

ANTÔNIO MARTINS LOPES

COMBINANDO METODOLOGIA DE ENSINO *PEER INSTRUCTION*
COM *JUST-IN-TIME TEACHING* PARA O ENSINO DE FÍSICA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação do
Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física, para obtenção do
título de ***Magister Scientiae***.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL

2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

L864c
2016 Lopes, Antônio Martins, 1982-
 Combinando metodologia de Ensino Peer Instruction
 com Just-in-Time Teaching para o ensino de Física / Antônio
 Martins Lopes. - Viçosa, MG, 2016.
 xviii, 146f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Inclui apêndices.

Orientador : Álvaro José Magalhães Neves.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f.87-91.

1. Métodos de ensino - Física. 2. Ensino de física.
3. Ensino colaborativo. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Física. Programa de Pós-graduação em
Ensino de Física. II. Título.

CDD 22. ed. 371.3

ANTÔNIO MARTINS LOPES

COMBINANDO METODOLOGIA DE ENSINO PEER INSTRUCTION COM JUST-IN-TIME TEACHING PARA O ENSINO DE FÍSICA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação do
Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 15 de janeiro de 2016.



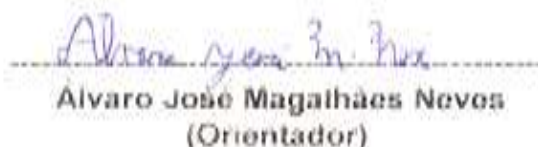
Alexandre Tadeu G. de Carvalho



Ricardo Reis Cordeiro



Gino Ceotto Filho



Alvaro José Magalhães Neves
(Orientador)

“Dizendo: Amém. Louvor, e glória e sabedoria,

e ação de graças, e honra, e poder, e força ao nosso Deus,

para todo o sempre. Amém”

Apocalipse 6:12.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa, Luciane Gonçalves de Melo Martins Lopes, pela compreensão e pelo companheirismo dado durante o curso.

Aos meus pais Deuli José Martins Lopes e José Alves Lopes, a minha irmã Andreza Miranda Lopes e minha sobrinha Larissa.

À Universidade Federal de Viçosa, em particular ao Departamento de Física, em especial, aos professores do Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física, pela oportunidade da realização deste curso.

Ao Professor Dr. Álvaro José Magalhães Neves a orientação, os ensinamentos, a paciência, a amizade e as incansáveis discussões e sugestões ao meu trabalho. Além dele, quero agradecer aos demais integrantes do nosso grupo de pesquisa: Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira, Luciano de Moura Guimarães e Igor de Sousa Ferreira.

Ao meu amigo Professor Alessandro Saraiva de Loreto e sua família, incentivadores pela minha vinda para Viçosa.

Aos meus colegas de turma, pela amizade, pelo apoio e pela disponibilidade em compartilhar conhecimento.

Aos meus amigos que congregam na Igreja Cristã Maranata.

Aos membros da banca, pelo voto de confiança.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para realização deste novo desafio em minha vida agradeço.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE GRÁFICOS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Definição do Problema	1
1.2 Justificativa do Trabalho	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Organização da Dissertação	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Métodos Ativos de Ensino	4
2.2 A metodologia “Instrução pelos Colegas”	6
2.2.1 Dinâmica da “Instrução pelos Colegas”	6
2.2.2 Resultados da “Instrução pelos Colegas”	9
2.3 Estudo pré-aula e <i>Just-in-Time Teaching</i>	15
2.4 Tecnologia Interativa	16
2.5 Inventário de Concepção de Força (<i>Force Concept Inventory, FCI</i>).....	18
3 METODOLOGIA	21
3.1 A Disciplina e a Instituição	21
3.2 Implantação das Metodologias de Ensino e do Questionário Pré-aula (JiTT).....	25
3.2.1 Os Métodos de Ensino	25

3.2.2	Sistema de Avaliação da Disciplina	27
3.3	Questionário de Avaliação	29
3.4	Análise de Dados	29
3.4.1	O Grupo de Alunos Estudado	30
3.4.2	Classificação do Preparo Acadêmico	30
3.4.3	Métodos Estatísticos.....	32
3.5	Tecnologia Interativa	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1	Determinação do Preparo Acadêmico dos Alunos	38
4.2	Desempenho em Provas: IpC versus Trad	39
4.2.1	Período 2011/2 (sem JiTT)	39
4.2.2	Período 2012/1 (com JiTT)	42
4.2.3	O efeito dos questionários pré-aula	45
4.2.4	O efeito do JiTT na retenção	50
4.3	Demanda de Tempo do Aluno na IpC	52
4.4	Percepção dos Alunos Sobre a IpC	60
5	MATERIAIS DIDÁTICOS.....	66
5.1	Testes Conceituais.....	66
5.2	Questionários pré-aula	81
6	CONCLUSÃO	85
	ANEXO A- PLANO DE ENSINO DA DISCIPLINA	92
	ANEXO B- EXEMPLOS DE PROVAS	94
	ANEXO C- QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO	106
	APÊNDICE A- RESULTADOS POR SEMESTRE	109
	APÊNDICE B- PRODUTO DIDÁTICO	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Resultados obtidos em dez anos de experiência com o método Instrução pelos Colegas na Universidade de Harvard. O Trad e o IpC são, respectivamente, o método tradicional de ensino e a Instrução pelos Colegas. As notas médias pré e pós-teste referem-se ao Inventário Conceito de Força (Force Concept Inventory, FCI). N corresponde ao número de alunos. Adaptado de Crouch e Mazur (2001) e Crouch <i>et al.</i> (2007).....	9
Tabela 2.2: Os valores do parâmetro FCI (pré e pós) de diferentes populações e a “eficiencia didáctica”, corresponde ao ganho de Hake percentual. Adaptado de Covián e Celemín (2008).....	20
Tabela 3.1: Tópicos e os capítulos abordados na disciplina Física 2 (FIS202) e o número de aulas que os professores utilizaram para trabalhar cada conteúdo.	24
Tabela 3.2: Resumos das condições do experimento em cada período. Número de turmas submetidas ao método de ensino tradicional (Trad) e ao método de ensino Instrução pelos Colegas (IpC), número de professores envolvidos, número de alunos envolvidos e a utilização, ou não, do questionário pré-aula (JiTT).....	26
Tabela 4.1: Resumos das condições do experimento em cada período. Número de turmas submetidas ao método de ensino tradicional (Trad) e ao método de ensino Instrução pelos Colegas (IpC), número de professores envolvidos, número de alunos envolvidos e a utilização, ou não, do questionário pré-aula (JiTT).....	37
Tabela 4.2: Critérios que definem os grupos de habilidades de acordo com nota FIS201 e entre parênteses encontram-se a quantidade de alunos que contém em cada um desses grupos; a média e o desvio-padrão médio de cada grupo no FCI e entre parênteses a quantidade de alunos que fizeram o teste FCI.	38

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 2.1:** Ganho absoluto ($\langle S_{\text{pos}} \rangle - \langle S_{\text{pre}} \rangle$) percentual em função da nota média no pré-teste para 62 disciplinas de Física básica. As siglas HS, COLL e UNIV referem-se respectivamente a escolas de nível médio (High School), faculdades (Colleges) e Universidades. Adaptado de Hake (1997).5
- Gráfico 2.2:** Distribuição das notas obtidas nas questões mostradas na figura 2.2. Os histogramas mostram quantos alunos obtiveram qual nota na questão conceitual (a) e na convencional (b). Adaptado de Mazur (1997).12
- Gráfico 2.3:** Correlação entre a pontuação em obtida em problemas conceituais e convencionais, utilizando o método tradicional. O raio dos círculos é proporcional ao número de estudantes na região. Adaptado de Mazur (1997).13
- Gráfico 2.4:** Correlação entre a pontuação obtida em problemas conceituais e convencionais, utilizando o método IpC. O raio dos círculos é proporcional ao número de estudantes na região. Adaptado de Mazur (1997).14
- Gráfico 3.1.** Percentual de estudantes da disciplina de FIS202 em cada bloco de cursos (semestres acadêmicos de 2011/2 a 2014/2).....23
- Gráfico 4.1:** Resultados referentes ao período de 2011/2. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.....39
- Gráfico 4.2:** Resultados obtidos durante o período de 2011/2. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média $\langle N202^* \rangle$ obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = 0,48; grupo 2 = 0,28; grupo 3 = 0,09.....40
- Gráfico 4.3:** Resultados referentes ao período de 2012/1. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.....43
- Gráfico 4.4:** Resultados obtidos durante o período de 2012/1. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média $\langle N202^* \rangle$ obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = $9,28 \times 10^{-6}$; grupo 2 = $5,63 \times 10^{-4}$ e grupo 3 = $4,97 \times 10^{-3}$44

Gráfico 4.5: Resultados obtidos nos semestres em que as turmas IpC não utilizaram JiTT (2011/2 e 2013/2). Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.46

Gráfico 4.6: Resultados obtidos nos semestres em que as turmas IpC não utilizaram JiTT (2011/2 e 2013/2). Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1=0,4; grupo 2 = 0,4 e grupo 3 = $2,0 \times 10^{-3}$47

Gráfico 4.7: Resultados obtidos dos semestres que utilizaram o questionário pré-aula nas turmas IpC. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.48

Gráfico 4.8: Resultados obtidos nos sete períodos que utilizaram o questionário pré-aula nas turmas IpC. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = 2×10^{-3} ; grupo 2 = $1,32 \times 10^{-4}$ e grupo 3 = 3×10^{-2}49

Gráfico 4.9: Percentual de alunos aprovados nos períodos que não utilizaram JiTT. Os números em negrito acima das colunas representam o percentual de aprovação em cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1=0,22; grupo 2 = 0,33 e grupo 3 = 0,15.51

Gráfico 4.10: Percentual de alunos aprovados nos períodos que utilizaram JiTT. Os números em negrito acima das colunas representam o percentual de aprovação em cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1= $3,80 \times 10^{-5}$; grupo 2 = $7,07 \times 10^{-4}$ e grupo 3 = $3,82 \times 10^{-2}$52

Gráfico 4.11: Tempo que os alunos declararam se dedicar para se prepararem adequadamente para uma aula, por meio do estudo prévio do conteúdo e da resposta ao questionário pré-aula. 2,1% não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente.54

Gráfico 4.12: Tempo que os alunos declararam se dedicar para se prepararem adequadamente para uma aula, por meio da resposta ao questionário pré-aula. 2,6% não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente.	55
Gráfico 4.13: Tempo que os alunos declararam se dedicar para se prepararem adequadamente para uma aula, por meio do estudo prévio do conteúdo. 3,1% dos discentes não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente.	56
Gráfico 4.14: Tempo que os alunos declararam ser necessário semanalmente para resolver os problemas indicados do livro. 32,5% dos discentes não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente.	57
Gráfico 4.15: Tempo que os alunos declararam ser necessário semanalmente para resolver os problemas indicados do livro. 19,3% dos discentes não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente. Observação: essas informações são dos alunos 2015/1 das turmas IpC.....	58
Gráfico 4.16: Tempo que os alunos declararam ser necessário semanalmente para resolver os problemas indicados do livro. 5,5% dos discentes não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente. Observação: essas informações são dos alunos 2015/1 da turma tradicional.....	59
Gráfico 4.17: Avaliação dos alunos sobre o <i>Peer Instruction</i> em relação ao método tradicional.....	61
Gráfico 4.18: Opinião dos alunos sobre a ajuda dos testes conceituais e das discussões promovidas dentro da sala de aula para compreensão da matéria.	62
Gráfico 4.19: Opinião dos alunos sobre ajuda do estudo prévio para compreensão da matéria.	63
Gráfico 4.20: Opinião dos alunos sobre questionário pré-aula na ajuda na compreensão da matéria.....	64
Gráfico 4.21: Posição dos alunos se eles utilizariam o <i>Peer Instruction</i> no próximo semestre se fosse oferecido em uma disciplina de Física.	65
Gráfico 5.1: Respostas dos alunos: a) antes das discussões entre os colegas; b) após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.	68

Gráfico 5.2: Respostas dos alunos: a) antes das discussões entre os colegas; b) após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.70

Gráfico 5.3: Respostas dos alunos: a) antes das discussões entre os colegas; b) após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.72

Gráfico 5.4: Respostas dos alunos: a) antes das discussões entre os colegas; b) após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.74

Gráfico 5.5: Respostas dos alunos: a) antes das discussões entre os colegas; b) após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.78

Gráfico 5.6: Respostas dos alunos: a) antes das discussões entre os colegas; b) após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.80

Gráfico A.1: Resultados referentes ao período de 2011/2. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.....109

Gráfico A.2: Resultados obtidos durante o período de 2011/2. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = 0,48; grupo 2 = 0,28; grupo 3 = 0,09.....109

Gráfico A.3: Resultados referentes ao período de 2012/1. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.....110

Gráfico A.4: Resultados obtidos durante o período de 2012/1. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = $9,28 \times 10^{-6}$; grupo 2 = $5,63 \times 10^{-4}$; grupo 3 = $4,97 \times 10^{-3}$110

Gráfico A.5: Resultados referentes ao período de 2012/2. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.....111

Gráfico A.6: Resultados obtidos durante o período de 2012/2. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = 0,18; grupo 2 = 0,03; grupo 3 = 0,09.....111

Gráfico A.7: Resultados referentes ao período de 2013/1. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.....112

Gráfico A.8: Resultados obtidos durante o período de 2013/1. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = 0,14; grupo 2 = $2,36 \times 10^{-4}$; grupo 3 = $1,86 \times 10^{-2}$112

Gráfico A.9: Resultados referentes ao período de 2013/2. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.....113

Gráfico A.10: Resultados obtidos durante o período de 2013/2. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = 0,31; grupo 2 = 0,47; grupo 3 = $3,05 \times 10^{-2}$113

Gráfico A.11: Resultados referentes ao período de 2014/1. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.....114

Gráfico A.12: Resultados obtidos durante o período de 2014/1. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = $3,90 \times 10^{-2}$; grupo 2 = 0,19; grupo 3 = 0,20.....114

Gráfico A.13: Resultados referentes ao período de 2014/2. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.....115

Gráfico A.14: Resultados obtidos durante o período de 2014/2. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = 0,22; grupo 2 = 0,37; grupo 3 = 0,38.....115

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Fluxograma da aula com a metodologia IpC. Adaptado de Lasry (2008).....	7
Figura 2.2: Exemplo de pares de questões cobrando os mesmos conceitos físicos. (a) questão conceitual; (b) problema típico de um livro-texto. Adaptado de Mazur (1997)..	11
Figura 3.1: Imagens do clicker utilizado nas turmas IpC na disciplina FIS202.	35
Figura 3.2: Imagens dos clickers pendurados em ganchos na parede da sala de aula da UFV.	36

LISTA DE ABREVIATURAS

EUA: Estados Unidos da América

FCI: Force Concept Inventory

IpC: Instrução pelos Colegas

JiTT: *Just-in-Time Teaching*

Trad: Tradicional

FIS191: Disciplina “Introdução à Mecânica” da UFV

FIS201: Disciplina “Física I” da UFV

FIS202: Disciplina “Física II” da UFV

<N202*>: Nota percentual média obtida nas provas de FIS202

N201: Nota obtida na FIS201

MAT140: Disciplina “Cálculo I” da UFV

MAT141: Disciplina “Cálculo Diferencial e Integral I” da UFV

MAT146: Disciplina “Cálculo I” da UFV

PI: *Peer Instruction*

UFV: Universidade Federal de Viçosa

RESUMO

LOPES, Antônio Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2016, **Combinando Metodologia de Ensino *Peer Instruction* com *Just-in-Time Teaching* para o Ensino de Física**. Orientador: Álvaro José Magalhães Neves. Coorientador: Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira.

