aluno 06).

Com relação à possibilidade ou não do homem realizar tarefas sem o auxílio de máquinas simples, novas idéias foram explanadas, como a capacidade de potencializar a força humana por meio das máquinas simples. Um método muito útil, pois se compararmos a força humana com as dimensões dos trabalhos a serem realizados atualmente ela é gigantesca (aluno 31).

Porém isto não quer dizer que não existam trabalhos que o homem não pode fazer sem o uso de máquinas simples, como sabemos o homem tem capacidade de perfazer uma infinidade de coisas, e o que auxilia ele é seu corpo que pode ser dito também como um arranjo de alavancas que acabam por fazer-nos capazes de trabalhos inimagináveis (aluno 21).

f) Análise do professor sobre as atividades realizadas pelos alunos:

A segunda atividade do PGD III foi composta por um conjunto de questionamentos elaborados a partir do problema inicial da esteira transportadora. A esteira em questão é composta basicamente por suportes que sustentam o seu plano inclinado e um motor que lhe permite o funcionamento.

Na Física, classifica-se Plano Inclinado, Roldanas e Alavancas como Máquinas Simples, por isso, as questões relacionadas à segunda atividade foram elaboradas buscando promover discussões relacionadas à análises dos prós e contras quanto ao uso das máquinas pelo setor de produção e pela sociedade de forma geral.

A questão 2.1, solicitou uma comparação entre o trabalho do saco de milho realizado com e sem o auxílio do plano inclinado. Pode-se ter uma idéia de como os alunos, em grupo, raciocinaram essa questão por meio dos relatos transcritos à seguir. A leitura dos dados expostos nesses relatos permite concluir que não houve, nos pré-relatórios apresentados, nenhum indício de equívocos sobre essa questão. Em função disso não ocorreu a necessidade de interferências do professor, por isso, no processo das discussões, limitou-se a ocorrer o complemento de informações ou argumentos, porém, sempre seguindo a mesma linha de pensamento de que com o plano inclinado realiza-se o mesmo trabalho, mas, com aplicação de força menor em um maior deslocamento.

A questão 2.2 estava diretamente relacionada à resposta dada à questão 2.1. Foi perguntado se existem trabalhos que só podem ser realizados pelo homem se ele fizer o uso de uma máquina simples.

Pode-se concluir, a partir do exposto que, com exceção dos alunos do grupo A, todos os demais indicaram que há trabalhos que não poderiam de forma alguma ser realizado pelo homem sem o uso da máquina. A principal justificativa sobre esse posicionamento foi a de que há trabalhos que para serem realizados precisam de uma força, por assim dizer, “sobre-humana” e que sem a máquina que agiria reduzindo esse esforço, tal trabalho não poderia ser realizado. O argumento dos alunos do grupo A, por outro lado, trouxe um

ponto de vista diferente e interessante sobre a questão, porém, sem deixar de observar o mesmo argumento levantado pelos demais alunos.

Dessa forma, no processo das discussões, os alunos do grupo A argumentam a possibilidade de reduzir a força necessária para o deslocamento do objeto a partir do seu desmembramento. Sendo deslocado em partes, a força exigida seria proporcional ao tamanho de cada parte. Surgiram a partir da intervenção dos alunos do grupo A dois novos questionamentos: “E se o objeto for maciço?” e “valeria a pena todo o trabalho para desmontar o objeto e depois montar novamente?”.

Independente das conclusões de cada aluno durante as discussões sobre a questão levantada, o professor aproveitou a ocasião para valorizar o raciocínio empregado pelos alunos do grupo A. Essa valorização deu-se principalmente porque, mesmo que de forma não intencional, esses alunos apresentaram uma alternativa ou proposta de solução ao problema utilizado por todos os demais grupos como justificativa para definir que há trabalhos que o homem só poderia realizar com o uso de máquinas.

Entre as indefinições apresentadas, observam-se as dos alunos 02 e 06, que condicionam a utilização da máquina a uma avaliação de cada situação. O aluno 31, por exemplo, faz a exaltação da máquina como forma de potencializar a força humana. Já o aluno 21, apresenta um grande equívoco em sua conclusão. Esses alunos não apresentaram uma resposta clara e definitiva sobre o questionamento levantado.

g) Relatos apresentados pelos grupos referentes às atividades relacionadas à formação para a cidadania:

1- Referentes à questão 2.3:

São inúmeras as situações em que não se pode confiar a realização do trabalho à uma máquina. Situações que exigissem uma análise subjetiva do caso concreto, por exemplo (alunos, grupo F).

Situações em que haja a necessidade de julgamento baseado na avaliação do contexto da situação, com a possibilidade de mudança de todo o processo. Situações que exijam o trato com o ser humano, levando-se em conta o fator psicológico e emotivo. Situações que as máquinas ainda não são capazes de nos superar (alunos, grupo A).

Sim. Como por exemplo, o piloto automático dos aviões. Com a tecnologia que temos hoje, um avião pode voar sozinho, mas não pousar e decolar. Não é muito confiável deixar tudo na mão do computador nos pousos e decolagens, porque quantidade de variáveis é muito grande como a situação do vento e o clima, sendo melhor uma pessoa tomar as decisões nessas horas. E também nos vôos, o perigo de panes e queima de instrumento ocasionado por raios, falta de energia, etc., é alto, podendo comprometer o vôo, necessitando também de uma pessoa para pilotar o avião (alunos, grupo B).

Não confiaria em uma máquina para desempenhar determinada tarefa porque como foi citado na questão anterior, há funções que a capacidade de concentração e sensibilidade é de grande importância. Uma máquina é programada para seguir um padrão e por estar programada pode chegar um momento que acabe ocorrendo ou uma falha, trazendo assim prejuízos significativos (alunos, grupo D).

A maioria das máquinas são controladas por programas, e estes na maioria das vezes apresentam falhas ou por serem apenas programas não conseguem decodificar determinadas situações. Máquinas são programadas/criadas para realizar tarefas específicas, logo se algo não ocorre como deveria (como estava programado) a situação sai do controle da máquina, e esta não consegue encontrar uma solução para o problema por não estar programada para aquilo. Máquinas são limitadas, realizam apenas as tarefas para as quais foram criadas. Além disso existem tarefas que para serem realizadas necessitam da sensibilidade humana, e isto é algo que uma máquina não substitui. A melhor máquina continua sendo o cérebro humano, e mesmo este também comete muitos erros e não é totalmente confiável, então o que dizer das máquinas, que nada mais são que invenções do homem (alunos, grupo H).

Tarefas ou atribuições pertinentes às áreas humanas do conhecimento jamais poderiam ser realizadas por uma máquina, o processo criativo para a composição de uma música, ou outra composição de artes plásticas, da mesma forma (alunos, grupo F).

Sim, existem situações que não é possível confiar em máquinas. Por exemplo, quando a máquina utilizada para realizar certa tarefa não foi projetada para tal fim, quando não há manutenção regular da mesma, ou então não foi montada de maneira correta, ou ainda não se sabe ao certo seu manuseio e o que ela faz. As máquinas podem apresentar deficiências inesperadas que levam a grandes prejuízos ou em casos mais específicos, acidentes de trabalho, onde ocorre a possibilidade de morte do trabalhador (alunos, grupo H).

Sim, quando a máquina não se mostrar confiável: apresentar falhas, erros ou má funcionalidade. Nestes casos não confiaria determinada tarefa a uma máquina, pois esta pode comprometer a segurança do local de trabalho ou comprometer toda uma linha de produção, como a qualidade e a quantidade dos produtos fabricados. No entanto, caso ela não demonstre falhas ou problemas técnicos, não teria problema em confiar uma tarefa a essa máquina. Claro que se a má funcionalidade decorrer por falha de projeto, não por falta de manutenção. No caso de falta de manutenção adequada é falha humana (alunos, grupo I).

Existem tarefas que exigem certa sensibilidade da pessoa que está realizando-as, como por exemplo, as cirurgias. Essas situações dependem exclusivamente do conhecimento do profissional, pois podem surgir muitas variáveis e cada indivíduo é diferente do outro. Assim, uma máquina até poderia realizar essas “tarefas”, mas sempre auxiliada por um profissional da área, que conheça o histórico do paciente e todas suas particularidades (alunos, grupo J).

No trabalho desenvolvido por uma máquina pode-se encontrar vantagens como: mantém a incolumidade física do trabalhador, principalmente em atividades insalubres e perigosas, evita o desgaste humano, garante a qualidade total do produto, economia de tempo, aumento da produção, flexibilidade do processo de fabricação, evita escassez ou desperdício de matéria prima, aumento significativo dos lucros, entre outros. Mas pode se encontrar também desvantagens como: desemprego estrutural, encarecimento do produto final, doenças ocupacionais adquiridas pelos funcionários que as operam, insegurança no emprego, devido ao temor de ser substituída por uma máquina, poluição ambiental advinda das fontes de energia utilizadas para manter o funcionamento dessa máquina ou os resíduos de produção e manutenção da mesma, sem um destino correto, poluição sonora, aumento do preço final, entre outros. No trabalho desenvolvido por um homem pode-se encontrar vantagens como: a delicadeza na realização de serviços artesanais, a capacidade de tomar decisões em situações não planejadas, planejamento, já que uma máquina não é capaz de fazê-lo e necessita deste para funcionar, reduz o preço do produto final, pelo fato de, em geral, uma máquina substituir vários operários, optar pelo trabalho humano gera mais empregos, entre outros. Mas pode se encontrar também desvantagens como: trabalho mais lento que uma máquina, pelas limitações de um ser humano, imprecisão grosseira em relação a uma máquina, perda de tempo com atividades dormir, comer, tempo de descanso e férias, coisas que uma máquina não precisa fazer, entre outras.

Conta o G1 que um motorista, dirigindo em um carro alugado (provavelmente porque estava em alguma cidade que lhe era estranha), resolveu seguir à risca as indicações do aparelho de GPS do veículo e foi parar em cima dos trilhos de um trem. Ele até tentou tirar o carro de lá, ou então chamar a atenção do maquinista para que este freasse. Não deu certo. O trem bateu no carro a uma velocidade de 96km/h, o carro foi arrastado por 30 metros, 80 metros de trilho ficaram danificados, e o povo que estava no trem (cerca de 500 passageiros) ainda teve que esperar por mais de 2 horas até que tudo fosse resolvido. Resultado: motorista e companhia que alugou o carro terão de pagar pelos estragos (apenas danos materiais, felizmente), na ordem de centenas de milhares de dólares.

Uma arma robô matou nove pessoas e feriram gravemente outras 14 em um teste em uma base militar na África do Sul na última sexta-feira. A máquina de combate antiaéreo começou a atirar sem o comando humano obrigatório, de acordo com a Wired. O equipamento foi desenvolvido para identificar alvos e se posicionar sozinho, precisando apenas de um comando humano para começar a atirar. Uma possível falha de software causou que o equipamento atirasse sem autorização. A Força Nacional de Defesa da África do Sul está investigando as causas do acidente. \$O porta-voz de Segurança Nacional, brigadeiro general Kwena Mangope disse que as causas do problema ainda não são conhecidas. De acordo com a mídia local, o teste com munição de verdade aconteceu no Centro de Treinamento de Combate do Exército da África do Sul em Lahotlha. "Assumimos que houve problema mecânico, que levou ao acidente. A

arma, que estava carregada, não atirou de maneira adequada. Parece que é controlada toda por computador, travou após uma explosão e começou a atirar sem controle, matando e ferindo os soldados", disse Mangope, em entrevista ao *The Star*. Uma oficial de artilharia arriscou sua vida para salvar os companheiros da arma, de acordo com o jornal. A mulher ainda não foi identificada, mas foi incapaz de parar o robô, que atirou 500 balas explosivas pelo campo. Richard Young, engenheiro eletrônico e presidente de uma empresa de defesa, não acredita que a falha foi apenas do computador. A Oerlikon GDF-005 é uma arma antiaérea desenvolvida para utilizar um radar passivo e ativo, assim como o buscador a laser e travar em alvos em alta-velocidade, além de aeronaves que voam baixo, helicópteros, robôs voadores e mísseis. Em modo automático, o computador encontra sozinho o seu alvo e atira com duas armas 35 mm e recarrega automaticamente. Fica evidenciado por estas reportagens, que a máquina tem o objetivo de facilitar a vida do homem, porém elas não são sempre confiáveis já que os meios e quem as desenvolveram são passíveis de erro.

Therac-25 era uma máquina de radioterapia, controlada por computador, muito moderna para sua época, por permitir a utilização do mesmo equipamento para a aplicação de diversas doses de radiação nos pacientes. Houve uma série de pelo menos 6 acidentes entre 1985 e 1987, nos quais os pacientes receberam overdose de radiação. Pelo menos cinco mortes aconteceram devido aos acidentes, causados por erros no software que controlava a máquina. Este acidente mostrou o perigo que reside em softwares que controlam operações de segurança (alunos, grupo C).