Os métodos ativos de ensino despontam como uma opção superior ao que denominaremos de método tradicional de ensino, esse centrado nas exposições do professor para uma audiência passiva. O método ativo de ensino mais conhecido e utilizado em Física é o *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas - IpC). Ele tem sido utilizado experimentalmente na Universidade Federal de Viçosa (UFV) desde 2011 na disciplina introdutória Física 2 (fluidos, ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas e termodinâmica). O propósito principal desta dissertação é estabelecer se, e em que condições, a metodologia IpC promove aprendizado superior ao do método tradicional de ensino. Além disso, analisamos o tempo que essa metodologia ativa demanda dos estudantes e também quais são as atitudes deles com relação às várias componentes do método. Na esteira dessa investigação, nós documentamos a implantação da IpC na UFV, destacando os seus erros, acertos e descobertas. Apresentamos ainda uma parte do material didático desenvolvido e discutimos a sua utilização em sala de aula. A pesquisa apresentada aqui é um estudo de larga escala, que compreendeu uma amostra com cerca de 3.000 alunos, em sete semestres acadêmicos. Os dois métodos didáticos avaliados (IpC e tradicional) foram utilizados simultaneamente em todos os semestres, em turmas distintas. Dessa forma, todos os discentes de cada semestre passaram pelas mesmas provas, que foram corrigidas de forma padronizada e uniforme. As notas e o percentual de aprovação foram analisados estatisticamente dentro de grupos com preparo acadêmico equivalente. O preparo acadêmico foi determinado com base no desempenho dos estudantes no Force Concept Inventory (FCI) e também na nota obtida numa disciplina de Física anterior a esse estudo. Os nossos resultados mostraram que a aplicação da IpC *per se* não proporcionou ganhos de aprendizado (medidos pelas notas de prova), exceto para 10% dos estudantes, o grupo com melhor preparo acadêmico. Para os outros alunos, as duas metodologias levaram a resultados estatisticamente equivalentes. Entretanto, conjugando a IpC com

questionários pré-aula, elaborados para estimular o estudo antecipado para aula, a IpC proporcionou um ganho significativo de aprendizado para os alunos com os mais diversos níveis de preparo acadêmico, seja pela métrica de notas em provas, como também pela do percentual de aprovação. Trata-se de um resultado original e importante. De fato, a literatura da área enfatiza que os resultados da IpC são superiores aos do ensino tradicional, mesmo sem a utilização de outros expedientes para fomentar o estudo pré-aula. Contudo, esses artigos tratam de pesquisas em instituições extremamente seletivas, cujos estudantes têm em média um preparo acadêmico (medido pelo FCI) semelhante ao dos 10% melhores alunos na população que estudamos. Investigou-se também o tempo necessário para a realização das atividades relacionadas com a IpC por meio de um questionário de avaliação. Concluimos que a metodologia Instrução pelos Colegas demanda do aluno um tempo de estudo compatível com o que é recomendado na literatura para disciplinas em geral. Determinamos que os alunos precisam em média de 2,5 horas para estudar antecipadamente o conteúdo de uma aula e responder ao questionário associado. O questionário de avaliação revelou também que a maioria dos alunos avalia positivamente a IpC e que acredita que o estudo antecipado e as discussões em sala de aula contribuem para o seu aprendizado. Todavia, a maioria acredita que os questionários pré-aula não auxiliam no aprendizado. Em síntese, este trabalho demonstra com clareza a importância capital do estudo pré-aula na IpC, sobretudo quando esse método é utilizado em um corpo estudantil com uma ampla gama de preparos acadêmicos. Nesse caso, o ganho em aprendizado depende da utilização de instrumentos para fomentar o estudo antecipado para as aulas. Entretanto, a importância do principal instrumento, o questionário pré-aula, não é percebida espontaneamente pelos alunos. O tempo demandado do estudante é uma preocupação comum quando se analisa a possibilidade de utilizar a IpC. Esta investigação revela que é possível obter com a IpC aprendizado superior ao obtido com o método tradicional de ensino, sem contudo demandar do aluno mais tempo de trabalho que o recomendado na literatura.

ABSTRACT

LOPES, Antônio Martins, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2016, **Combining Teaching Peer Instruction and Just-in-Time Teaching in Physical Education**. Adviser: Álvaro José Magalhães Neves. Co-Adviser: Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira.

The active learning methods are considered a far superior alternative to the so-called traditional teaching, the latter based upon the instructor's expositions to a passive audience of students. Nowadays Peer Instruction (PI) is the most pervasively used active methods in Physics. It has been used experimentally at *Universidade Federal de Viçosa* (UFV) since 2011 in the course *Física 2* (fluids, mechanic waves, electromagnetic waves and thermodynamics). The purpose of this work is chiefly to establish if, and in which conditions, PI renders better learning than the traditional method. Furthermore we have analyzed the time PI demands from students and also their attitudes towards the various components of this methodology. Along this trail, we documented the implementation of PI at UFV, pointing out its shortcomings, achievements and findings. As a final point, we presented part of the teaching material developed at UFV and discussed its use in class. This work is a large scale study involving about 3,000 students in seven academic semesters. The methods compared here (traditional teaching and Peer Instruction) were employed alongside in each semester in different student groups. Hence all students took the same exams, which were uniformly graded. The grades and the pass rates of PI and traditional students were statistically analyzed within groups with the same academic background. This academic preparation was determined using the Force Concept Inventory (FCI), as well as the grade obtained in a Physics course taken before the one studied here. Our results show that PI *per se* did not provide better learning (as measured by grade in exams), except for 10% of the students, those with the strongest academic background. For the other students, both methodologies rendered results that are statistically identical. However, conjugating PI with online questionnaires designed to enhance student's preparation for class rendered a remarkable learning gain (in terms of grades and pass rates) for students with all levels of academic proficiency. This is an original and important result. In fact, the literature emphasizes that PI provides superior results,

even without techniques meant to foster preparation for class. Nonetheless, most articles report on studies from highly selective institutions whose students have on average an academic background (as measured by the FCI) similar to those of the 10% strongest student in the population we studied. We have also surveyed the time students need to accomplish the tasks related to PI. We came to the conclusion that Peer Instruction requires from students as much time as recommended in the literature. On average they needed 2.5 hours to study for a class and to answer the associated questionnaire. The survey also revealed that the majority of the students evaluated PI positively and considered that the pre-class study and the discussions in class were beneficial to their learning. However, most students believed that the aforementioned pre-class questionnaires did not help them learn. In conclusion, this work demonstrates clearly the capital importance of the preparation for class in Peer Instruction, especially if the student population comprises a wide range of academic proficiency. In this case, it is necessary to use tools, as well designed questionnaires, to foster student's preparation for class. The time demand on students is usually a main concern when deciding whether one should use PI. This study shows that PI may provide better learning than the traditional method, without requiring more time from students.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definição do Problema

A importância prática e humanística do processo de ensino e aprendizagem é copiosamente demonstrada por fatos. Apesar dos 900 anos de existência do ensino organizado, nascido com as primeiras universidades, há problemas claros e recorrentes na área. A maneira de enfrentá-los permanece controversa. Contudo, nas últimas décadas surgiram evidências crescentes de que essas dificuldades podem ser enfrentadas com novas metodologias de ensino.

Na área de Física os problemas de ensino são notórios e antigos (MAZUR, 1997). Suas facetas mais visíveis são a frustração dos estudantes e os altos índices de abandono e reprovação nas disciplinas. A ineficácia do ensino de Física é exposta detalhadamente, por exemplo, na célebre série de artigos de Halloun e Hestenes (1985a, 1985b) e Hestenes (1987), a qual mostra que os alunos chegam à sua primeira disciplina de Física na universidade com uma série de concepções não científicas acerca do movimento. Os autores demonstram que essas “concepções alternativas” são apenas minimamente alteradas pelo processo de instrução usual.

É digno de nota que os métodos de ensino utilizados nas disciplinas de Física mudaram pouco nos últimos 100 anos, apesar da sua audiência ser hoje muito mais diversa que o pequeno público especializado de outrora (MAZUR, 1997, p.4). Ainda hoje, a instrução formal é predominantemente baseada em exposições do professor, dirigidas para uma audiência passiva de estudantes. O aluno usualmente vai à sala de aula para ser exposto ao conteúdo. Fora da aula, supostamente, ele irá aprofundar e praticar os temas abordados. Neste trabalho, denominaremos essa metodologia de “método tradicional”. Ela é a prática instrucional dominante no mundo. De fato, Henderson e Dancy (2009), numa pesquisa com mais de 700 instrutores, aponta que nos EUA menos da metade dos professores de Física do ensino superior utiliza em suas aulas algum método didático baseado em pesquisa científica.

Como mencionado, há evidência de que existam alternativas mais eficazes que o método tradicional – os “Métodos Ativos”. Há uma grande variedade de metodologias ativas de ensino, como a *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas) (MAZUR, 1997), investigada neste trabalho, a *Problem Based Learning* (Aprendizagem Baseada em Problemas) (ALBANESE, MITCHELL, 1993), o *Class-Wide Discussion* (DUFRESNE *et al.*, 1996), *Case Method* (Estudo de Caso) (BARNES, CHRISTENSEN, HANSEN, 1994), o *Think-Pair-Share* (Pense-Par-Compartilhe) (Mc TIGHE, LYMAN, 1988), dentre outras. A linha comum entre elas é o objetivo de deslocar o aluno do papel de espectador passivo para o de ator, que ativamente processa o tema em estudo, por exemplo, lendo, escrevendo, discutindo, sintetizando, resolvendo problemas, ou formulando questões.

1.2 Justificativa do Trabalho

A Instrução pelos Colegas (IpC), “*Peer Instruction*”, é a metodologia ativa mais difundida no ensino de Física. Henderson e Dancy (2009) mostraram que ela é a mais conhecida (por 63,5% dos instrutores) e a mais utilizada (29,2%) na área. Esse método, os seus resultados e desafios serão discutidos no capítulo 2 deste trabalho. É importante adiantar que, apesar dos bons resultados didáticos obtidos com a IpC, há implantações ineficazes (FAGEN *et al.*, 2000; FAGEN, CROUCH, MAZUR, 2002; FAGEN, 2003; CROUCH *et al.*, 2007; SANTOS, 2015; DINIZ, 2015).

Ademais, a despeito das duas décadas passadas desde sua criação, esse método é objeto frequente de pesquisa. De fato, há uma série de questões importantes a serem respondidas. Os dados acerca da efetividade da instrução pelos colegas vêm majoritariamente de instituições altamente seletivas, situadas no exterior. Além disso, a metodologia envolve um conjunto de componentes cuja importância (eficácia) relativa não é satisfatoriamente compreendida. Acreditamos que a preparação de materiais didáticos apropriados e a condução das aulas envolvem mais arte do que ciência. A demanda de tempo que a metodologia impõe sobre o aluno é um parâmetro de grande importância que carece de uma investigação mais abrangente. A pesquisa relatada neste trabalho visa lançar luz sobre algumas dessas lacunas.

1.3 Objetivos

Essa dissertação descreve e analisa a implantação do método Instrução pelos Colegas em sete semestres numa disciplina introdutória de Física na Universidade Federal de Viçosa. Em particular, temos o objetivo de:

- a) Descrever a implantação da IpC na UFV, ressaltando suas inovações, acertos e erros.
- b) Determinar se, e em que condições, o método Instrução pelos Colegas é mais efetivo para a aprendizagem que o método tradicional;
- c) Dimensionar a demanda de tempo imposta ao aluno pela IpC;
- d) Levantar informações sobre a percepção dos alunos a respeito do método IpC;
- e) Discutir a elaboração de materiais didáticos efetivos (testes conceituais, questionários pré-aula) para a metodologia Instrução pelos Colegas.

1.4 Organização da Dissertação

Esta dissertação compreende mais cinco capítulos. O seguinte apresenta uma breve revisão da literatura sobre os métodos ativos. Já no terceiro capítulo, é apresentado o contexto em que aplicamos o método *Peer Instruction* na UFV e um sumário das condições e dos procedimentos experimentais. O capítulo quatro traz os nossos resultados e a sua discussão. Em seguida, no quinto capítulo, encontram-se exemplos comentados de testes conceituais e de questionários pré-aula desenvolvidos no curso deste trabalho. Por fim, o capítulo seis, apresenta as conclusões sobre a experiência da UFV com o método IpC e recomendações para trabalhos futuros. Além disso, acompanha essa dissertação um produto didático independente: um guia prático para a implantação da metodologia Instrução pelos Colegas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O objetivo deste capítulo é resumir os fatos, resultados, métodos e discussões relevantes para a compreensão, avaliação e discussão dos nossos resultados e métodos de pesquisa. Foge ao nosso propósito fazer uma revisão exaustiva da literatura científica.

2.1 Métodos Ativos de Ensino

A disseminação dos métodos ativos de ensino acelerou-se a partir da década de 90. Colaborou para isso a publicação de um relatório eminente da *Association for the Study of Higher Education* (BONWELL, EISON, 1991). Ele reúne literatura relevante que indica que para aprender, o estudante precisaria mais do que ouvir. Ele deveria engajar-se ativamente em atividades como leitura, escrita, discussão e resolução de problemas. Desde então, numerosos estudos têm fornecido evidências adicionais de que os métodos ativos levam, nas mais diversas áreas, a um aprendizado superior ao do método expositivo usual, que aqui convencionamos designar de método tradicional. Como exemplos, mencionamos os trabalhos de Hake (1998), Prince (2004), Hoellwarth e Moelter (2011) e Michael (2006).

O artigo de Hake (1998) compara a eficácia dos métodos ativos e tradicional no ensino de Física básica. Trata-se de um estudo de grande escala, envolvendo mais de seis mil alunos, em 62 disciplinas, em diversas instituições de ensino superior e de nível médio. O trabalho mostra que os métodos ativos resultam em um aprendizado consideravelmente maior. A comparação dos resultados foi realizada utilizando o parâmetro que se tornou conhecido como “ganho normalizado de Hake”, ou “simplesmente ganho de Hake”, simbolizado por “ $\langle g \rangle$ ”. Esse parâmetro é definido pela equação abaixo. Nela, $\langle S_{\text{pós}} \rangle$ e $\langle S_{\text{pré}} \rangle$ são, respectivamente, as notas médias percentuais da turma, obtidas num teste aplicado no final da disciplina (pós-teste) e no mesmo teste aplicado no início (pré-teste). Dessa forma, $\langle g \rangle$ é a razão entre o ganho efetivamente obtido com a instrução e o ganho máximo possível. Frequentemente menciona-se o “ganho de Hake percentual”, isso é, $100 \times \langle g \rangle$.

$$\langle g \rangle = \frac{\langle S_{\text{pós}} \rangle - \langle S_{\text{pré}} \rangle}{100 - \langle S_{\text{pré}} \rangle}$$

No trabalho de Hake, os testes utilizados foram o chamado “Inventário de Conceito de Força” (*Force Concept Inventory*, FCI, vide seção 2.5), o teste “Diagnóstico de Mecânica” (*Mechanics Diagnostic Test*, MD) e o teste “Mecânica Básica” (*Mechanics Baseline*, MB). O gráfico abaixo resume os resultados de Hake (1998). Ele mostra a relação entre o resultado no pré-teste ($\langle S_{\text{pre}} \rangle$) e o ganho absoluto ($\langle S_{\text{pós}} \rangle - \langle S_{\text{pre}} \rangle$) obtido em disciplinas ministradas com os métodos ativos e tradicional, no ensino superior e médio. O ganho de Hake médio nas disciplinas tradicionais foi de 0,23, com desvio-padrão de 0,04. Com os métodos ativos esse ganho foi mais de duas vezes maior (0,48), com desvio padrão de 0,14. Nota-se que todas as 14 disciplinas tradicionais tiveram ganho inferior a 0,3. Apenas sete das 48 disciplinas que utilizaram métodos ativos tiveram ganho abaixo desse valor.

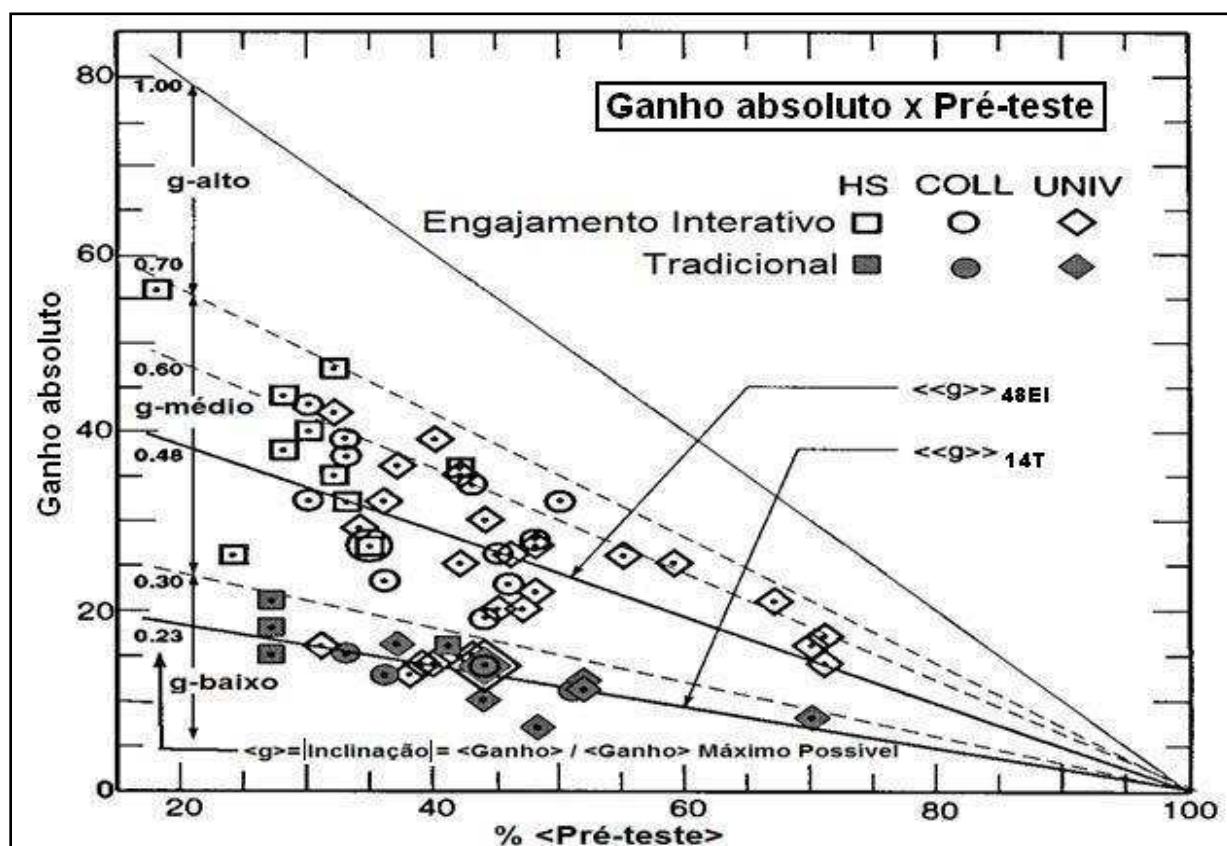


Gráfico 2.1: Ganho absoluto ($\langle S_{\text{pós}} \rangle - \langle S_{\text{pre}} \rangle$) percentual em função da nota média no pré-teste para 62 disciplinas de Física básica. As siglas HS, COLL e UNIV referem-se respectivamente a escolas de nível médio (High School), faculdades (Colleges) e Universidades. Adaptado de Hake (1997).