2-Referentes à questão 2.4:

Como podemos observar, há um grande crescimento da agricultura brasileira, várias culturas vêm se destacando ano a ano, entre elas a cultura da cana-de-açúcar. Com esse grande desenvolvimento, várias usinas vêm utilizando a colheita mecânica que provoca várias discussões entre os proprietários e operários. As consequências que essa mudança traz pra a sociedade são várias, nos âmbitos: social, ambiental, político, ético, econômico, entre outros. A principal consequência social é a substituição da mão-de-obra de muitos, pela máquina. Essa mudança diminuirá os serviços na colheita manual da lavoura, mas ao mesmo tempo aumentará a necessidade de gente no plantio da cana-de-açúcar, que ainda não é automatizada. Já no aspecto ambiental podemos dizer que com o aumento do processo de colheita automatizado, a poluição diminuirá, devido a não necessidade da queima das canas, necessária para a colheita manual. No aspecto político, os municípios devem antever uma situação de aumento do desemprego, uma demanda por mais investimento em educação, saúde, segurança, entre outros. No aspecto econômico as usinas irão diminuir seus custos de produção, e aumentarão o seu lucro que é o principal motivo da existência de uma empresa no capitalismo. O desemprego gerado pela evolução de processos pelo uso da tecnologia não é novidade e não acabará nunca. Como exemplo, se ficássemos preocupados com o desemprego de centenas de pessoas, gerado com a invenção dos comutadores mecânicos automáticos de telefonia, ainda estaríamos pedindo para a telefonista fazer esse serviço e ter a certeza que ela conheceria a vida de todos nós. O jeito é se adaptar, procurar

realocar está massa de mão-de-obra para outras atividades possíveis, mas principalmente, não deixar que isso ponha em risco a existência da empresa no mercado, que é mais e mais competitivo e severo a cada dia que passa (alunos, grupo A).

O uso da máquina na colheita de cana de açúcar é bom em vários aspectos como na agilidade em que os processos são executados, e na redução dos riscos de acidentes. As precárias condições em que trabalhadores cortam cana em várias regiões do Brasil, trabalhando muito e ganhando pouco, sem direitos a mais, é deplorável. Cortadores de cana trabalham um dia inteiro pra ganhar R\$2,50 por tonelada de cana cortada. Alguns trabalhadores chegam a cortar mais de 10 toneladas de cana por dia. Por isso, muitos cortadores são explorados ao máximo para tentar ganhar mais do que normalmente conseguiriam. Com a mecanização na colheita de cana de açúcar, esse problema soluciona-se. Substituem-se os bóias frias por máquinas que farão o mesmo serviço obtendo um excelente resultado num mesmo espaço de tempo ou até menor. Mas por outro lado, aumenta o desemprego na colheita, já que uma máquina equivale a 80 trabalhadores em um dia. Com a máquina o aproveitamento da plantação é maior, pois até a palhada é usada para a geração de energia nas usinas que se tornam auto-suficientes graças ao uso do bagaço de cana como fonte de energia. Nas lavouras de cana de açúcar onde é utilizada mão de obra humana são feitas queimadas pra aumentar a eficiência da colheita, queimando a palhada e também espantando animais que possam oferecer algum tipo de risco aos trabalhadores na hora da colheita. Com a ajuda da queimada a quantidade de cana cortada por um trabalhador dobra, mas o processo de queima libera gases que contribuem para o efeito estufa, utilizando as colheitadeiras, as queimadas não seriam necessárias, mas também não acabariam os problemas ambientais, pois essas máquinas são a diesel que também trazem conseqüências para o meio ambiente. Economicamente falando, em alguns casos a obtenção dessas máquinas é inviável pelo custo delas ser muito caro (algumas chegam a custar até 200 mil dólares). Muitos produtores não têm todo esse dinheiro para comprar e também para posterior manutenção, assim, optam por contratar bóias frias. Outro ponto negativo das colheitadeiras é que em função da altura das lâminas de corte, o comprimento da cana pode ser menor do que seria se tivesse sido cortada manualmente, levando à perda de uma pequena parte da produção. Também, a colheita em terrenos irregulares seria inviável com tais máquinas (alunos, grupo B).

Positivos: Alto rendimento, por trabalhar mais e mais rápido produzindo mais; rapidez na colheita, pela maior velocidade de trabalho; menos acidentes como amputações de membros, devido ao uso do facão; geração de empregos na cadeia produtiva da máquina em si; aumento da produção; aparecimento de infra-estrutura para o treinamento de pessoal para dirigir a máquina, manutenção da mesma, entre outros; contratação de mão-de-obra especializada; diminui a exploração e degradação do trabalhador; extirpa casos como os de bóias-frias que utilizam drogas para tentar aumentar seu rendimento; entre outros.

Negativos: Ocasiona desemprego estrutural, mesmo que os principais atingidos sejam trabalhadores sazonais; gera fome, marginalização, violência, entre outros, indiretamente; aumenta o custo do produto final; o alto custo e o grande tempo despendido na manutenção de uma máquina avariada; o impacto ambiental, dependendo da fonte de energia que a alimenta e dos resíduos resultantes de sua produção e

de sua manutenção, se estes não tiverem destino correto; o fato de que qualquer dano na máquina pode aumentar aquele impacto; grande período de tempo e número de pessoas desempregados, quando se opta pelo uso da máquina; certa diminuição na eficiência do corte, já que um homem tem mais mobilidade num terreno irregular e realiza um corte mais rente ao solo, fato que não ocorre com uma máquina, pois esta necessita de uma altura mínima de corte acima do que a de corte humano; entre outros (alunos, grupo C).

Aspectos positivos: redução do desperdício; Maior conforto; Maior segurança; Menor custo de produção; Maior produtividade (um trabalhador colhe em média 7 toneladas de cana por dia, enquanto uma máquina colhedora colhe 800 toneladas ou mais); Menor impacto ambiental, pois na mecanização não é necessária a queimada da palha para a colheita.

Aspectos negativos: Desemprego estrutural; Maior impacto ambiental, pois é necessária a queimada da palha antes da colheita; Redução do rendimento bruto em consequência da queimada; Maior custo de produção; Menor segurança dos trabalhadores manuais que se machucam com facões de colheita ou passam mal por exaustão. Alguns até morrem; Alto custo de implantação da mecanização (alunos, grupo I).

Socialmente a máquina substitui a força de trabalho de muitas pessoas, gerando, com isso, o desemprego, que causa aglomerações urbanas devido ao êxodo rural, aumento da pobreza e desigualdade social, pois na maiorias das vezes as cidades não possuem infraestrutura suficiente para abrigar tal contingente populacional. Ambientalmente ela libera diversos gases poluentes nocivos para a saúde da população, e que também prejudicam diversos ecossistemas, além de contribuir para o polêmico efeito estufa. Eticamente é errado substituir pessoas por máquinas, pois a falta de emprego que a segunda trás acarreta dificuldades financeiras, que causa fome, doença, e desespero, este que contribui para a violência. Economicamente a substituição de seres humanos por máquinas é mais lucrativa, pois ela é mais rápida e possui maior produtividade, porém gera desempregos, afetando a microeconomia da região, pois as pessoas não consumirão de forma regular, acarretando a diminuição da produção, gerando assim um ciclo. Todos os aspectos anteriormente citados contribuirão para que a imagem da empresa seja degradada perante a sociedade que zela pelos direitos dos trabalhadores, do meio ambiente e demais segmentos que possam ser prejudicados pela ação da mesma, ou seja, politicamente haverá consequências, já que a imagem da empresa poderá ser degradada, causando, assim, alterações na influência que esta gera em seu ramo de atuação e no mercado consumidor (alunos, grupo E).

A utilização de máquinas na colheita de cana de açúcar traz vantagens de ter maior rapidez e rendimento na colheita, riscos de acidentes de trabalho altamente reduzidos (como perda de um membro), ausência de queimada para o corte do canavial, mão de obra especializada e qualificada para manutenção, operação e montagem da máquina, criação de centro de treinamento nas cidades, municípios que depende desse cultivo e também com a mão de obra mais especializada há uma redução do uso de drogas que deixam os cortadores de cana sem o sentido do tato para agüentar o calor do dia e agüentar as dores musculares devido ao desgaste físico e os deixam mais valentes para maior rendimento do trabalho já que eles recebem por toneladas cortadas. Porém há uma exclusão social devido ao baixo conhecimento dos operários (cortadores de

cana), necessitando de mão de obra especializada para operar, ausência de funcionários em temporadas, manejo dos operadores para outras áreas, pode causar desemprego estrutural do trabalho sazonal (bóias frias), pessoas durante a época de corte da cana de açúcar sujeitas a migração para outros cultivos ou marginalização e problemas sociais (como roubos, assassinatos, etc.), manutenção especializada por um menor tempo e um alto custo, quanto maior a tecnologia envolvida maior o custo das máquinas, maior risco de desastres ambientais (como um grande vazamento causado por danos na máquina, eficiência reduzida devido a baixa mobilidade que a máquina apresenta causando a perda de uma parte da produção (devido ao alto corte da máquina) precisando ser processado depois (alunos, grupo F).

Pontos negativos/Aspecto social: diminuição de mão-de-obra devido à compensação do trabalho de vários homens no corte de cana. Aspecto ambiental: liberação de gases poluentes pela máquina no ar e possíveis vazamentos de óleo no solo, gerando assim uma degradação mais incisiva do que o trabalho realizado pelo homem. Aspecto político: diminuição da mão-de-obra, o acarretamento de falta de dinheiro da sociedade ocasionaria uma crise no pagamento de impostos, ocasionando uma diminuição na qualidade de vida. Aspecto ético: fazendo a troca de máquina por homem, a situação social entre o trabalhador e o "fazendeiro" seria mais crítica devido à exclusão do trabalho. Aspecto econômico: as máquinas de colheita d cana, geralmente são importadas e assim gerando uma preocupação com a manutenção da mesma, pois as peças seriam de alto valor e de difícil acesso na maioria dos casos.

Pontos positivos/Aspecto social: por exigir um controle mais amplo de mecânica, abriria novas portas para a mão-de-obra especializada.

Aspecto ambiental: um melhor aproveitamento na colheita, pois como as sobras da cana são queimadas, a máquina diminuiria a taxa de desperdício e conseqüentemente a diminuição da emissão de gases.

Aspecto político: de forma indireta a inclusão das máquinas no trabalho, faz com que as pessoas tenham a tendência de se aperfeiçoar no determinado serviço para que possam vir a exercer tal cargo. Aspecto ético: a facilidade e comodidade de trabalho com a máquina seria uma forma de obter mais lucro sendo assim pagando um imposto maior para a sociedade ajudando desta forma as entidades públicas. Aspecto econômico: a facilidade, praticidade e eficácia de uma máquina trariam ao produtor uma maior taxa de lucros mesmo com o pagamento de impostos sobre a produção (alunos, grupo G).

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar apresenta vantagens e desvantagens. No processo mecanizado, onde o corte da cana é feito por colheitadeiras, a queima da cana antes do corte não é necessária, reduzindo assim o impacto sobre o meio ambiente. A queima da cana lança no meio ambiente toneladas de resíduos que não somente prejudicam a camada de ozônio, pois os gases tóxicos liberados no processo da queima contribuem para o aumento do efeito estufa, como também afetam a saúde dos cortadores de cana e das pessoas que residem próximas aos canaviais, são comuns os casos de alergias e problemas respiratórios nas regiões de canavieiras. Além de diminuir os efeitos nocivos sobre o meio ambiente o meio ambiente, a mecanização contribui para um aumento do rendimento operacional do procedimento, ou seja, há um melhor aproveitamento do tempo, corta-se mais cana em menos tempo e ainda com a vantagem de uma padronização no corte. A mecanização também proporciona maior segurança no trabalho. No

aspecto econômico a colheita mecanizada trás uma redução dos custos de produção, uma vez que a mão de obra utiliza diminui e os gastos com ela também, como alojamento, transporte, comida etc. O processo mecanizado também trás mudanças na forma de contratação, remuneração e jornada de trabalho. Mas a mecanização da colheita da cana-de-açúcar também apresenta algumas desvantagens. O solo deve ser plano, não pode ter falhas, o que requer aumento de investimentos em maquinários para deixar o solo plano. O espaçamento entre as fileiras de cana deve ser padronizado, o plantio tem que ser raso e o crescimento da cana deve ser ereto, não podendo apresentar tombamento, pois de ocorrer dobramento da cana a máquina não consegue cortá-la. O comprimento da cana cortada por máquinas é menor que o feito manualmente, o que representa uma perda (prejuízo). A mecanização também gera um grande desemprego, pois uma colhedora substitui aproximadamente 80 trabalhadores (alunos, grupo H).