2.2 A Metodologia “Instrução pelos Colegas”

Como foi exemplificado na seção anterior, há resultados sólidos que indicam que usualmente os métodos ativos de ensino promovem aprendizado superior ao obtido com o método tradicional. Entre os métodos ativos, o “*Peer Instruction*” (Instrução pelos Colegas-IpC, em tradução livre) é o mais utilizado no ensino de Física (HENDERSON; DANCY, 2009). Essa metodologia vem ganhando espaço também em outras áreas (BORREGO *et al.*, 2011).

O método IpC foi criado em 1990 pelo físico Eric Mazur, professor da Universidade de Harvard. A motivação foi uma constatação semelhante à de Halloun e Hestenes (vide capítulo 1), de que o processo de ensino tradicional em pouco alterava as concepções alternativas dos estudantes (MAZUR, 1997, p.6). Detalhes interessantes sobre a criação da IpC são relatados por Mazur (1997, 2009). O ponto crucial dessa metodologia é a discussão entre os alunos, de questões conceituais, sobre os conteúdos que estão sendo abordados na aula. Essa instrução mútua entre os discentes dá o nome ao método.

2.2.1 Dinâmica da “Instrução pelos Colegas”

A literatura científica contém várias descrições ligeiramente diferentes da metodologia. A descrição abaixo está baseada em Mazur (1997), Lasry (2008), Lasry, Mazur, Watkins (2008), Crouch e Mazur (2001), Crouch *et al.* (2007), Müller (2013) e Araujo e Mazur (2013).

A IpC começa antes da aula. O professor indica aos estudantes quais conteúdos eles devem estudar para a próxima aula. Coerentemente a aula não visa expor o estudante ao conteúdo do livro-texto, mas principalmente aprimorar o seu entendimento, tratar de dificuldades potenciais e de exemplos adicionais.

A aula segue a dinâmica contida no fluxograma da figura 2.1. Como descrito ali, o professor começa fazendo uma exposição curta (máximo de 10 minutos) sobre um dos tópicos particularmente importante ou problemático do material estudado previamente pelos alunos. Em seguida, o professor propõe uma questão conceitual de múltipla escolha (“Conceptest”) sobre o assunto abordado. É dado aos alunos um tempo de

aproximadamente dois minutos para que eles respondam individualmente o teste conceitual, formulando argumentos, em silêncio. No término desse período, o estudante submete a sua resposta. Isso pode ser feito com cartões (ARAUJO, MAZUR, 2013), mostrando dedos, ou através de uma tecnologia interativa (vide a seção 2.4), como a dos “clickers”.

Como mostra a figura 2.1, têm-se três procedimentos diferentes, dependendo do percentual de alunos que responderam corretamente. Se o índice de acerto for superior a 70%, o professor explica brevemente a resposta do teste conceitual e passa para o tópico seguinte, evitando longas elaborações. Ele, então, reinicia o ciclo, fazendo uma nova exposição. Por outro lado, se o percentual de acerto for menor que 30%, o professor volta a discutir o assunto e reapresenta o teste conceitual. Se o acerto for de 30 a 70%, o instrutor encoraja a discussão em pequenos grupos (Instrução pelos Colegas), tipicamente com 2 a 5 alunos. Neste momento, o professor e os seus assistentes (se houver algum) circulam pela sala promovendo e participando das discussões. Depois de alguns minutos de debates em grupo, cada aluno resubmete individualmente sua resposta. Por fim, o professor explica, então, a resposta correta. O ciclo da figura recomeça com a exposição de um novo tópico.



Figura 2.1 Fluxograma da aula com a metodologia IpC. Adaptado de Lasry (2008).

Neste método ativo, o professor tem um retorno imediato sobre a efetividade da sua exposição e da leitura pré-aula dos alunos, possibilitando intervenções pedagógicas em tempo real. Além do mais, o aluno também tem retorno rápido sobre a sua compreensão do conteúdo e sobre a eficácia do seu estudo prévio. Supõe-se que esses retornos são de grande importância para aprendizagem. Ressalta-se ainda que a metodologia IpC envolve estudo prévio (antes da aula) e trabalho em grupo (na aula). Naturalmente, tratam-se de práticas de suma importância para qualquer profissional.

Segundo Mazur (1997, p.12), as discussões entre os alunos são bastante eficazes. Ele mostra que em todos os testes conceituais, o percentual de acerto após as discussões é maior que antes. Mazur acredita que os alunos são mais eficazes em ensinar aos seus colegas, do que o são os professores. O autor supõe que isso se deva ao fato de que os alunos aprenderam o conteúdo recentemente e assim estão concientes das dificuldades envolvidas.

A alternância entre exposições do professor e as discussões entre os alunos constitui uma estratégia considerada efetiva (Di VESTA, SMITH, 1979). De fato, sabe-se que as pessoas conseguem manter a atenção numa exposição contínua por um tempo bastante reduzido, conhecido como “*attention span*”. Esse período de atenção dos alunos é menor que 20 minutos (ROWE, 1976; MIDDENDORF, KALISH, 1996). Contudo, a interrupção das exposições por outras atividades promovem a retomada do nível de atenção (RUHL, HUGHES, SCHLOSS, 1987). Portanto, associando exposições curtas com discussões entre os alunos, resulta uma aprendizagem eficaz.

As questões propostas em aula pelo professor (testes conceituais) são de grande importância na metodologia. Elas devem promover engajamento e aprendizado. Seguem recomendações habituais para a elaboração destas (MAZUR, 1997; CROUCH, MAZUR, 2001; CROUCH *et al.*, 2007).

Devem ser baseadas em dificuldades dos estudantes.

Devem ser compostas por opções de múltipla escolha com equívocos comuns dos alunos.

Devem ser claramente formuladas.

Devem ter um nível médio de dificuldade.

Não devem ser resolvidas por meio da mera aplicação de fórmulas.

2.2.2 Resultados da “Instrução pelos Colegas”

A eficácia da metodologia IpC está estabelecida por uma ampla base de evidências empíricas. A tabela a seguir sintetiza os resultados de dez anos de experiência com o método Instrução pelos Colegas na Universidade de Harvard (CROUCH, MAZUR, 2001; CROUCH *et al.*, 2007). Os dados referem-se a duas disciplinas introdutórias de mecânica – uma “*Calculus-based*”, endereçada a alunos de Ciências Exatas e outra, “*Algebra-based*”, para estudantes de outras áreas. Esses resultados, baseados no FCI, demonstraram uma melhora significativa no aprendizado conceitual quando se utiliza a IpC. Os mesmos artigos citados demonstram também ganho maior com a IpC na resolução de problemas de natureza quantitativa.

Tabela 2.1: Resultados obtidos em dez anos de experiência com o método Instrução pelos Colegas na Universidade de Harvard. O Trad e o IpC são, respectivamente, o método tradicional de ensino e a Instrução pelos Colegas. As notas médias pré e pós-teste referem-se ao Inventário Conceito de Força (Force Concept Inventory, FCI). N corresponde ao número de alunos. Adaptado de Crouch e Mazur (2001) e Crouch *et al.* (2007).

2001/03 Graham et al. (2001)						
Ano	Método	Nota		Ganho absoluto (pós - pré)	Ganho normalizado <g>	N
		Pré	pós			
“Calculus-based”						
1990	Trad	70%	78%	8%	0,25	121
1991	IpC	71%	85%	14%	0,49	177
1993	IpC	70%	86%	16%	0,55	158
1994	IpC	70%	88%	18%	0,59	216
1995	IpC	67%	88%	21%	0,64	181
1996	IpC	67%	89%	22%	0,68	153
1997	IpC	67%	92%	25%	0,74	117
“Algebra-based”						
1998	IpC	50%	83%	33%	0,65	246
1999	Trad	48%	69%	21%	0,40	129
2000	IpC	47%	80%	33%	0,63	126

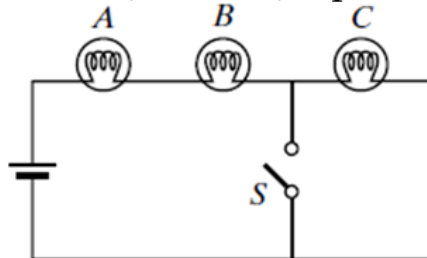
Além dos resultados obtidos em Harvard pelos criadores da metodologia, há um grande número de relatos de estudos realizados em outras instituições. Em particular, Crouch (2007) descreve enquetes (FAGEN *et al.*, 2000; FAGEN, CROUCH, MAZUR, 2002; FAGEN, 2003) que identificaram 30 disciplinas, em 11 instituições de ensino superior, que utilizaram a IpC e coletaram dados de pré e pós-teste, baseados no FCI

(HESTENES, WELLS, SWACKHAMER, 1992). O ganho de Hake médio delas foi de $0,39 \pm 0,09$. Em 27 dessas disciplinas o ganho foi acima de 0,3 e em apenas três delas o ganho foi inferior a esse valor. Em suma, a exemplo do que se viu no trabalho de Hake (seção 2.1) para métodos ativos em geral, a IpC leva a um aprendizado superior, porém implantações diferentes têm eficiências diversas, em alguns casos inferiores à do método tradicional.

Há casos brasileiros análogos, como o descrito por Barros *et al.* (2004), em que houve um ganho de 0,35 utilizando uma combinação de métodos ativos, incluindo a Instrução pelos Colegas. Trata-se de um ganho modesto, comparado com a maioria das implantações da IpC descritas na literatura. Contudo, esse ganho é mais elevado que o característico do método tradicional (HAKE, 1998). Mais recentemente, Santos (2015) e Diniz (2015) obtiveram ganhos inferiores a 0,2, tanto com a IpC, quanto com o método tradicional.

Uma comparação especialmente interessante entre os resultados dos métodos IpC e tradicional é descrita por Mazur (1997), utilizado pares de questões envolvendo o mesmo conteúdo de Física. Cada par é composto de uma questão conceitual e uma questão convencional, de resolução de problema, semelhante às encontradas em livros-texto. A figura 2.2 traz um exemplo desses pares de questões. Nota-se que a primeira, de natureza conceitual, exige apenas um conhecimento básico de circuitos simples. A outra, no formato numérico usual, trata dos mesmos conceitos, mas requer a resolução de um sistema de equações, advindas das leis de Kirchhoff.

- (a) 1. Um circuito em série é composto por três lâmpadas idênticas ligadas a uma bateria, conforme mostrado aqui. Quando a chave S é fechada, as grandezas listadas abaixo aumentam, diminuem, ou permanecem constantes?



- (A) As intensidades das lâmpadas A e B
- (B) A intensidade da lâmpada C
- (C) A corrente a partir da bateria
- (D) A queda de tensão em cada lâmpada
- (E) A potência dissipada no circuito

- (b) 2. Para o circuito abaixo, calcule:

- (A) a corrente no resistor de $2\ \Omega$
- (B) a diferença de potencial entre os pontos P e Q .

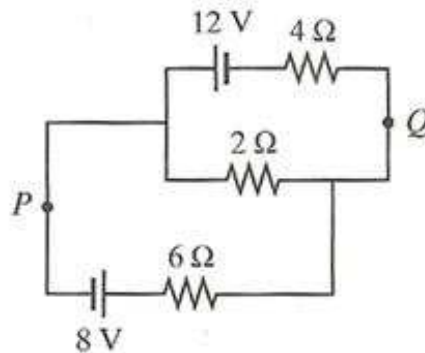


Figura 2.2: Exemplo de pares de questões cobrando os mesmos conceitos físicos. (a) questão conceitual; (b) problema típico de um livro-texto. Adaptado de Mazur (1997).

Em 1991, os alunos de Harvard, cursando uma disciplina de Física básica, lecionada com o método tradicional, foram submetidos a esses pares de questões. No gráfico 2.2 são apresentados os histogramas de distribuição de notas para cada tipo de questão. Segundo Mazur (1997), a maioria dos físicos considera que a primeira questão é bem mais simples que a outra. Assim, a expectativa era que os alunos se saíssem

melhor nessa questão. No entanto, observou-se o oposto, como se vê na figura 2.2, a qual sugere que os alunos não compreendiam o assunto, mas memorizaram algoritmos para resolução de problemas semelhantes aos do livro-texto (MAZUR, 1997).

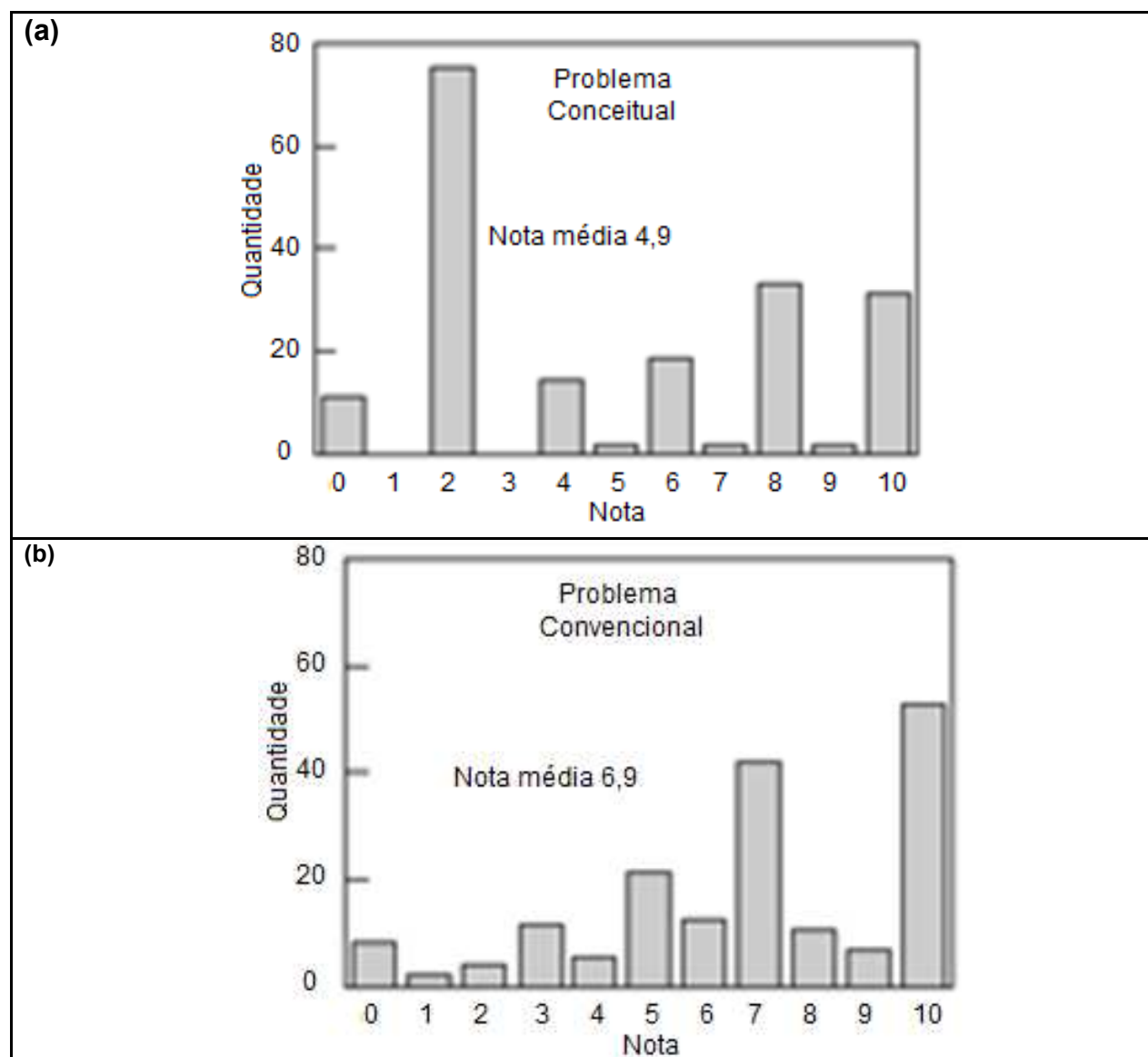


Gráfico 2.2: Distribuição das notas obtidas nas questões mostradas na figura 2.2. Os histogramas mostram quantos alunos obtiveram qual nota na questão conceitual (a) e na convencional (b). Adaptado de Mazur (1997).

É também ilustrativo examinar a correlação entre as notas obtidas por cada aluno nos dois tipos de questão. O gráfico 2.3 trata desse ponto. Cada aluno é localizado nele pelas suas notas na questão conceitual (abscissa) e na questão convencional (ordenada). O raio de cada círculo é proporcional ao número de estudantes que se

encontra numa dada região. Por exemplo, o grande círculo centrado no ponto (10; 2) indica que muitos estudantes obtiveram notas 10 e 2, nas questões convencionais e conceitual, respectivamente.