O corte de cana-de-açúcar é um trabalho duro e sujo, mas é fonte de sustento familiar para pessoas que vivem em áreas de escassez de emprego. Com a facilidade de crédito que existe hoje em dia ficou fácil adquirir uma colheitadeira tanto para o grande como para o pequeno produtor. A utilização destas máquinas na colheita de cana-de-açúcar diminui e muito o número de empregos destinados ao corte da cana. Esta é uma desvantagem social que a máquina traz para a população. Uma colhedora de cana-de-açúcar pode ter várias toneladas. No momento da colheita a máquina passa por cima do solo compactando-o. A compactação do solo influencia negativamente o crescimento de raízes, também diminui a movimentação da água pelo solo pois cria uma camada muito densa de solo onde a água não se infiltra, ocasionando excesso de água no solo nas camadas superficiais podendo ocasionar erosão, mostrando assim uma desvantagem ambiental. Segundo o site agrobyte.com no corte manual da cana-de-açúcar o rendimento médio é de 5 a 6 toneladas por dia e no corte utilizando máquinas agrícolas o rendimento passa para 15 a 20 toneladas por dia. Sendo assim a utilização de colheitadeiras traz para o produtor a vantagem de ter maior benefício na colheita. Para os hospitais localizadas nas regiões próximas as áreas onde há canaviais existe a vantagem - com relação ao uso de colheitadeiras - da diminuição do número de acidentes como picadas de insetos ou cobras e cortes no corpo com facões por exemplo, proporcionando ao serviço de enfermagem maior tempo de dedicação aos pacientes internados ou aos que estão em observação por outras causas. Assim como a utilização de maquinário agrícola na colheita da cana traz desemprego para o campo, traz também emprego na indústria onde são produzidas estas colheitadeiras. Dando assim mais um ponto positivo no uso destas máquinas (alunos, grupo D).

Analisando as vantagens e desvantagem de se utilizar uma máquina para a colheita de cana-de-açúcar percebe-se que há vários tipos de sugestões que podem ser dadas. Na utilização da máquina não precisa queimar a cana antes da colheita, o que é feito quando se tem uma colheita manual, que com isso prejudica o solo tornando muito fraco e inútil para outros tipos de plantações. No aspecto social basta determinar-se a existência de "peculiaridades", especialmente no que diz respeito à cultura da cana-de-açúcar, que venham a justificar a queima da palha como método preparatório da colheita da cana. Estas peculiaridades aparentemente existem e têm na sua maioria, perfis econômicos e sociais; exemplos: Não existem máquinas disponíveis para a mecanização no curto ou no médio

prazo; a maioria das lavouras não está tecnicamente implantada para receber tais máquinas; a maioria dos pequenos e médios produtores não suportará o aumento do custo de mão-de-obra no corte sem prévia queima; cada máquina desemprega cerca de 80 trabalhadores rurais; a extinção da queima eleva os custos de produção, e muitas áreas não são passíveis de corte, nem mesmo manual, sem queima. Podemos concluir que, com a proibição da prática das queimadas, a função social da propriedade não seria atendida, pois concorreria para o risco de perda de renda e emprego nos Estados em que se planta cana-de-açúcar, num momento absolutamente inadequado. Assim, qualquer Decreto Estadual que venha a proibir, no curto ou médio prazo, a utilização do fogo no preparo da colheita de cana-de-açúcar, desprezando as peculiaridades da cultura no Estado, seria inconstitucional, pois seria uma norma de extinção, não de controle. Seja qual for a lei criada para regulamentar as queimadas da cana-de-açúcar, a intensificação da mecanização do corte de cana será inevitável, devido à evolução tecnológica que já é uma realidade cada vez mais presente nas lavouras paulistas. Ela é vista pelos usineiros como um mecanismo de controle do processo de trabalho que proporciona a redução dos custos de produção. Outra vantagem apontada para a mecanização é a eliminação da necessidade das queimadas. A alternativa do corte de cana utilizando máquinas é uma grande preocupação das pessoas que trabalham e dependem desse emprego, que é o corte manual. Mas essa mudança no corte da cana-de-açúcar depende de um estudo amplo envolvendo não só a questão das pessoas que vão ficar desempregadas, mas também uma cana que seja apropriada para que se utilize esse processo de mecanização, pois há uma série de fatores envolvidos, por exemplo: qual seria o destino adequado dado à biomassa da cana crua, as colheitadeiras teriam que ser adaptadas para trabalhar em todo tipo de solo, pois existem plantações em terrenos totalmente irregulares, e se essas máquinas não estiverem suficientemente adaptadas irá gerar um custo muito alto da manutenção das mesmas. Mas, como em todas as mudanças alguém sempre sai perdendo, no caso da mecanização do corte da cana o grande beneficiário será o dono das grandes destilarias e usinas de açúcar, pois ele terá uma redução significativa de custos e um grande aumento na sua produção, apesar de todos os inconvenientes que seriam gerados com relação às famílias que dependem dessa cultura. Apesar da grande preocupação em relação ao desemprego de um grande número de trabalhadores, que afeta significativamente o meio em que vivem, vendo de um ângulo diferente e pensando no futuro esse fato poderá fazer com que esses trabalhadores se capacitem e se tornem pessoas qualificadas para operar essas máquinas e também para fazer a manutenção das mesmas. É lógico, não há como questionar o prejuízo enorme causado pelas queimadas principalmente quando existem grandes canaviais próximos de bairros ou cidades. A fumaça causa um grande problema, principalmente para as crianças e idosos e isso sem falar naquela fuligem preta que cai nas roupas e nas calçadas fazendo uma enorme sujeira, já com o corte mecanizado esses fatores deixarão de existir. Uma questão irá ficar no ar em relação ao corte mecanizado da cana de açúcar, pois por mais que saibamos que o capital sucroalcooleiro irá se estruturar de uma forma intensa, esse modo de produção jamais conseguirá empregar todos os trabalhadores. A cana-de-açúcar é uma fonte de energia que movimenta a economia dos estados, pois é uma grande fonte de energia renovável, vista à questão da preocupação com o desenvolvimento social e a sustentabilidade que já é um compromisso assumido. Embora até a concretização dos fatos continue acontecendo à poluição da nossa atmosfera pelos

poluentes, o que é um prejuízo enorme à qualidade de vida da população. É imprescindível que em relação ao processo de preservação do meio ambiente seja também colocada a importância fundamental, que é o fator desemprego. Palavra essa que assombra muitas famílias, tornando necessária uma preocupação em estar oferecendo a esses trabalhadores treinamento e capacitação para que sejam qualificados, de tal modo que possam trabalhar em áreas diversas rompendo assim com a barreira da desigualdade social e oferecendo uma melhor qualidade de vida. Isso é uma responsabilidade não só dos grandes empresários, mas principalmente de nossos governos. Existe uma série de fatores que englobam a causa de implantar ou não um processo automotivo num meio em que antes a principal atividade era "braçal", digamos. Não somente na questão do plantio e colheita da cana-de-açúcar, mas em todo o processo que é, em sua maioria, manual. Tanto na questão de desemprego, quanto no que diz respeito aos avanços que esse processo pode trazer para a região, enfim, uma infinidade de fatores. O que devemos considerar é a viabilidade do produto, observando que é essencial observar os aspectos econômico, ambiental, social e todos os demais fatores que afetam o meio em que estaríamos trocando o processo manual pelo mecânico (alunos, grupo J).

h) Relatos apresentados pelos alunos referentes às atividades relacionadas à formação para a cidadania:

1- Referentes à questão 2.3:

Nem sempre as máquinas são confiáveis, pois mesmo com toda sua complexidade, podem falhar. Por exemplo, o piloto automático de um avião, como citamos em nosso trabalho, pois existe o perigo de piques ou queima de algum instrumento ocasionados por raios ou até mesmo falta de energia. Assim percebe-se que sempre é necessária a presença de uma pessoa para que possa resolver quaisquer problemas que possam ocorrer (aluno 17).

Uma vantagem extremamente importante que merecia ter sido incluída no relatório anterior foi, o uso das máquinas em linhas de produção. As máquinas fazem esforços repetitivos e pré-programados com o mínimo possível de erro, dando uniformidade aos produtos em série. O uso de máquinas em trabalhos insalubres também é um ponto positivo do seu uso, pois diminui o grau de exposição do trabalhador a atividades potencialmente perigosas a sua saúde. Exemplo: máquinas utilizadas na mineração (aluno 31).

[...]apresenta-se uma total desconfiança da máquina. Onde essa por mais complexa se apresente, deve-se apresentar-se cuidado ao usufruí-la. Perante discussões comentou-se que das diversas máquinas, há aquelas que propiciam maior vulnerabilidade para a ocorrência de acidentes. Portanto observa-se que a máquina não se tem controle do seu meio externo, cabendo-se a executar-se o que lhe foi programado, exigido. Por meio disso, o homem desempenha-se um "papel" fundamental e essencial no funcionamento desses, ao passo que um mau planejamento no sistema de programação poderá acarretar-se em sérios problemas (aluno 02).

Percebeu-se também, que o mundo atual esta cada vez mais “mecânico”, pois as maquinas estão assumindo o lugar da mão de obra humana e criando um impasse entre esses tipos de serviços. Notamos que existem grandes diferenças entres o trabalho manual e o mecânico e que os dois possuem seus respectivos pontos positivos e negativos, como por exemplo, um homem não consegue produzir produtos idênticos, assim como uma máquina não produzirá obras de arte ou artesanato, que são produtos únicos, o que os torna especiais aos olhos dos consumidores. Enfim, as maquinas são indispensáveis para os seres humanos e proporcionaram o desenvolvimento da nossa sociedade e, por isso, devemos encontrar um meio de utilizarmos elas ao nosso favor, buscando o progresso e não fazendo com que isso gere desemprego e até discussões ou dúvidas sobre o que é melhor, homens ou maquinas (aluno 13).

[...]quando o trabalho não é padronizado e a maquina esta por influencias de intempéries externo e a alta dependência na maquina e com isso a acomodação e conseqüentemente a diminuição de conhecimento. Todas essas situações nos levam a não confiar na maquinas porque as maquinas foram criadas pelo homem podem ser haver erros quando submetidas a intempéries externos e falta de padronização e conhecimento (aluno 15).

Em algumas situações, o emprego de maquinas para a execução de uma determinada atividade é totalmente inviável, como por exemplo, para a execução de uma cirurgia médica em um paciente, onde a máquina dificilmente substituirá um médico. Em outras situações, ainda na área médica, por exemplo, a máquina é indispensável para a própria sobrevivência do homem, como é o caso de próteses ou até mesmo órgãos eletromecânicos, como um coração artificial (aluno 03).

2- Referentes à questão 2.4:

Durante as discussões concluiu-se que existe vantagens e desvantagens tanto para o trabalho desenvolvido pelo homem como pelas maquinas. Por um lado maquinas geram desempregos no campo por exemplo mas, empregam pessoas na industria. No processo de produção a maquina gera maior numero de um determinado produto em um certo intervalo de tempo comparando com o homem. Mas também a maquina exige manutenção. A grande verdade é que hoje em dia há uma grande dependência das maquinas [...] concluiu-se que realmente há situações que não se confiaria em uma maquina devida a importância que a habilidade humana tem em algumas funções (aluno 25).

Foi mencionado sobre um aspecto que a maquina mantém e o homem não consegue: a repetibilidade e precisão; porém em trabalhos que vão exigir um senso de decisão sobre situações imprecisas o homem será por muito tempo ainda insuperável (aluno 39).

Vantagens: existe a economia de tempo que a máquina gera em relação ao mesmo trabalho realizado pelo homem, que tem uma força limitada e, assim, demora mais para realizar um trabalho, a maior precisão do trabalho realizado pela maquina, já que o homem pode

falhar por vários motivos, ele pode ter problemas pessoais, psicológicos, físicos, que podem deixá-lo desconcentrado durante a execução de um trabalho, a segurança nos trabalhos mais perigosos, pois sendo uma máquina que realiza o trabalho, o homem não corre risco nenhum, um gasto relativamente menor, pois não serão necessários tantos trabalhadores humanos, assim não terá os salários, despesas com os direitos que os funcionários têm, e os gastos serão mais relacionados com a energia utilizada pela máquina.

Desvantagens: o alto custo a curto prazo, pois a longo prazo o dono de uma máquina consegue recuperar seu investimento, porém num curto período talvez o trabalho realizado pelo homem seja mais barato, o desemprego que pode ser gerado na indústria que compra uma máquina. Mas esse aspecto é muito relativo, pois para produzir a máquina, por exemplo, muitos empregos estão envolvidos, também na manutenção, limpeza, em algumas máquinas existe o operador, etc. As indústrias que utilizam máquinas em suas produções contribuem com a poluição do planeta, liberando enxofre que ocasiona chuvas ácidas comprometendo plantações e florestas. As máquinas que funcionam com energia elétrica são menos prejudiciais por ser considerada, a eletricidade, uma forma de energia limpa, mas em alguns países utilizam termoelétricas alimentadas por carvão ou gás cujas conseqüências já são conhecidas em todo planeta (aluno 17).

h) Análises do professor referentes aos relatos apresentados:

Quanto às discussões sobre a desconfiança do uso das máquinas para o desempenho de algumas atividades, questão 2.3, observou-se a partir dos pré-relatórios entregues que os alunos dos grupos B, D, H e J, seguiram praticamente a mesma linha de raciocínio dos alunos dos grupos A e F, ao argumentar que as máquinas não são eficientes diante de situações imprevistas. Ainda nessa mesma linha, os alunos do grupo H complementam os argumentos descritos por esses grupos e, acompanhados pelos alunos do grupo I, citam o mau funcionamento das máquinas como uma justificativa para não usá-las.

Os alunos do grupo F apresentam mais um argumento bastante interessante que exalta uma das peculiaridades do ser humano: sua criatividade. Dessa forma, percebeu-se que a principal base de argumento apresentada pelos grupos esteve relacionada à características humanas não percebidas nas máquinas: criatividade e capacidade de julgamento e avaliação ao se deparar com situações imprevistas.