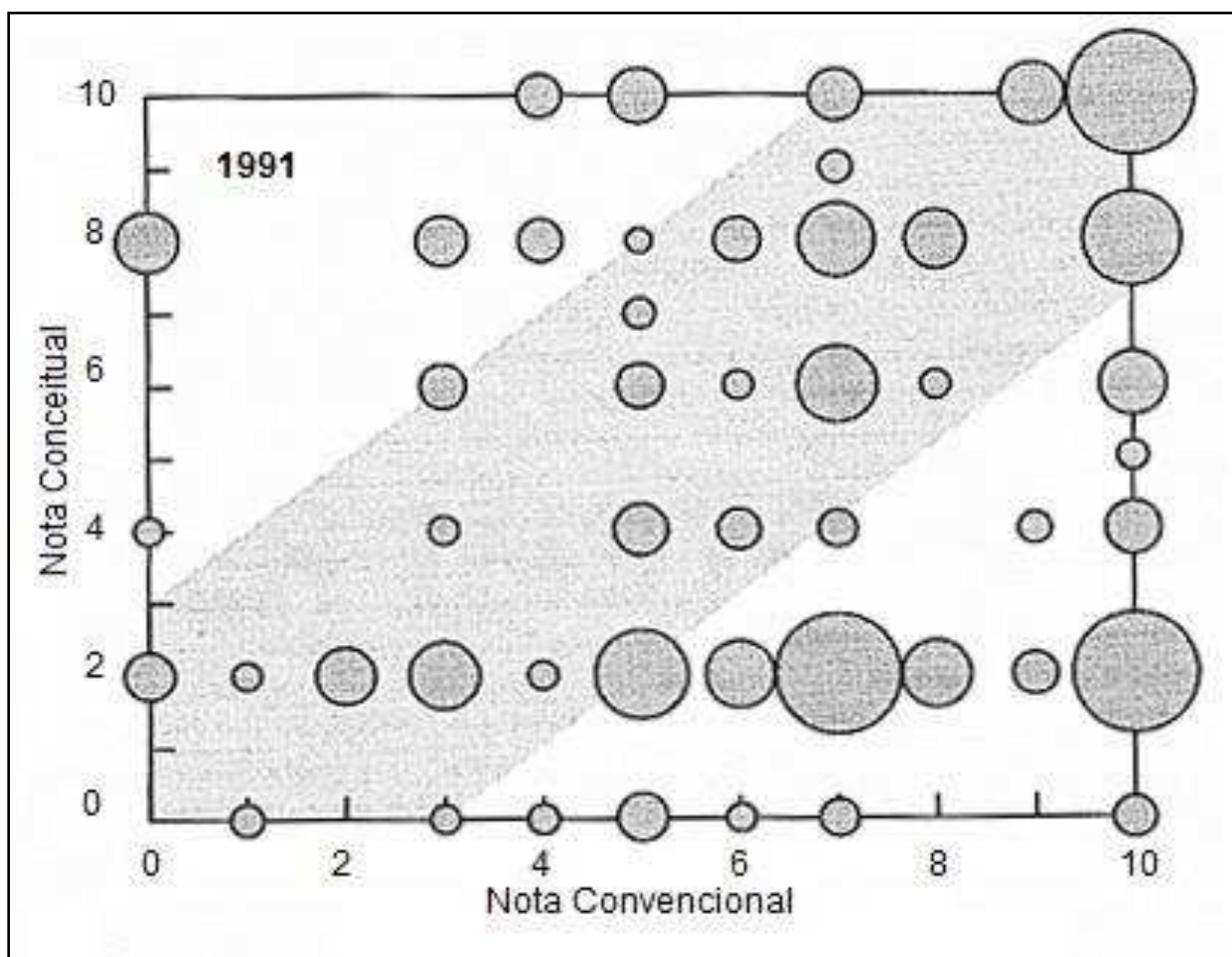


Gráfico 2.3: Correlação entre a pontuação em obtida em problemas conceituais e convencionais, utilizando o método tradicional. O raio dos círculos é proporcional ao número de estudantes na região. Adaptado de Mazur (1997).

Se houvesse uma correlação perfeita, os círculos estariam todos na reta que passa pela origem e com coeficiente angular igual a um. O centro da faixa cinza coincide com essa reta. A faixa cobre a metade (51%) da área do diagrama e nela encontram-se 52% dos alunos (MAZUR, 1997). Esse resultado demonstra que não existe correlação entre as duas notas. Em síntese, é possível que os alunos obtenham boas notas em questões convencionais, sem, contudo, compreender os conceitos básicos do conteúdo estudado. A origem deste problema estaria no fato de que a maioria dos livros-texto (e

provas) propõem problemas que testam, sobretudo, a habilidade matemática, e não o pensamento analítico (MAZUR, 1997).

A experiência com os pares de questões foi realizada alguns anos mais tarde em uma turma que utilizou a IpC. O gráfico 2.4 mostra o resultado obtido (MAZUR, 1997). Observa-se ali uma concentração maior de pontos na região superior do gráfico. Em outros termos, houve um avanço claro no entendimento conceitual dessa turma com relação à do experimento anterior.

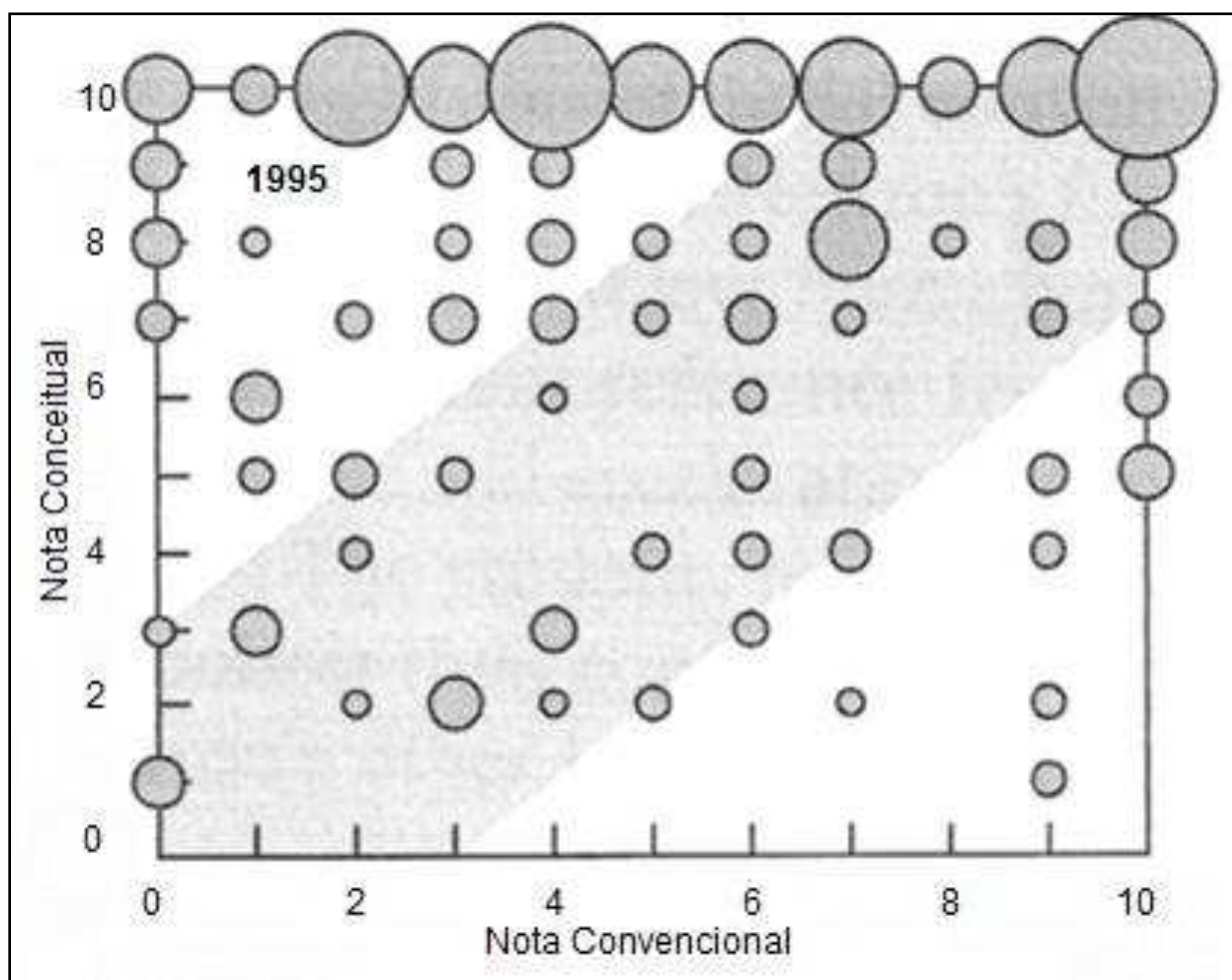


Gráfico 2.4: Correlação entre a pontuação obtida em problemas conceituais e convencionais, utilizando o método IpC. O raio dos círculos é proporcional ao número de estudantes na região. Adaptado de Mazur (1997).

De fato, a nota média na parte conceitual aumentou (71%) para 8,4. Ela era 4,9 no experimento de 1991. Na parte convencional, a nota média diminuiu ligeiramente (13%), de 6,9 passou para 6,0. Essa redução é ligeiramente superior à precisão da medida. Em

síntese, acredita-se que a utilização da Instrução pelos Colegas aumentou substancialmente a compreensão, sem prejudicar significativamente a habilidade de resolver problemas semelhantes aos dos livros-texto.

2.3 Estudo Pré-aula e *Just-in-Time Teaching*

Como foi mencionado na seção anterior, na IpC os alunos sempre eram orientados a fazer um “estudo pré-aula”, isso é, a estudar antecipadamente os tópicos de cada aula. Segundo Crouch e Mazur (2001), para os estudantes fazerem esse estudo pré-aula de forma efetiva, eles precisam de uma diretriz para pensar sobre o conteúdo antes da aula e de um incentivo para completarem a leitura. Normalmente, essa leitura não é tão efetiva para a maioria dos alunos que estudam nos primeiros períodos da graduação (CROUCH *et al.*, 2007). Resultados demonstram que entre 70 e 80% dos alunos não fazem a leitura pré-aula (CLUMP, BAUER, BRADLEY, 2004; PODOLEFSKY, FINKELSTEIN, 2006; STELZER *et al.*, 2009). Ademais, os alunos acreditam que a leitura do livro texto afeta muito pouco em suas notas. Então, eles passam a concentrar o seu tempo em atividades que eles acreditam que sejam mais efetivas em suas notas (HEINER, BANET, WIEMAN, 2014).

A leitura pré-aula é de grande importância. Ela economiza tempo de aula, o que permite a aplicação dos testes conceituais. Além disso, segundo Crouch *et al.* (2007) aprender através da leitura é uma habilidade crucial que obviamente deve ser praticada. Contudo, nos cursos tradicionais de ciências, os estudantes só estudam o livro-texto após os tópicos serem cobertos em aula (CROUCH *et al.*, 2007).

Existem várias formas de promover o estudo prévio. Uma delas é através dos “quizzes”, perguntas simples sobre o conteúdo que deveria ser previamente estudado (MAZUR, 1997). Outra forma é solicitar aos alunos que elaborem pequenos resumos sobre o que estudaram (CROUCH *et al.*, 2007). Por fim, há o “*Just-in-Time Teaching*” (JiTT) no formato de um questionário que deve ser respondido antes da aula (NOVAK, 1999). Usualmente os questionários contêm poucas perguntas, cerca de três, e são aplicados via internet. Segundo Mazur e Watkins (2010) o JiTT, com questões desafiadoras, estimula o aluno a estudar antes da aula. Essas questões fazem com que o aluno vá além da memorização, ou seja, ele pensa mais profundamente sobre os

conceitos estudados na leitura prévia. Além disso, o retorno que o professor obtém, norteia as suas aulas.

Crouch *et al.* (2007) utilizaram os “*quizzes*” para promover o estudo pré-aula. Os autores concluíram que esses são bons incentivos para que o aluno complete a leitura pré-aula, mas não promovem reflexão sobre o conteúdo. Além disso, eles concluíram também que a maioria dos alunos não escreve resumos efetivos. Os autores descrevem ainda que os questionários pré-aula (JiTT) introduzidos em 1998 são os instrumentos mais efetivos na promoção do estudo pré-aula.

2.4 Tecnologia Interativa

Como foi destacado na subseção 2.2.1, uma das vantagens da “Instrução pelos Colegas” é o retorno imediato que ela proporciona ao professor e aos estudantes, por meio das respostas dadas aos testes conceituais. Existem vários expedientes e tecnologias para que o discente submeta as suas respostas. A seguir apresentamos vários deles que foram descritos na literatura (ARAÚJO; MAZUR, 2013).

Levantar as mãos. O aluno ergue a mão, mostrando um número de dedos correspondente à alternativa que considera a resposta correta à questão de múltipla escolha apresentada. Esse procedimento simples e barato dá rapidamente ao professor uma noção do nível de compreensão dos alunos sobre o conceito trabalhado em cada teste conceitual. Há, entretanto, as seguintes desvantagens; quando os alunos levantam suas mãos, eles tendem a influenciar as repostas de outros e também a possível discussão subsequente. Há também alunos que se sentem constrangidos em responder publicamente aos testes conceituais.

“Flashcards” ou simplesmente cartões. Cada estudante tem um conjunto de cartões de cartolina com letras de A até F. Durante a coleta dos dados, o professor pede para que os alunos levantem simultaneamente o cartão com a resposta que julgam ser a correta. A vantagem deste procedimento é o seu baixo custo. Entretanto, a principal desvantagem é a falta de registro permanente das respostas dos alunos.

Clicker. O clicker é um equipamento eletrônico educacional que fica à disposição do aluno e, através de transmissores sem fio, conectado por infravermelho ou por radiofrequência, transmite a resposta para um computador que processa as informações

recebidas da turma. A principal vantagem desse sistema é a visualização imediata das respostas dos testes conceituais. Ademais, esse equipamento permite a armazenagem das informações para análises futuras. A principal desvantagem é o custo elevado do equipamento.

Dispositivos com acesso a internet. Recentemente foram desenvolvidos aplicativos para qualquer dispositivo que tem acesso à internet (*tablets*, *notebooks* e *smartphones*) (ARAÚJO; MAZUR, 2013). Uma das principais vantagens é que geralmente os alunos possuem esse tipo de equipamento. Além disso, esses equipamentos possuem as mesmas vantagens que proporcionam o “*clicker*”. No entanto, nem toda escola possui internet sem fio à disposição.

Urna de votação. A urna é uma tecnologia que pode ser utilizada em consórcio com o procedimento de levantar as mãos. Os seus objetivos são dois – criar um registro permanente das respostas e também evitar que os alunos adiem suas respostas até conhecerem as dos colegas. São utilizados cartões que contêm o número de matrícula, número do teste conceitual e um espaço para respondê-lo. Para otimizar o tempo, esses cartões de respostas são distribuídos aos estudantes no início das aulas. O aluno marca no cartão a sua resposta ao teste conceitual e deposita-o na “urna de votação”, feita com uma caixa de sapatos. Entretanto, o professor não despenderá tempo de aula examinando-as em classe. Depois de recolhidas às respostas, ele apenas solicita que aos alunos as mostre com os dedos. Dessa forma, ele rapidamente pode avaliar o percentual de respostas corretas e definir que procedimento deve seguir. Esse equipamento permite que as repostas sejam registradas e tem como vantagem o baixo custo. Entretanto, a sua utilização exige mais agilidade para recolher as respostas dos alunos (OLIVEIRA, 2009).

É importante salientar que, no método Instrução pelos Colegas, o tipo de tecnologia não interfere na aprendizagem conceitual dos alunos (LASRY, 2008).

2.5 Inventário de Concepção de Força (*Force Concept Inventory*, FCI)

Como foi mencionado no capítulo 1, neste trabalho faremos comparação do desempenho entre os alunos que utilizaram as metodologias tradicional e IpC numa disciplina introdutória de Física. Para que essa comparação faça sentido, é necessário fazê-la entre estudantes com mesmos níveis de preparo acadêmico em Física. Naturalmente é útil que a classificação do preparo acadêmico seja baseada numa escala universal. Há testes utilizados internacionalmente que servem a esse propósito.

O Inventário de Conceito de Força (*Force Concept Inventory*, FCI) (HALLOUN; HESTENES, 1985 a, b) é um teste padronizado que foi desenvolvido para avaliar a compreensão conceitual dos alunos sobre a mecânica básica newtoniana, geralmente abordada em cursos introdutórios de Física (HESTENES, WELLS, SWACKHAMER, 1992). Além disso, o FCI é utilizado com muitos propósitos, principalmente para verificar a eficácia de métodos didáticos (MAZUR, 1997). Ele é constituído por 30 questões de múltipla escolha de natureza concreta e qualitativa, formuladas em linguagem cotidiana, sem o uso de jargões e terminologia técnica. Sua resolução não depende da memorização de fórmulas. Cada questão tem cinco opções de respostas. O FCI pode ser decomposto em seis partes: Cinemática, Primeira Lei de Newton, Segunda Lei de Newton, Terceira Lei de Newton, Princípio de Superposição e Tipos de Força (HESTENES, WELLS, SWACKHAMER, 1992, p.141).

O FCI foi originalmente desenvolvido na língua inglesa. Existem versões traduzidas para outras línguas. Segundo Covián e Celemín (2008), existem versões em espanhol (MACIÁ-BARBER, HERNANDEZ, MENÉNDEZ, 1995), alemão, malaio, chinês, francês, turco e sueco e outros idiomas (JACKSON, 2015). Em português, dentro do contexto brasileiro, há uma versão do FCI especialmente bem traduzida e validada por Fernandes e Talim (2009). A tradução é mais do que uma questão linguística: ela requer a adaptação dos enunciados das questões ao contexto cultural de uma população e a sua validação (FERNANDES; TALIM, 2009).