De forma diferenciada, os alunos do grupo C responderam a questão fazendo comparações entre as vantagens e desvantagens do trabalho

realizado pelo homem e máquina. Esse posicionamento, de forma especial, mudou um pouco o rumo das discussões realizadas sobre essa questão. Os alunos do grupo C ainda apresentaram como argumento contrário ao uso das máquinas alguns trechos de notícias extraídas da internet. Nesses textos havia relatos de acidentes decorrentes do mau uso ou mau funcionamento das máquinas. Um dos casos relatou um acidente ocorrido em função de uma pessoa ter seguido à risca as orientações do aparelho GPS de um automóvel, indo parar sobre trilhos de trem. Outro acidente relatado esteve relacionado ao uso de uma arma automática que por defeito disparou sozinha e provocou a morte de vários militares. Houve também o relato de uma máquina de radioterapia que, por defeito no *software*, assim como a arma automática citada anteriormente, provocou a morte de várias pessoas ao aplicar super-dosagens de radiação.

A atividade 2.4 do PGD III solicitou que os alunos, em seus grupos, comparassem, discutissem e apresentassem relato sobre as conclusões atingidas sobre uma análise dos aspectos positivos e negativos do uso das máquinas na colheita da cana-de-açúcar. Os aspectos nos quais esses alunos basearam suas discussões foram pré-definidos: social, ambiental, político, econômico, etc. Em síntese, puderam ser observadas as seguintes considerações:

-Social: geram desemprego pela substituição da mão-de-obra humana, em decorrência pode provocar gastos ao governo em função do pagamento de salário desemprego, inadimplência, violência, etc., porém, geram emprego durante o processo de produção das máquinas, manutenção e treinamento dos profissionais cujo serviço está a ela relacionado; a máquina substitui a mão-de-obra humana em um serviço insalubre e que oferece constantemente riscos de acidentes: cortes e picadas de animais peçonhentos.

-Questão técnica: a dificuldade da máquina ao operar em terrenos acidentados, podendo provocar perdas em função do corte irregular da cana.

-Ambiental: diminuem a poluição, pois não exigem a queima do canavial antes da colheita. Contribui para a preservação e adubação do solo à medida que a palha é moída e depositada diretamente sobre o solo, porém,

podem gerar poluição devido à queima do combustível necessário ao seu funcionamento, possíveis vazamentos do mesmo sobre o solo e possível compactação do solo em função do trânsito da máquina sobre o mesmo.

-Política: a necessidade dos governos municipal, estadual e federal, estabelecerem leis que regulamentem o processo e, devido à eminência da acentuação da substituição da mão-de-obra humana pela mecanizada, elaborar projetos para qualificação e realocação dessa mão-de-obra no mercado de trabalho.

-Econômico: permite reduzir o tempo necessário para a colheita, com isso aumenta a produtividade e diminui os custos da produção, reduz para o empresário os custos referentes a encargos sociais relacionados à manutenção da mão-de-obra humana, porém, há a necessidade do investimento inicial na máquina cujo alto custo pode ser um problema, dependendo das dimensões da propriedade; há também o custo relacionado à manutenção da máquina e com a compra de combustível.

Após a leitura dos relatórios finais e individuais entregues pelos alunos pôde-se ter uma dimensão melhor dos efeitos das atividades realizadas pelos alunos referentes às questões (2.3 e 2.4) voltadas para o aspecto de sua formação enquanto cidadão. O que se espera nesse processo? Que o aluno, futuro engenheiro adquira o hábito de avaliar criticamente os produtos, procedimentos e processos tecnológicos. Para tanto, deve utilizar-se de seus conhecimentos científicos e tecnológicos apoiados por parâmetros sociais e ambientais. Entende-se que essa avaliação crítica ocorreu, pois conforme comentam os alunos 31 e 39, quando o trabalho está voltado para a produção em massa as máquinas apresentam um importante aspecto a ser considerado que é a precisão e a capacidade de produzir ininterruptamente e sem diferenças no resultado final. Contudo, de acordo com o contra-argumento apresentado pelos alunos 02, 15 e 17, as máquinas podem apresentar falhas em seu funcionamento, por isso, precisam sempre do acompanhamento de uma pessoa para verificar o andamento do processo. Todavia, conforme relata o aluno 31, há situações em que o uso das máquinas é extremamente importante, para substituir a mão de obra humana em situações de risco, e

para desempenhar funções impossíveis de serem realizadas pelo homem, como a substituição de órgãos humanos relatada pelo aluno 03. Contudo, entende-se que há um relato que pode exemplificar ainda melhor a qualidade das discussões realizadas, o apresentado pelo aluno 17. Esse aluno faz uma listagem apresentando uma comparação entre o trabalho humano e mecânico a partir de suas vantagens e desvantagens por meio de uma série de argumentos e contra-argumentos. Nessa perspectiva, considerou-se importante o posicionamento relatado pelo aluno 13. Esse aluno afirma que, em virtude dos diversos aspectos abordados, é necessário que se analise cada situação antes de definir pelo tipo de mão-de-obra a ser utilizada.

i) Considerações finais do professor a respeito das atividades desenvolvidas pelos alunos na aplicação do PGD III:

A partir do exposto, permite-se comprovar a ocorrência no PGD III de diversos aspectos positivos, já observados nos PGDs anteriores: participação ativa dos alunos em atividades, dentro e fora da sala de aula, de pesquisa, de diálogo e confronto de idéias, de aplicação de conhecimentos científicos na resolução de problemas contextualizados na busca de promover a aprendizagem de conhecimentos científicos e tecnológicos relacionados às questões sociais e ambientais. Dessa forma, entende-se que os PGDs deram efetiva contribuição na busca de

“[...] capacitar o educando a participar do processo democrático de tomada de decisões, promovendo a ação cidadã encaminhada à solução de problemas relacionados à sociedade na qual ele está inserido” (PINHEIRO *et al.*, 2007, p.82).

Além desses aspectos, comuns a todas as atividades elaboradas sob a égide da metodologia PGD, ao se voltar para as atividades relacionadas especificamente aos conhecimentos científicos da Física, entende-se que o PGD III foi o que mais contribuiu para a formação científica dos alunos. O nível de dificuldade do problema foi grande, principalmente se considerarmos que foi aplicado junto a uma turma de alunos recém-egressos do ensino médio. Não somente em função dos conhecimentos científicos envolvidos na sua

resolução, julga-se que o alto nível de dificuldade agregado ao problema deu-se também em função da necessidade do aluno relacionar esses conhecimentos à questão, reorganizando-os e transformando-os em úteis no raciocínio desenvolvido para encontrar o caminho que lhe permitisse chegar à solução do problema. Dessa forma, entende-se que as atividades do PGD III contribuíram para a promoção de uma aprendizagem menos mecânica e mais significativa, pois, conforme relata Tavares (2008, p.95):

[...] quando o aprendiz tem pela frente um novo corpo de informações e consegue fazer conexões entre esse material que lhe é apresentado e o seu conhecimento prévio em assuntos correlatos, ele estará construindo significados pessoais para essa informação, transformando-a em conhecimentos, em significados sobre o conteúdo apresentado.