Como mencionado anteriormente, a aplicação do FCI serve para diferentes propósitos. O principal é avaliar a efetividade da instrução. Nesse caso, o teste costuma ser aplicado no início (pré-teste) e no final da disciplina (pós-teste). Na tabela 2.2 são apresentados os resultados de várias instituições no teste FCI. Observa-se que em uma instituição extremamente seletiva, como a Universidade de Harvard, no curso “*Calculus-based*”, endereçado a alunos de Ciências Exatas, o valor do FCI é de 78 (pós-teste), para os alunos das turmas tradicionais. Já no Colégio da cidade de Nova York (*City College of NY*), com o método tradicional de ensino, o valor foi de 53 (pós-teste). Observa-se também que a média do FCI em populações espanholas é 48 (pós-teste).

Tabela 2.2: Os valores do parâmetro FCI (pré e pós) de diferentes populações e a “*eficiencia didáctica*”, corresponde ao ganho de Hake percentual. Adaptado de Covián e Celemín (2008).

Fuente	Población		Media del porcentaje de respuestas correctas		Eficiencia didáctica	
			pre-test	post-test		
Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992	Arizona Reg.		27	48	29	
	Wells Reg.		28	64	50	
	Chicago Reg.		27	42	21	
	Arizona Hon.		33	56	34	
	Wells Hon.		42	78	62	
	Sawckhamer, Hon.		28	66	53	
	Arizona AP		41	57	27	
	Swackhamer AP		73	85	44	
	Van Heuvelen 105		34	63	44	
	Wells 105		36	68	50	
	Arizona State Reg.		52	63	23	
	Harvard Reg.		-	77	-	
Hestenes y Halloun, 1995	Mastery threshold		85		-	
	Entry threshold		60		-	
	sin especificar		-	-	25	
Hake, 1998	traditional instruction		-	-	23	
	interactive-engagement instruction		-	-	48	
	high-g courses		-	-	$g > 70$	
	medium-g courses		-	-	$70 < g < 30$	
	low-g courses		-	-	$g < 30$	
Crouch y Mazur, 2001	Harvard University	Calculus based	Trad. I., 1990	70	78	25
			Peer I., 1991	71	85	49
			Peer I., 1993	70	86	55
			Peer I., 1994	70	88	59
			Peer I., 1995	67	88	64
			Peer I., 1996	67	89	68
			Peer I., 1997	67	92	74
		Algebra based	Peer I., 1998	50	83	65
			Trad. I., 1999	48	69	40
			Peer I., 2000	47	80	63
Savinainen y Scott, 2002b (Viiri, 1996)		Finish population		28	69	57
Steinberg y Donelly, 2002	City College of NY, traditional instruction		40	53	22	
	City College of NY, reform instruction		39	65	43	
Domelen y Van Heuvelen, 2002	Winter	"TIM" lab. course Ohio State University		-	-	19
		"CACP" lab. course Ohio State University		-	-	31
	Spring	"TIM" lab. course Ohio State University		-	-	22
		"CACP" lab. course Ohio State University		-	-	33
Poblaciones ajenas a la investigación	Intervalo	máx.	73	92	74	
		mín.	27	42	19	
	Media aritmética		48	72	43	
Poblaciones españolas	Intervalo	máx.	59	69	25	
		mín.	28	33	-3	
	Media aritmética		41	48	12	

3 METODOLOGIA

Como foi descrito no capítulo 1, os objetivos principais deste trabalho são os três que se seguem. Em primeiro lugar, comparar a eficácia da metodologia Instrução pelos Colegas (IpC) com a da tradicional, em diferentes implantações, estimando quanto tempo a IpC demanda do aluno e por fim, levantar a opinião dos estudantes sobre a metodologia IpC e sobre quais componentes dela são mais eficazes para o aprendizado. As duas últimas questões foram investigadas por meio de questionários. Já a primeira foi examinada comparando as notas obtidas em provas pelos estudantes que utilizaram um e outro método didático. Naturalmente essa comparação, a implantação das metodologias e a aplicação dos questionários, envolvem sutilezas e cuidados que merecem ser explicitados. Este é o propósito deste capítulo. Ele descreve em detalhes os métodos e procedimentos utilizados neste estudo. Tratam-se de aspectos cruciais para a compreensão e análise dos resultados que serão apresentados e discutidos no próximo capítulo. O presente capítulo descreve a disciplina na qual realizou-se o nosso experimento, o seu alunato e a instituição de ensino onde foi consumada. Em seguida, tratamos dos pormenores da nossa implantação das metodologias tradicional e IpC e da aplicação dos questionários de avaliação. Discute-se ainda um método para a classificação dos alunos quanto ao nível do seu preparo acadêmico anterior ao nosso estudo. Por fim, especificamos a ferramenta estatística de teste de hipótese empregada neste trabalho e especificamos a população estudada.

3.1 A Disciplina e a Instituição

A experiência documentada aqui se deu em sete períodos acadêmicos, de 2011/2 até 2014/2, na disciplina de Física 2 (FIS202), do Departamento de Física, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), situada na cidade de Viçosa, no estado de Minas Gerais. Trata-se de uma disciplina introdutória sobre fluidos, ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas, termodinâmica e teoria cinética. Tipicamente, a cada período, 350 a 450 alunos matriculam-se na FIS202. Usualmente eles são divididos em cinco a sete turmas com três a quatro professores. O ensino em cada turma é de responsabilidade de um único professor.

Antes de se entrar em minúcias, é importante destacar a ideia central da disciplina em questão. Fugindo da memorização de textos e da resolução de problemas específicos, a ênfase da Física 2 é o entendimento dos princípios abordados e o seu uso na resolução de problemas concretos. Os estudantes eram comunicados dessa característica, não só por alertas periódicos, mas também pela natureza das questões das avaliações. Esperava-se que nessas provas o aluno fosse capaz de resolver problemas “novos”, mais precisamente questões, que ele não havia visto antes. Os formulários contidos nas provas tornavam a memorização de equações desnecessária. A disponibilização de provas de semestres anteriores ajudava na comunicação dessas expectativas. A subseção 3.2.2 traz mais detalhes sobre o sistema de avaliação da disciplina.

A Física 2 é oferecida como disciplina obrigatória na grade curricular da maioria dos cursos de Engenharia e de Ciências Exatas. Ela entra no segundo, ou terceiro período da grade. Contudo, cerca de metade dos estudantes matriculados são repetentes. Nesse grupo há alunos dispersos em diferentes períodos do seu curso. A disciplina é também oferecida como optativa e/ou facultativa para os demais cursos de graduação na UFV.

Dividimos os cursos dos alunos nos quatro grupos que se seguem. Essa classificação é arbitrária, porém informativa. Separamos as Engenharias tradicionais, com maior conteúdo de Física e Matemáticas (Engenharia 1), das demais Engenharias (Engenharias 2) e dos cursos de Ciências e de Matemática (Ciências e Matemática), como se detalha abaixo. O gráfico 3.1 sintetiza a distribuição dos estudantes nesses grupos.

Engenharias 1: Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia Química e Engenharia de Alimentos;

Engenharias 2: Engenharia Agrícola e Ambiental, Engenharia de Agrimensura e Engenharia Ambiental;

Ciências e Matemática: Física (licenciatura e bacharelado), Química (licenciatura e bacharelado), Bioquímica (bacharelado) e Matemática (licenciatura e bacharelado);

Outros: Ciências da Computação, Ciências Econômicas, etc.

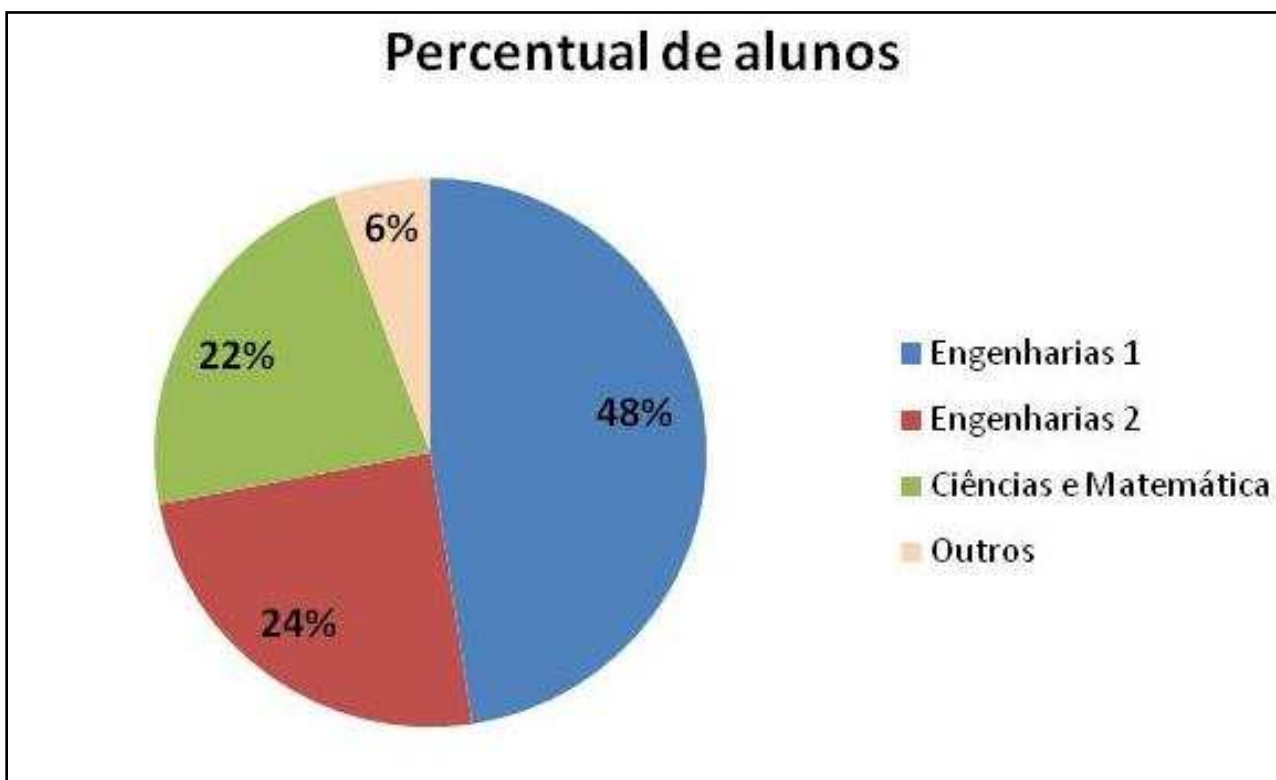


Gráfico 3.1. Percentual de estudantes da disciplina de FIS202 em cada bloco de cursos (semestres acadêmicos de 2011/2 a 2014/2).

A disciplina é oferecida nos dois semestres do ano acadêmico. A carga horária semestral é de 60 horas-aula, divididas em duas aulas semanais, com duração de 100 minutos, totalizando 3 horas e 20 minutos por semana. São pré-requisitos da FIS202 uma disciplina introdutória de Mecânica Newtoniana (FIS201 ou FIS191) e uma disciplina de Cálculo Diferencial e Integral (MAT140, ou MAT141, ou MAT146).

O anexo A contém o Plano de Ensino da disciplina, distribuído aos alunos no início de cada semestre acadêmico. Como se vê ali, os livros-texto adotados na FIS202 são “*Fundamentos de Física*”, volume 2 (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 1996, 2012) e o volume 4 (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2012). Para leitura complementar (optativa) são sugeridos os livros *Física II* e *Física IV* (YOUNG, FREEDMAN, 2008) e o livro “*Lectures on Physics*” volume 1 (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 1963).

A tabela a seguir traz o cronograma aproximado da disciplina, contendo 31 aulas de 100 minutos. Nela encontram-se os tópicos e os capítulos abordados na disciplina, juntamente com número de aulas que são dedicadas para cada um dos tópicos.

Tabela 3.1: Tópicos e os capítulos abordados na disciplina Física 2 (FIS202) e o número de aulas que os professores utilizaram para trabalhar cada conteúdo.

<i>Tópico</i>	<i>Capítulo</i>	<i>Nº de aulas (de 100 minutos)</i>
Fluidos	14(volume 2)	3,5
Ondas I	16 (volume 2)	4
Ondas II	17 (volume 2)	2,5
Revisão de fluidos e ondas mecânicas	14, 15 e 17	1
Ondas Eletromagnéticas	33 (volume 4)	2
Imagens	34 (volume 4)	0,5
Interferência	35 (volume 4)	3,5
Difração	36 (volume 4)	3
Revisão de ondas eletromagnéticas	33, 34, 35 e 36	1
Temperatura, Calor e a 1ª Lei	18 (volume 2)	3
Teoria Cinética dos Gases	19 (volume 2)	3
Entropia e 2ª Lei da Termodinâmica	22 (volume 2) 4ª edição	3
Revisão de Termodinâmica	18, 19 e 22	1

Em cada semestre letivo, algumas turmas utilizavam a metodologia Instrução pelos Colegas, enquanto outras utilizavam a metodologia usual, baseada em exposições do professor, que convencionamos (capítulo 1) denominar método tradicional. Na próxima subseção explicaremos como foi a implantação de cada metodologia.

Vale mencionar que em dois semestres (2012/2 e 2013/1) a Pró-Reitoria de Ensino criou turmas especiais, que utilizavam uma metodologia própria – a tutoria. Os alunos que já haviam cursado a disciplina no semestre anterior e ficaram reprovados com nota entre 40 e 59 pontos, foram compulsoriamente matriculados nessas turmas.

Essas turmas reduzidas (cerca de 30 alunos) tinham apenas uma aula semanal, com 100 minutos de duração, dedicada à revisão de conteúdos e, principalmente, à resolução dos problemas propostos no livro-texto e em provas anteriores. Os alunos da tutoria não fazem parte da população considerada neste trabalho. Na subseção 3.4.1 justificaremos essa escolha.

3.2 Implantação das Metodologias de Ensino e do Questionário Pré-aula (JiTT)

3.2.1 Os Métodos de Ensino

Antes de cada aula o professor estabelecia que seções do livro-texto seriam abordadas na próxima aula. Ele sempre orientava os seus alunos a estudarem esse material. Esse estudo antecipado é denominado de estudo pré-aula, também conhecido como leitura pré-aula, ou estudo prévio.

A dinâmica utilizada nas aulas IpC foi discutida na seção 2.2. O professor começava a aula fazendo uma breve exposição oral sobre um dos tópicos que foram indicados para estudo prévio, com duração máxima de 10 minutos. Em seguida, ele projetava um teste conceitual sobre o tópico que estava sendo trabalhado. Era dado aos alunos um tempo de aproximadamente dois minutos para que formassem, individualmente e em silêncio, as respostas dos testes conceituais. No término desse período, o estudante submetia individualmente a sua resposta através do *clicker* (vide seção 3.5). Se a percentagem de acerto fosse superior a 70%, o docente construía, com a participação dos alunos, a resposta correta do teste conceitual, passava para o tópico seguinte, evitando longas elaborações, e apresentava um novo teste conceitual na sua sequência didática. Por outro lado, se o percentual de acerto era menor que 30%, o professor reexplicava o conceito em discussão com mais detalhes. Em seguida, o docente apresentava (ou reapresentava) um teste sobre o assunto, recomeçava o processo e os alunos respondiam novamente de forma individual. Se o índice de acertos fosse de 30% a 70%, o instrutor incentivava a discussão entre pequenos grupos de três ou quatro discentes (a “Instrução pelos Colegas”). Nesse momento, o professor circulava pela sala promovendo discussões. Depois de alguns minutos de debates em grupo, cada aluno resubmetia individualmente sua resposta. Por fim, o professor construía a resposta

correta com a participação dos estudantes. O percentual de acerto era novamente levantado e recomeçava o ciclo.

Como foi discutido na seção 2.3, um ponto relevante na utilização dos métodos ativos de ensino é o estudo prévio por parte dos alunos. Nós utilizamos o “*quizz*” (ver a seção 2.3) como instrumento para promover o estudo pré-aula. Na nossa implantação, ele consistia de duas ou três questões simples, apresentadas no início da aula, cobrando meramente esforço na leitura, não aprendizado detalhado. No capítulo 5 serão apresentados alguns exemplos. Na maioria dos períodos utilizamos também os questionários JiTT (vide seção 2.3), na forma de questionários pré-aula. Um dos pontos centrais deste trabalho é a diferença nos resultados obtidos com um e outro procedimento. A tabela que se segue, entre outros detalhes, discrimina em quais semestres utilizou-se o JiTT.

Tabela 3.2: Resumos das condições do experimento em cada período. Número de turmas submetidas ao método de ensino tradicional (Trad) e ao método de ensino Instrução pelos Colegas (IpC), número de professores envolvidos, número de alunos envolvidos e a utilização, ou não, do questionário pré-aula (JiTT).

Período	Nº de turmas Trad	Nº de turmas IpC	Nº de professores Trad	Nº de professores IpC	Nº de alunos Trad	Nº de alunos IpC	JiTT
2011/2	5	2	3	1	268	111	Não
2012/1	2	4	2	2	89	201	Sim
2012/2	3	4	2	2	121	190	Sim
2013/1	3	3	2	2	127	154	Sim
2013/2	4	3	2	2	248	178	Não
2014/1	3	4	2	2	129	228	Sim
2014/2	1	5	1	3	48	279	Sim

O questionário pré-aula era composto de duas questões conceituais desafiadoras sobre o material do estudo prévio e uma questão opcional indagando sobre qual seria a

parte mais obscura dele. No capítulo 5 encontram-se exemplos e discussões deste questionário pré-aula. Os alunos eram avisados de que o conteúdo do livro-texto era suficiente para responder o questionário. Contudo, as respostas não estavam explicitamente no texto. O estudante devia construí-la, analisando, aplicando, ou combinando partes do material que estudara.

O prazo para responder ao questionário pré-aula era até a noite anterior de cada aula (20h30min). Para isso, os professores utilizaram um ambiente virtual desenvolvido pela UFV (PVAnet) para facilitar a dinâmica dessa atividade na universidade. Alternativamente o aluno podia entregar uma versão manuscrita do seu trabalho.

Como se explicará em detalhes na próxima subseção, os “quizzes”, os questionários pré-aula (quanto utilizados) e os testes conceituais, correspondiam coletivamente a cerca de dezesseis por cento da nota da disciplina.

É importante relatar que as turmas que utilizaram a metodologia tradicional não tinham incentivos concretos para a realização do estudo antecipado. Entretanto, elas eram frequentemente instruídas sobre a importância de fazê-lo.

3.2.2 Sistema de Avaliação da Disciplina

O sistema de avaliação da disciplina FIS202, aplicado tanto às turmas IpC, como às turmas tradicionais, envolvia três provas, perfazendo 84% dos pontos, e ainda três testes, correspondendo a 16% dos pontos da disciplina. Os valores dessas avaliações foram os seguintes:

1º teste: 5 pontos;

2º teste: 5 pontos;

3º teste: 6 pontos;

1ª prova: 28 pontos;

2ª prova: 28 pontos;

3ª prova: 28 pontos;

Total: 100 pontos.

As provas tinham tipicamente questões qualitativas e principalmente quantitativas. Com poucas exceções, essas avaliações continham quatro questões abertas, inéditas para os estudantes. Essas provas eram elaboradas e corrigidas em conjunto pelos

professores da disciplina. Com o intuito de uniformizar a correção, cada uma das questões, de todas as turmas, era corrigida por um único professor, segundo critérios acordados pela equipe. Esses procedimentos são utilizados na disciplina há mais de uma década e, portanto, sua origem antecede o trabalho de pesquisa reportado aqui. No anexo B encontram-se, a título de exemplo, as provas de um período acadêmico.

A outra ferramenta utilizada para avaliação eram os testes. Nas turmas tradicionais, os testes tinham o objetivo de incentivar os alunos a estudarem para prova com antecedência. Essa ferramenta consistia de uma questão simples que cobrava um estudo preliminar do conteúdo ministrado desde a avaliação anterior, até a aula que antecedia o teste. O próprio professor da turma que elaborava e corrigia os seus testes independentemente. As realizações dos testes eram no horário de aula e isso se dava três vezes por semestre: o primeiro teste era aplicado antes da primeira prova; o segundo teste entre a primeira prova e a segunda prova; o terceiro teste ocorria entre a segunda e a terceira prova. Esses testes tinham uma duração típica de 30 minutos e eram realizados no final da aula.

Nas turmas IpC, os dezesseis pontos dos testes foram distribuídos igualmente entre os “quizzes”, os testes conceituais e os questionários pré-aula (JiTT). Nos “quizzes”, a nota era dada por acerto. Já no teste conceitual, o aluno recebia a nota não por ter respondido corretamente essas questões, mas, por ter participado dele, ou seja, ter enviado uma resposta. No caso dos questionários JiTT, a nota não era dada por acerto, nem por participação, mas pelo esforço do aluno. A combinação é que o aluno deveria provar ao corretor, pela coerência e conteúdo da sua resposta, que ele havia estudado adequadamente o material indicado.

Já nos semestres em que as turmas IpC não utilizavam o questionário pré-aula, a distribuição dos pontos dos testes foi um pouco diferente: metade foi para os “quizzes” e a outra metade foi para os testes conceituais. Obedecendo aos mesmos critérios de avaliação apresentados anteriormente.

3.3 Questionário de Avaliação

Conforme mencionado no início desse capítulo, foi aplicado um questionário de avaliação nas turmas IpC, com o objetivo de se dimensionar o tempo despendido pelos alunos nas atividades envolvidas nessa metodologia. Vale lembrar que diferentemente do método tradicional, o método ativo requeria em todas as aulas o estudo prévio e a resolução do questionário pré-aula (JiTT). Com esse mesmo questionário investigamos qual era a percepção dos alunos quanto ao valor do método IpC para o seu processo de aprendizado. No anexo C encontra-se uma cópia desse questionário.

Nesse questionário tivemos a participação de cerca de 1.100 alunos nos vários semestres da nossa pesquisa. Os alunos foram submetidos a esse questionário nas duas semanas finais de cada período. No ato da coleta das informações, garantimos o anonimato das respostas. Para tanto, o professor garantiu que não iria olhar as respostas individuais e deu liberdade para os alunos trocarem os “*clickers*” entre si.

3.4 Análise de Dados

Como dito anteriormente, o foco central deste trabalho é comparar a eficácia das nossas implantações das metodologias tradicional e Instrução pelos Colegas. Os parâmetros escolhidos para fazê-lo são as notas obtidas nas provas uniformizadas da disciplina (vide subseção 3.2.2) e o percentual de aprovação. Vale destacar que os resultados dos alunos que abandonaram a disciplina não foram excluídos, eles fazem parte dos dados analisados. Acreditamos que isso seja um procedimento correto. Primeiramente, o abandono tem relação causal com a metodologia (LASRY, MAZUR e WATKINS, 2008). Além disso, não seria sensato classificar como superior uma metodologia que levasse a notas elevadas e reprovação reduzida, se grande parte dos seus alunos abandonou a disciplina.

Evidentemente, há outras métricas importantes para se avaliar o sucesso de uma disciplina ou de um método didático. Para ficar num único exemplo, dificilmente se discutirá que o entusiasmo criado no aluno pelo objeto do seu estudo seja um objetivo importante. Contudo, essa e muitas outras perspectivas meritórias são extremamente difíceis de serem avaliadas com segurança. Assim, nos atemos neste estudo aos

parâmetros objetivos supramencionados. Como se discute a seguir, mesmo esses requer considerações cuidadosas para que se possam tirar conclusões seguras.

3.4.1 O Grupo de Alunos Estudado

Nos períodos acadêmicos envolvidos na nossa pesquisa (2011/2 a 2014/2), consideramos um grupo de 2.731 discentes nas turmas IpC e tradicional. Ele corresponde à totalidade dos alunos desses períodos, subtraída de cerca de 200 estudantes das turmas especiais de tutoria (2012/2 e 2013/1, ver seção 3.1) e também dos alunos para os quais não dispúnhamos da sua nota em Física 1 (FIS201). Essa nota foi utilizada nesse estudo como um indicador do preparo acadêmico inicial dos nossos estudantes. Seria um equívoco metodológico incluir os alunos da tutoria no estudo, pois esse grupo foi selecionado da população geral, através de um critério altamente seletivo do ponto de vista acadêmico – ter cursado antes a disciplina e obtido nota entre 40 e 59. Esse fato, aliado ao número reduzido de alunos na tutoria, tornaria difícil comparar a eficácia dessa metodologia com as demais.

3.4.2 Classificação do Preparo Acadêmico

Naturalmente o preparo acadêmico com o qual o aluno chega à disciplina em estudo precisa ser levado em consideração. Não faz sentido comparar o desempenho de estudantes que utilizaram as duas metodologias, se inicialmente eles tinham níveis de proficiência em Física muito diferentes. As turmas consideradas nesse trabalho eram bastante heterogêneas nesse aspecto. Elas foram criadas procurando concentrar em poucas turmas os alunos de cada curso. Dessa forma, as turmas dos cursos mais disputados pelos candidatos a uma vaga na universidade têm, em média, estudantes com maior preparo acadêmico. Assim, para comparar a eficácia das metodologias Instrução pelos Colegas e tradicional, é necessário comparar o desempenho de alunos com preparo acadêmico similar. Em suma, precisamos classificar o preparo acadêmico com o qual cada estudante chegou à disciplina de Física 2 (FIS202). Evidentemente, não existe uma maneira completamente lógica de proceder. Entretanto, acreditamos que as

notas obtidas na disciplina Física 1 (FIS201) e no FCI (seção 2.5) sejam bons parâmetros. A seguir explicamos essa posição.

As justificativas para utilizar a nota da FIS201 como um indexador do preparo acadêmico dos estudantes, são descritas a seguir. Em primeiro lugar, a FIS201 cobra conhecimentos e habilidades relevantes para a FIS202. De fato, essa disciplina é pré-requisito da FIS202. Além disso, a nota em FIS201 é um dado atual, já que a maioria dos alunos faz essa disciplina um semestre antes de matricular-se na Física 2. Ademais, a elaboração e a correção das provas da Física 1 são, semelhantes às da FIS202, realizada conjuntamente pelos professores da disciplina há mais de uma década. Por fim, a composição da equipe de professores da FIS201 é bastante estável, sendo rara a mudança de mais da metade dos seis professores em um semestre. Portanto, acreditamos que a nota em FIS201 seja uma medida do preparo necessário para a FIS202, obtida ao longo de todo um semestre, em provas elaboradas e corrigidas por uma equipe estável de professores. Em resumo, acreditamos que esse parâmetro seja uma medida confiável do preparo acadêmico relevante para a FIS202.

A comparação do desempenho dos alunos das metodologias IpC e tradicional foi realizada dentro de cada um dos grupos de preparo acadêmico que se seguem.

Grupo 1: alunos com nota em FIS201 de **60% a 65%**;

Grupo 2: alunos com nota em FIS201 de **66% a 75%**;

Grupo 3: alunos com nota em FIS201 de **76% a 100%**.

Os intervalos de notas de cada grupo têm tamanhos diferentes. Isso foi feito para que houvesse um número significativo de alunos em cada grupo e para que as notas centrais de cada grupo fossem substancialmente diferentes.

Apesar dos méritos destacados, a classificação do preparo acadêmico baseada na nota de FIS201 traz uma restrição importante – é difícil comparar os resultados da UFV com os obtidos no resto do mundo, em instituições onde não há a disciplina FIS201. Espera-se que a efetividade de diferentes implantações da IpC dependa do preparo acadêmico inicial do estudante. Se esse preparo não for expresso numa “escala universal”, a aplicação deste estudo será, em grande medida, limitada ao Departamento de Física da UFV. Esse problema foi contornado aplicando o FCI a uma amostragem dos

alunos envolvidos no estudo. Isso permitiu obter a nota média no FCI dos alunos nos três grupos de preparo acadêmico, acima mencionados.

O FCI foi aplicado de forma facultativa em todas as turmas FIS202 do período 2014/2. Tivemos a participação de 254 alunos. A aplicação foi feita de forma semelhante a uma prova, com vigilância e duração controlada. Com dois dias de antecedência comunicamos aos alunos que estaríamos aplicando um teste relacionado à mecânica, sem mencionarmos o nome do inventário. A aplicação do teste foi realizada numa única sessão, com vigilância, sem qualquer tipo de consulta e com duração dentro do padrão (40 minutos) (HAN *et al.*, 2015). Para estimular o esforço, oferecemos pontos extras na nota da disciplina, proporcionais ao desempenho no teste. O aluno podia obter até 3 pontos extras na nota de FIS202.

A classificação do preparo acadêmico por meio do FCI tem a vantagem da universalidade, mas tem também desvantagens. A nota do FCI é obtida num só dia, enquanto a da FIS201 é obtida ao longo de um semestre. Ademais, dispomos da nota do FCI de apenas 254 alunos. No caso da nota de FIS201, temos os resultados de mais de 2.000 estudantes.

Considerou-se utilizar a nota do ENEM como uma alternativa para classificar o preparo dos estudantes. Trata-se de um exame objetivo, uniforme e estável. Entretanto, essa nota não é tão recente quanto a de FIS201. Em segundo lugar, esse exame fornece apenas a nota de blocos interdisciplinares como o de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, envolvendo Física, Química e Biologia. Dessa forma, não há informação específica sobre a habilidade dos alunos em Física. Tais fatores fizeram com que essa possibilidade fosse descartada.

3.4.3 Métodos Estatísticos

Para estabelecer se a eficácia do método de ensino tradicional e da metodologia IpC são diferentes é preciso mais do que comparar as notas médias, ou o percentual de aprovação dos alunos de cada metodologia, dentro de cada grupo de preparo acadêmico. É fundamental estabelecer se a diferença observada é estatisticamente significativa. Em outros termos, é importante investigar se a diferença observada entre os grupos tradicional e IpC é, ou não, provavelmente fruto do acaso. Se a resposta é não,

devemos concluir que a diferença nas notas decorre da diferença nos métodos pedagógicos empregados.

Esse tipo de problema faz parte do campo da “Inferência Estatística” (LARSON, FARBER, 2010) e uma ferramenta para endereçá-lo são os “testes de hipóteses”. As linhas gerais dessa abordagem, aplicada ao nosso problema, são as seguintes: primeiramente consideramos o que se denomina a “hipótese nula”, para cada grupo de preparo acadêmico – *a nota média nas provas de FIS202 obtida pelos alunos da IpC é igual à nota média dos alunos do método tradicional*. Trata-se de uma hipótese que se aplicaria à população de todos os alunos que fizeram, ou viessem a fazer a disciplina nos moldes explicados neste capítulo. Contudo, os dados levantados nesta pesquisa referem-se a um subconjunto dessa população – a nossa “amostra”. Mesmo que a hipótese nula seja verdadeira, é possível que numa amostra as notas médias dos alunos IpC e tradicionais sejam diferentes.

Os testes de hipóteses procuram estabelecer, com base nos dados obtidos na amostra, se a hipótese nula deve, ou não, ser rejeitada. Isso é feito determinando quão provável é obter esses dados com uma amostra selecionada aleatoriamente da população, assumindo que a hipótese nula é verdadeira. Se os dados obtidos experimentalmente são improváveis, a hipótese nula é rejeitada. Nesse caso, adotamos a chamada “hipótese alternativa”, no caso em questão – *a nota média dos alunos que utilizaram a metodologia X é maior que a dos que usaram o método Y*.

São descritos na literatura vários testes de hipóteses (BUSSAB, MORETTIN, 2010; LARSON, FARBER, 2010). Especificamente, utilizamos o “teste *t* de Student” para verificar se houve diferença significativa entre as médias das notas IpC e tradicional, em cada grupo de preparo acadêmico.

Para investigar o efeito das diferentes metodologias didáticas na taxa de aprovação é necessário utilizar outro teste estatístico. Diferentemente do caso anterior, não há uma distribuição do parâmetro estudado. Para cada grupo de preparo acadêmico, temos apenas o percentual de aprovação dos alunos de uma e de outra metodologia. Aqui utilizamos o “teste *Z* para duas proporções” (LARSON, FARBER, 2010, p. 377). A hipótese nula para cada grupo de preparo acadêmico é “*o índice de aprovação entre os alunos da IpC é igual ao índice de aprovação dos alunos do método tradicional*”.

Na estatística, uma das formas de se tomar decisão é através do “*valor-p*” obtido no teste de hipóteses (TRIOLA, 2013, p. 325, 329 e MONTGOMERY e RUNGER, 2009, p.182). O *valor-p* é a probabilidade, assumindo que a hipótese nula seja correta, de se obter numa amostragem da população, um resultado tão, ou mais extremo, que o obtido experimentalmente. No caso em questão, o *valor-p* é a probabilidade, assumindo que a hipótese nula é correta, de se obter uma diferença entre as notas médias do IpC e tradicional, maior ou igual àquela observada no nosso experimento. A hipótese nula é rejeitada, se o *valor-p* for menor que um valor crítico estabelecido pelo usuário, conhecido como “nível de significância”, ou α . Tipicamente utiliza-se $\alpha = 0,05$. Assim, a hipótese nula será rejeitada se a chance de se obter uma diferença entre as notas média igual ou maior à observada no experimento for menor ou igual a 5%. Essa probabilidade é calculada com a hipótese de que as médias das populações IpC e tradicional são iguais.

Foge do escopo desta dissertação explicar a lógica estatística subjacente a esses testes. Todavia, cabe dizer que a sua utilização está sedimentada no meio técnico e científico, como revela o trecho abaixo.

“Um teste de hipótese é um processo que usa estatística amostral para testar a afirmação sobre o valor de um parâmetro populacional. Pesquisas em campos tais como medicina, psicologia e negócios confiam nos testes hipóteses para a tomada de decisões fundamentada sobre novos medicamentos, tratamentos e estratégias de mercados” (LARSON, FARBER, 2010, p.293).

Os testes de hipóteses estão disponibilizados em diferentes pacotes estatísticos cuja utilização está consolidada na prática científica. Neste trabalho utilizamos o programa “*Action*” (*Equipe Estatcamp, 2014*) para realizar as análises estatísticas de forma simples e integrada ao *Excel*.

3.5 Tecnologia Interativa

Como foi apresentado na seção 2.4, existem várias técnicas que possibilitam a coleta de respostas dos alunos em sala de aula. Nas turmas onde o método IpC foi utilizado, as respostas aos “quizzes”, testes conceituais e questionários de avaliação foram submetidas durante as aulas por meio de “clickers” (ver a figura 3.1). O modelo utilizado deste equipamento foi o “ResponseCard RF” da “Turning Technologies” *. As perguntas eram apresentadas e respondidas através do software PowerPoint, com o “plug in” “TurningPoint” da “Turning Technologies”. Cada estudante tinha o seu dispositivo individual, entregue alguns minutos antes do início de cada aula e recolhido no final. Para minimizar o tempo dessa operação os “clickers” eram pendurados, em grupos de 5, em ganchos nas paredes da sala de aula (ver a figura 3.2). Ao final da aula o estudante recolocava o seu dispositivo nesse local.