Ao levar em consideração o fato de que a resolução dessa atividade ocorreu nos grupos, sem a participação do professor, conclui-se que essa atividade PGD, assim como as demais realizadas, contribuiu de forma efetiva para a promoção da participação do aluno na busca e aquisição de conhecimentos, pois, conforme comentam Silva e Cecílio (2007, p. 64):

[...] o aluno passa a construir seu próprio conhecimento de uma forma mais clara e harmoniosa com a realidade, aprendendo a refletir sobre o que está sendo proposto e ao mesmo tempo qualificando-se para o exercício profissional, de forma mais autônoma e crítica.

Logo, essa atividade PGD permitiu ao professor de Física Geral I reposicionar as atividades de ensino de sua disciplina à nova visão curricular solicitada pelas DCNs e, ao mesmo tempo, promover um processo de ensino na busca de uma aprendizagem mais significativa, pois, de acordo com Moreira (2000, p.36):

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

As questões que se seguiram trouxeram à tona, ao levantar questionamentos e promover discussões relacionadas a um tema bastante polêmico: substituição da mão-de-obra humana pela mecânica, um conjunto de aspectos e considerações bastante relevantes à sociedade e de extrema importância junto ao processo da formação humanista do acadêmico de Engenharia. Muitas vezes cobra-se do engenheiro a responsabilidade pela tomada de decisões junto aos diversos aspectos de funcionamento de uma indústria e o que se espera, com a nova formação acadêmica, é que essas decisões não ocorram apenas em função dos aspectos científico, tecnológico e econômico.

Nesse sentido, entende-se que a atividade realizada trouxe inestimável contribuição para o exercício de reflexão e uma percepção, por parte do aluno, de novos aspectos e valores a serem levados em consideração durante a sua tomada de decisão. Por fim, acompanhando a visão de Fávero e Sousa (2001), entende-se que os relatos apresentados pelos alunos mostraram que a realização das atividades com o PGD III, bem como com os anteriormente desenvolvidos, resultou em uma aprendizagem significativa, porém, não só de conhecimentos científicos. Também resultou numa aprendizagem significativa de atitudes e habilidades, aquisição de novas competências e valores e alterações no comportamento.

14	p	p	s	s	s	p	p	p	i	i	i	s	i	i	p	p	p	i	s	s
15	i	p	s	p	s	p	i	p	s	p	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
15	p	p	s	p	p	p	p	s	p	p	s	p	p	i	s	s	p	p	i	s
16	i	p	i	i	i	p	p	i	s	p	i	i	i	i	i	p	p	i	i	i
16	p	s	p	p	s	p	s	p	s	s	i	i	p	i	s	s	i	s	s	s
17	s	i	p	p	p	p	p	p	p	p	s	s	i	i	p	p	i	i	i	i
17	s	s	s	s	s	s	p	s	s	s	i	i	s	i	p	s	s	s	s	s
18	s	p	i	i	p	p	i	p	p	p	p	p	i	i	i	p	i	i	p	i
18	s	p	i	i	p	s	p	i	p	s	i	p	p	i	i	s	p	i	s	s
19	s	s	s	p	s	p	p	i	s	p	i	i	i	i	i	p	p	i	i	i
19	i	p	s	s	p	p	p	p	p	p	i	p	p	i	i	s	p	i	i	s
20	i	p	p	p	s	p	i	s	p	p	i	i	i	i	s	s	i	i	i	i
20	s	s	p	p	p	p	p	p	p	p	i	s	s	i	p	p	i	i	p	p
21	s	i	p	p	p	p	p	p	s	p	p	i	p	i	i	i	i	i	p	i
21	p	s	s	p	p	p	p	s	i	s	p	p	s	i	s	s	s	s	s	s
22	s	p	p	p	s	p	p	p	p	p	i	s	i	i	p	s	i	i	p	p
22	p	p	p	p	p	i	p	s	s	s	i	s	p	i	s	s	i	i	s	p
23	s	p	p	i	s	p	i	i	p	p	p	s	p	i	p	i	i	i	i	i
23	p	p	s	s	p	i	p	s	i	s	p	p	p	i	s	s	i	i	i	p
24	s	p	i	i	s	p	p	i	i	i	i	i	i	i	p	i	i	i	p	i
24	s	s	s	s	p	s	p	p	p	i	i	p	p	i	s	s	i	i	s	s
25	s	p	p	p	p	p	p	p	i	i	i	p	i	i	p	s	i	i	p	i
25	p	p	s	s	i	p	p	s	p	s	p	i	i	i	p	s	s	p	s	i
26	s	s	p	p	i	i	p	s	i	p	p	i	i	i	i	i	i	i	i	i
26	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	i	p	p	i	s	p	i	i	s	p
27	p	p	p	p	i	p	p	p	p	p	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
27	p	p	s	s	p	s	p	s	p	p	s	s	s	i	s	s	p	i	p	s
28	s	p	p	p	p	p	p	i	s	i	i	i	s	i	i	s	p	i	i	i
28	s	s	s	p	p	p	s	s	s	s	p	s	s	i	p	s	p	s	p	p
29	i	p	s	p	i	s	p	s	p	p	i	s	p	i	p	i	i	i	p	s
29	p	s	s	s	p	p	p	s	p	p	p	i	p	i	p	s	p	i	p	p
30	s	p	s	p	p	p	p	p	p	p	i	i	i	i	s	s	i	i	i	i
30	p	p	p	s	p	p	p	s	s	p	i	p	p	i	p	s	s	i	s	s
31	s	s	p	p	p	s	p	p	s	p	i	i	p	i	p	p	i	i	s	p
31	p	p	s	s	p	p	p	s	s	i	s	i	s	p	s	p	i	s	s	s
32	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i	p	p	i	i	s	s	i	i	p	i
32	s	s	s	s	p	p	p	s	p	s	p	p	p	i	s	s	i	i	p	s
33	i	i	i	i	i	s	p	s	s	p	i	p	p	i	p	p	p	s	p	s
33	s	s	s	s	s	s	s	s	s	p	s	s	s	p	s	s	s	s	p	s

Fonte: Autoria própria.