Figura 3.1: Imagens do *clicker* utilizado nas turmas IpC na disciplina FIS202.

Fonte: <https://www.turningtechnologies.com/response-solutions/responsecard-rf-accessibility?silos=products>.

* <https://www.turningtechnologies.com>.

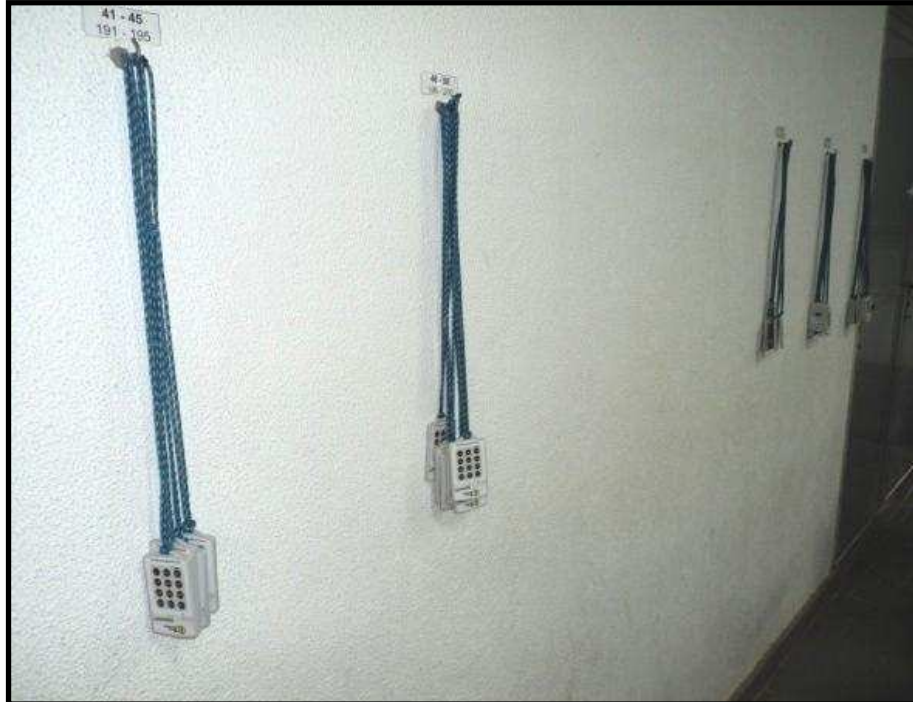


Figura 3.2: Imagens dos clickers pendurados em ganchos na parede da sala de aula da UFV.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentaremos e discutiremos os resultados da disciplina FIS202 obtidos nos sete semestres acadêmicos de 2011/2 a 2014/2. Em particular, iremos comparar o desempenho dos estudantes que utilizaram a metodologia Instrução pelos Colegas com o dos que usaram o método expositivo tradicional. Os dados incluem as notas obtidas nas provas, os percentuais de aprovação na disciplina e também um levantamento do tempo despendido pelos estudantes em cada uma das atividades (estudo prévio, questionário pré-aula e resolução de problemas) relacionadas com a metodologia IpC. Apresentamos, por fim, a avaliação desse método por parte dos alunos que o utilizaram.

A tabela 4.1 apresenta o sumário das condições experimentais – o número de turmas com IpC e tradicional, número de professores envolvidos que utilizaram cada metodologia, o número de alunos envolvidos e os períodos que nos quais utilizaram-se o JiTT.

Tabela 4.1: Resumos das condições do experimento em cada período. Número de turmas submetidas ao método de ensino tradicional (Trad) e ao método de ensino Instrução pelos Colegas (IpC), número de professores envolvidos, número de alunos envolvidos e a utilização, ou não, do questionário pré-aula (JiTT).

Período	Nº de turmas Trad	Nº de turmas IpC	Nº de professores Trad	Nº de professores IpC	Nº de alunos Trad	Nº de alunos IpC	JiTT
2011/2	5	2	3	1	268	111	Não
2012/1	2	4	2	2	89	201	Sim
2012/2	3	4	2	2	121	190	Sim
2013/1	3	3	2	2	127	154	Sim
2013/2	4	3	2	2	248	178	Não
2014/1	3	4	2	2	129	228	Sim
2014/2	1	5	1	3	48	279	Sim

4.1 Determinação do Preparo Acadêmico dos Alunos

O ponto central desta investigação é estabelecer se, e em que condições, o método IpC é mais eficiente que o tradicional, sob a métrica das notas obtidas pelos alunos e das taxas de aprovação na disciplina. Evidentemente, só faz sentido comparar os resultados dos alunos que utilizaram metodologias diferentes se eles têm o mesmo preparo acadêmico anterior. Por esta razão, é importante separar os estudantes em grupos de acordo com o seu conhecimento e habilidade em Física. Como foi discutido na subseção 3.4.2, acreditamos que a nota em FIS201, pré-requisito da FIS202, seja um bom parâmetro para essa separação.

A formação desses grupos, baseados nos resultados (ou notas) dos estudantes em FIS201, só pode ser aplicada na Universidade Federal de Viçosa. Entretanto, esses resultados podem se tornar útil, em todas as partes do mundo se soubermos correlacioná-los com um parâmetro utilizado no mundo todo. Com a ideia de indexar os nossos alunos com um número universal, fizemos uma correlação da qualificação dos grupos categorizados de acordo com a nota FIS201 com a nota dos alunos no teste FCI “*Force Concept Inventory*” (Inventário de Conceitos de Força, FCI). Esse teste foi brevemente discutido na seção 2.5.

Aplicamos o FCI em uma amostra de 11% dos 2371 alunos que participaram dessa pesquisa, mais precisamente, nas turmas de 2014/2. Isso se deu de forma controlada, com duração de 40 minutos e não permitimos qualquer tipo de consulta, como descrito na subseção 3.4.2. Na tabela 4.2 são apresentados os critérios que definem os grupos habilidade de acordo com a nota FIS201 e também o FCI médio de cada um deles.

Tabela 4.2: Critérios que definem os grupos de habilidades de acordo com nota FIS201 e entre parênteses encontram-se a quantidade de alunos que contém em cada um desses grupos; a média e o desvio-padrão médio de cada grupo no FCI e entre parênteses a quantidade de alunos que fizeram o teste FCI.

Indexadores	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Nota em FIS201	60% a 65% (1.471 alunos)	66% a 75% (668 alunos)	76% a 100% (232 alunos)
FCI médio	49,7% $\pm$ 16,4 (152 alunos)	58,5% $\pm$ 17,3 (80 alunos)	78,9% $\pm$ 12,2 (22 alunos)

4.2 Desempenho em provas: IpC versus Trad

4.2.1 Período 2011/2 (sem JiTT)

Neste semestre inicial da implantação da metodologia ativa IpC, tínhamos 379 alunos envolvidos na disciplina, 111 no método IpC (2 turmas) e 268 no método tradicional (5 turmas). Somente um professor utilizou a metodologia ativa de ensino.

O gráfico 4.1 resume os resultados obtido no semestre 2011/2. Nele, cada estudante é representado por um ponto, cuja abscissa é a sua nota em FIS201 (N201) e a ordenada é o percentual dos pontos de prova obtido por ele (N202*). Os pontos azuis representam os alunos das turmas que utilizaram a IpC. Os vermelhos referem-se aos estudantes das turmas tradicionais. As duas retas mostradas foram obtidas por regressão linear com os dados de cada grupo (IpC e Trad).

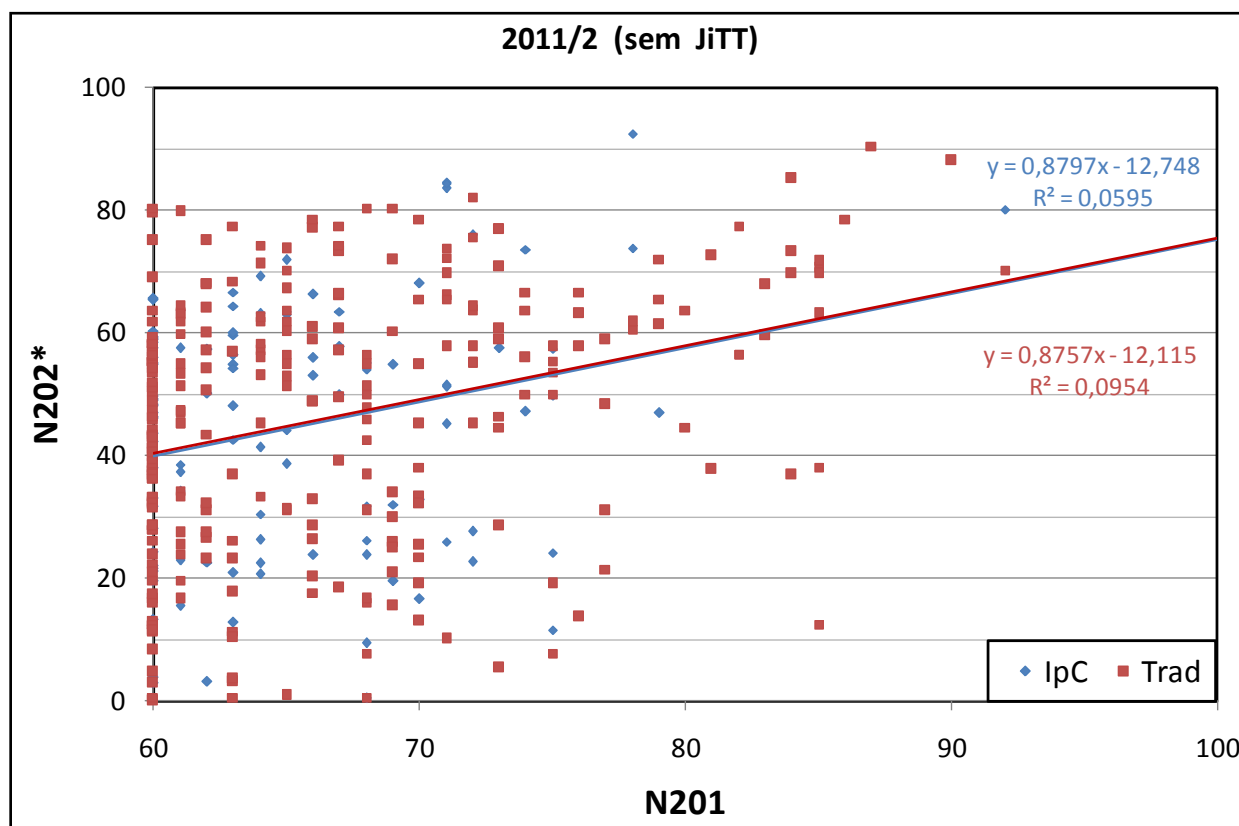


Gráfico 4.1: Resultados referentes ao período de 2011/2. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

Como se vê no gráfico, e refletido no coeficiente de correlação (R^2), há uma grande dispersão dos pontos em torno das retas. Contudo, as inclinações delas são positivas, como se deveria esperar. Se não fosse esse o caso, poderíamos suspeitar que a nota em Física 201 não é um bom indicador do preparo acadêmico. Poderíamos também conjecturar que as notas da prova de Física 202 não refletem o nível de conhecimento do aluno.

Observa-se também no gráfico 4.1, que as retas relativas ao método Instrução pelos Colegas e ao método tradicional são praticamente coincidentes. Isso sugere que a utilização das duas metodologias resultou em notas, na média, praticamente iguais, para todo o espectro de preparo acadêmico (N201 de 60 a 100).

O gráfico 4.2 sintetiza os dados do anterior. Para cada grupo de habilidade, mostramos acima da sua barra o valor médio de N202* (percentual dos pontos de prova obtido pelos alunos em FIS202). Dentro de cada barra encontra-se o número de alunos no grupo correspondente.

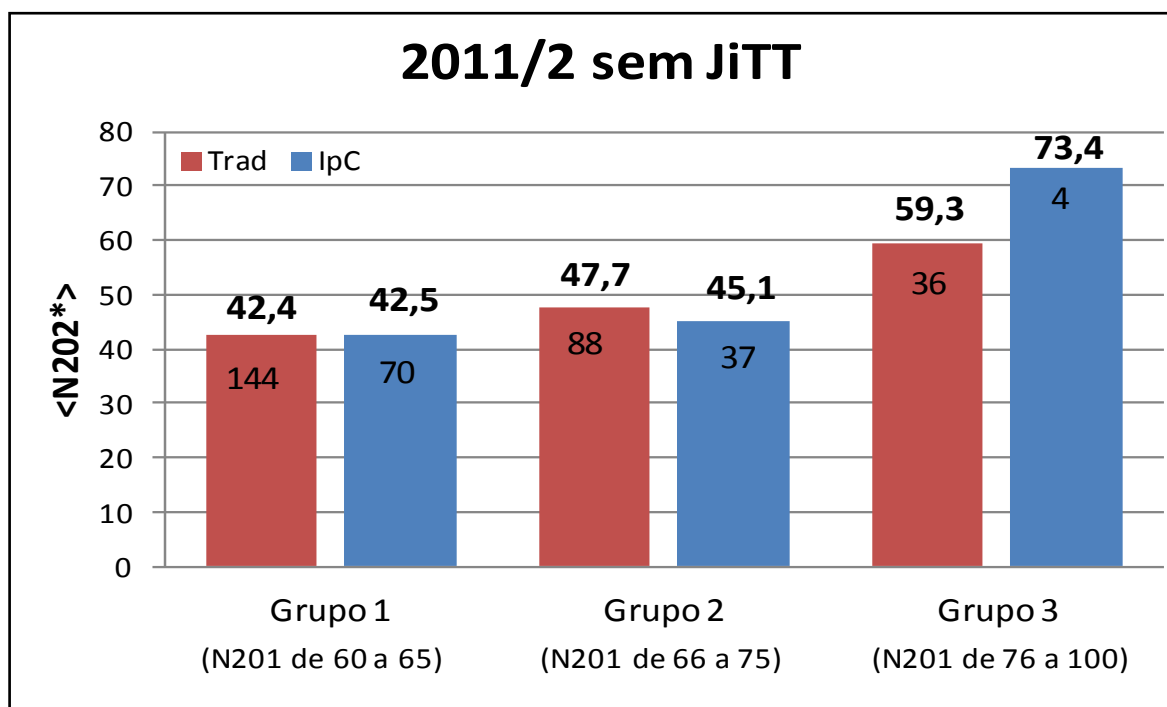


Gráfico 4.2: Resultados obtidos durante o período de 2011/2. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. *Valor-p:* grupo 1 = 0,48; grupo 2 = 0,28; grupo 3 = 0,09.

O gráfico 4.2 reforça a percepção de que as metodologias IpC e tradicional resultaram em notas de prova essencialmente equivalentes. De fato, nos grupos 1 e 2, que englobam 89% dos alunos, as notas médias dos estudantes IpC e tradicionais diferem pouco. Já no grupo 3, a diferença é expressiva, de 14,1 pontos percentuais. Contudo, nesse grupo há comparativamente poucos alunos: 36 tradicionais e apenas 4 IpC. Assim, é delicado concluir, mesmo nesse grupo que, o IpC levou a um desempenho superior.

Nessa linha de raciocínio, é importante estabelecer objetivamente quais significativas são as diferenças das notas médias dos alunos IpC e tradicional. Como foi discutido na subseção 3.4.3, o instrumento estatístico para isso são os “testes de hipótese”, como o “teste t de Student”. Lembremos que trata-se de um teste extremamente conservador. Em outras palavras, ele tende a conservar a hipótese nula, a saber: a nota média da população IpC é igual a da turma tradicional. Abaixo discutem-se os resultados da aplicação do teste t nos grupos 1, 2 e 3.

Uma das formas de tomar decisão nesse teste de hipótese é através do *valor-p*. Considera-se que se esse parâmetro for maior que o nível de significância (convencionalmente $\alpha=0,05$) (BARBETTA, 2012), não se deve rejeitar a hipótese nula, segundo a qual as médias IpC e tradicional são iguais. Por outro lado, se o *valor-p* for menor que o nível de significância, devemos rejeitar a hipótese nula, adotando a hipótese alternativa, ou seja, conclui-se que as médias são diferentes.

Aplicando o teste t obtêm-se os seguintes *valores-p*: 0,48 para o grupo 1, 0,28 para o 2 e 0,09 para o grupo 3. Assim, conclui-se que não houve diferença significativa entre as notas médias dos alunos IpC e tradicional, em qualquer dos grupos de habilidade. Em suma, as duas metodologias utilizadas no semestre 2011/2 forneceram resultados essencialmente iguais. Note-se, entretanto, que o *valor-p* decai para os grupos com maior preparo acadêmico. No caso do grupo 3, ele assume um valor próximo do limite para a adoção da hipótese alternativa.

A equivalência entre os resultados das metodologias IpC e tradicional observada no período 2011/2 é um resultado inusitado. De fato, como discutido na subseção 2.2.2, a literatura reporta abundantemente a superioridade dos resultados obtidos com os métodos ativos, em particular com a IpC. Contudo, os resultados daquele período

continham pistas que indicavam um mecanismo que poderia explicar esse fenômeno. Relatos dos alunos sugeriram que o estudo pré-aula dos estudantes era infrequente e pouco profundo. Como foi discutido na seção 2.3, alguns artigos sugerem, como parece muito razoável, que o estudo pré-aula é importante para o aprendizado, sobretudo quando as metodologias ativas são empregadas (HEINER, BANET, WIEMAN, 2014). Crouch *et al.*, (2007) observa que o estudo pré-aula é benéfico, apesar de não ser uma condição para a obtenção de bons resultados. Nossa hipótese era que o estudo prévio deficiente dos estudantes poderia ter reduzido a eficácia da IpC. Para testá-la, no período 2012/1 introduzimos o que a literatura considera ser o melhor expediente (vide seção 2.3) para a obtenção de uma boa preparação pré-aula por parte dos alunos: o “*Just-in-Time Teaching*” JiTT, na forma de questionários pré-aula. Esse experimento será discutido na próxima subseção.

4.2.2 Período 2012/1 (com JiTT)

Como foi mencionado acima, no período 2012/1, introduzimos os questionários pré-aula (JiTT) como um estímulo adicional para que os alunos das turmas IpC estudassem antecipadamente o material do livro-texto indicado para cada aula. O incentivo anterior, o “*quizz*”, foi mantido. As turmas que utilizaram o método tradicional não tinham incentivos concretos para a realização do estudo antecipado, embora tenham sido instruídos a fazê-lo.

A seção 2.3 descreve o JiTT e a subseção 3.2.1 traz os detalhes sobre a sua implantação dessa técnica. Sinteticamente, até a noite anterior a cada aula, o aluno utilizando o método IpC devia responder a um questionário curto, tipicamente com duas questões técnicas desafiadoras e uma questão exploratória. Na subseção 3.2.1 discutimos em detalhes a natureza dessas questões. A nota dessa atividade era condicionada ao estudante provar que havia realizado o estudo do material a ser coberto na aula do dia seguinte.

Em primeiro lugar, o gráfico 4.3 traz as notas em FIS201 e o percentual da nota de prova obtido por cada aluno. Diferentemente do que se verificou no semestre anterior, em 2012/1 observa-se que a reta relacionada com a IpC está consideravelmente acima da reta do método tradicional. Este fato vale para toda a faixa de preparo acadêmico. Em

outras palavras, o IpC resultou, em média, em notas de prova superiores, independentemente do preparo acadêmico prévio dos estudantes. Ademais, o coeficiente angular maior da reta IpC indica que a diferença entre as notas obtidas com os dois métodos é maior para alunos com preparo acadêmico mais forte. Esse fato contradiz a suspeita de que a metodologia IpC representaria uma perda de tempo para os alunos mais preparados, que supostamente ensinariam aos seus colegas, sem contudo avançar o seu próprio aprendizado. De fato, como mostram as retas no gráfico, os alunos com menor preparo (N201=60) que utilizaram a IpC obtêm, em média, nota 9 pontos percentuais maior do que aqueles que utilizaram o método tradicional e essa diferença aumenta para os alunos mais preparados academicamente ela chega a 20 pontos para os alunos com N201 próxima de 100.

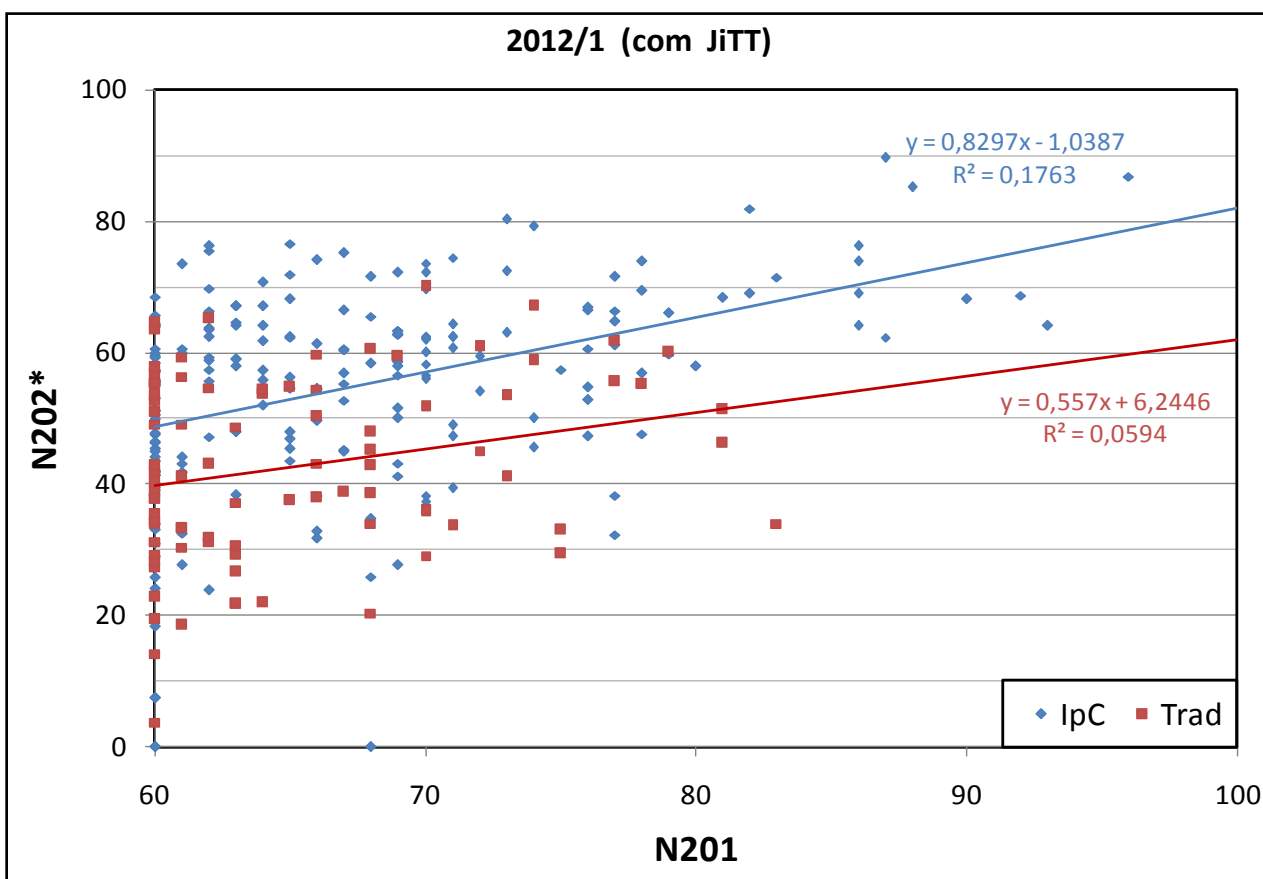


Gráfico 4.3: Resultados referentes ao período de 2012/1. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

No gráfico 4.4 são apresentadas as notas média dos alunos tradicionais e IpC em cada um dos grupos definidos na primeira seção deste capítulo. Nota-se uma novidade – nos três grupos de preparo acadêmico, as notas médias dos estudantes IpC foram mais de 10 pontos maiores que as dos alunos das tradicionais, destacando-se o grupo 3, no qual essa diferença foi de 13 pontos. Esse era o resultado almejado. De fato, como se discutiu na subseção anterior, foi levantada a hipótese que os alunos não estariam se preparando adequadamente para as aulas IpC. Com intuito de sanar o problema, inserimos a ferramenta JiTT no formato de questionários pré-aula. Diante desses resultados, constatamos que a metodologia Instrução pelos Colegas, com questionário pré-aula, foi melhor para todos os grupos de habilidades.

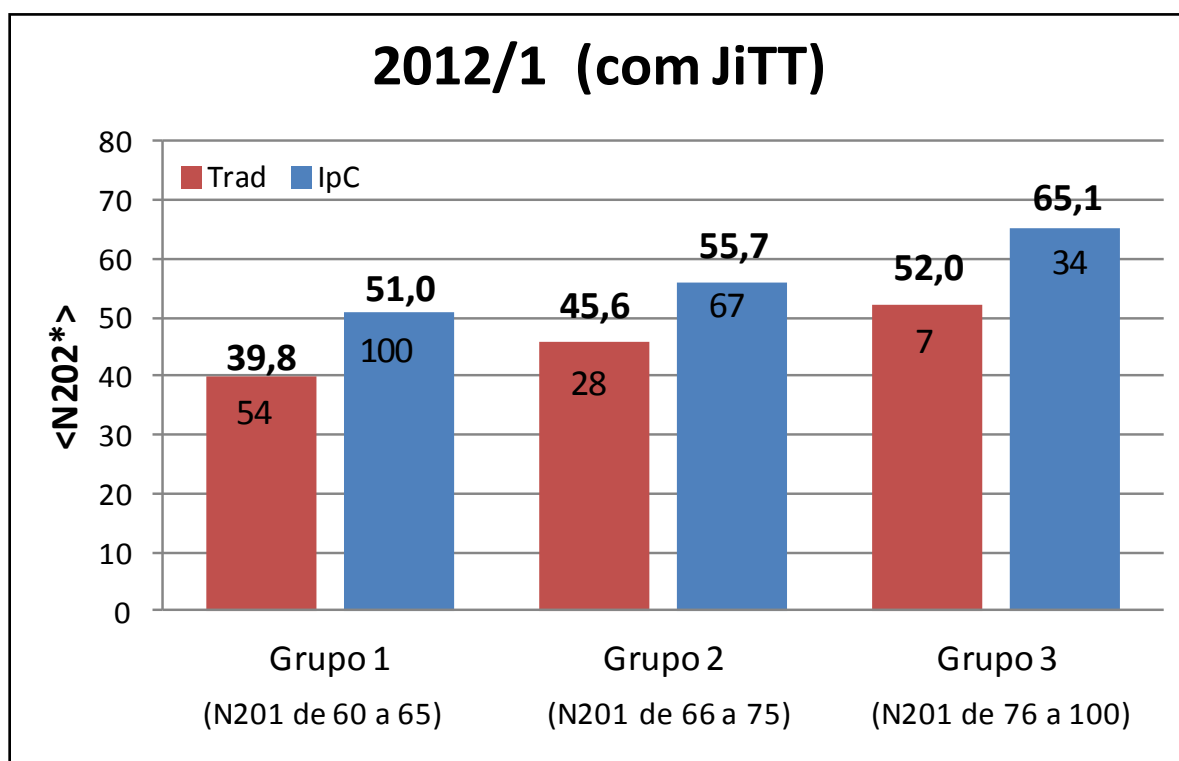


Gráfico 4.4: Resultados obtidos durante o período de 2012/1. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. *Valor-p:* grupo 1 = $9,28 \times 10^{-6}$; grupo 2 = $5,63 \times 10^{-4}$ e grupo 3 = $4,97 \times 10^{-3}$.

Aplicando o teste t, obtêm-se os seguintes *valores-p*: $9,28 \times 10^{-6}$ para o grupo 1; $5,63 \times 10^{-4}$ para o grupo 2 e $4,97 \times 10^{-3}$ para o grupo 3. Diante desses resultados,

conclui-se que houve uma diferença estatisticamente significativa entre as notas médias dos alunos IpC e tradicionais, em todos os grupos de habilidade.

4.2.3 O Efeito dos Questionários Pré-aula

Como se viu na subseção anterior, a introdução dos questionários pré-aula (JiTT) em 2012/1 parece ter proporcionado um ganho significativo para os alunos da metodologia IpC, com relação ao que utilizaram o método tradicional. A presente seção aprofunda essa discussão sobre a importância do JiTT, analisando uma massa maior de dados. Refizemos a análise comparativa do desempenho dos alunos IpC e tradicionais da subseção anterior, agora considerando todos os alunos dos semestres (2011/2 e 2013/2) nos quais não utilizamos o JiTT. Em seguida, analisamos do mesmo modo o desempenho dos alunos dos cinco semestres nos quais utilizamos o JiTT. A apresentação e a discussão dos dados de cada semestre separadamente são feita no Anexo B.

O gráfico 4.5 traz os dados de todos os alunos dos dois semestres (2011/2 e 2013/2) nos quais não utilizamos os questionários pré-aula. São 805 estudantes, 289 da metodologia IpC, distribuídos em 5 turmas e 516 do método tradicional, em 9 turmas. Observa-se que a reta relacionada com a IpC está sutilmente abaixo da reta do método tradicional no intervalo de notas de FIS201 de 60 a 65. Em seguida, há uma inversão – a reta IpC situa-se acima da reta das turmas tradicionais, no intervalo de N201 de 65 a 100. Contudo, a diferença entre as retas é consideravelmente menor que a observada no semestre 2012/1 (gráfico 4.3), no qual utilizamos o JiTT nas turmas IpC, quando observamos um desempenho significativamente melhor com essa metodologia. Como ilustração desse fato, vemos que a diferença nos valores de N202* dos alunos IpC e tradicional, extrapolada para N201 igual a 100, é de 20 pontos em 2012/1 e de 11 pontos nos dois semestres sem JiTT. Em síntese, coerente com o que foi observada nas subseções anteriores, a comparação entre os gráficos 4.3 e 4.5 sugere que a diferença entre o desempenho dos alunos nos métodos IpC e tradicional é maior (e favorável a IpC), quando utilizamos os questionários JiTT. Essa diferença é maior para os alunos com maior preparo acadêmico, medido pela nota em FIS201. Na sequência estudaremos esses efeitos com mais dados e detalhes.

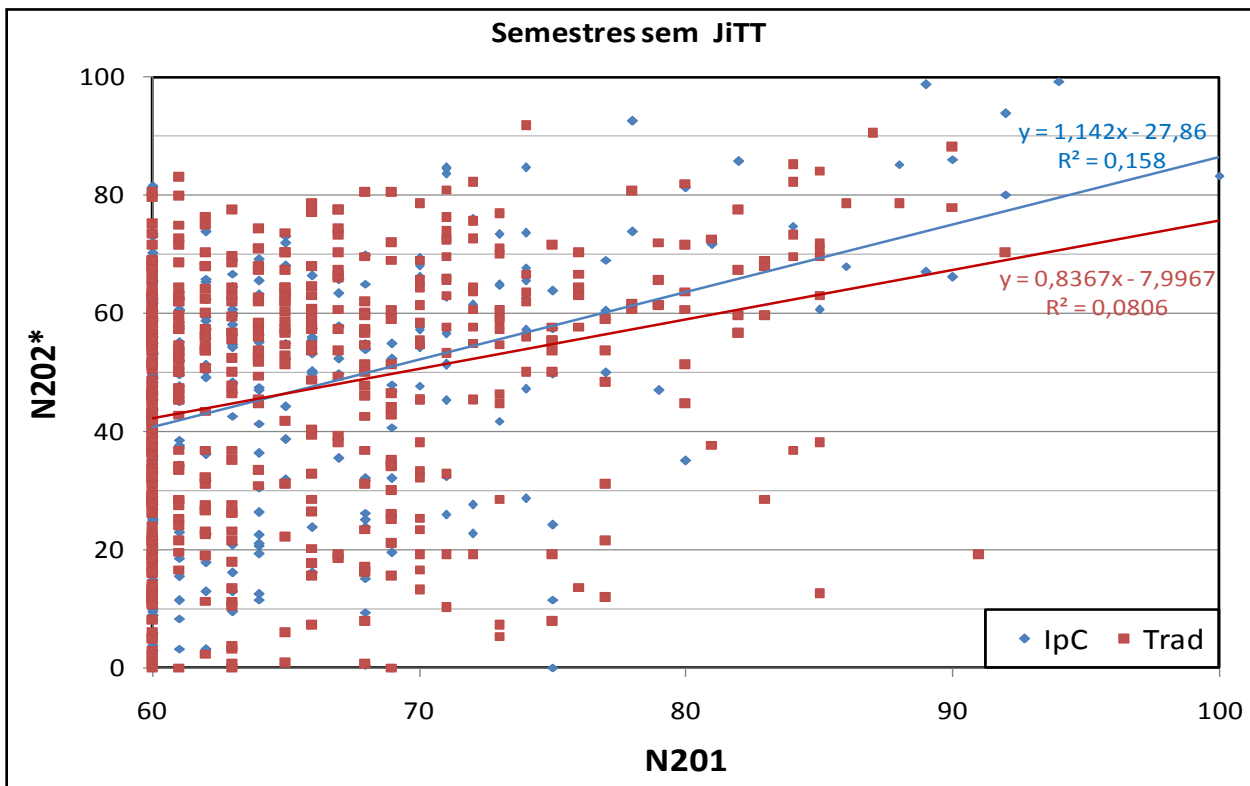


Gráfico 4.5: Resultados obtidos nos semestres em que as turmas IpC não utilizaram JiTT (2011/2 e 2013/2). Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

O gráfico 4.6 sintetiza os dados do anterior. Nota-se que os alunos do grupo 3 que utilizaram a IpC obtiveram em provas 13,2 pontos (22%) a mais que os estudantes com o mesmo preparo que usaram o método tradicional. O teste t aponta que essa diferença é estatisticamente significativa ($p = 2,0 \times 10^{-3}$). Por outro lado, nos grupos 1 e 2 as notas médias dos estudantes da IpC e do tradicional diferem de menos de 1 ponto e essa diferença não é estatisticamente significativa ($p = 0,4$ nos grupos 1 e 2). Assim, é razoável concluir que a metodologia IpC, sem a utilização dos questionários pré-aula, só proporciona um desempenho melhor nas provas para os estudantes mais preparados (N201 entre 76 e 100). Entretanto, para a grande maioria dos estudantes (90% do total) a metodologia tradicional e Instrução pelos Colegas fornecem resultados médios iguais.

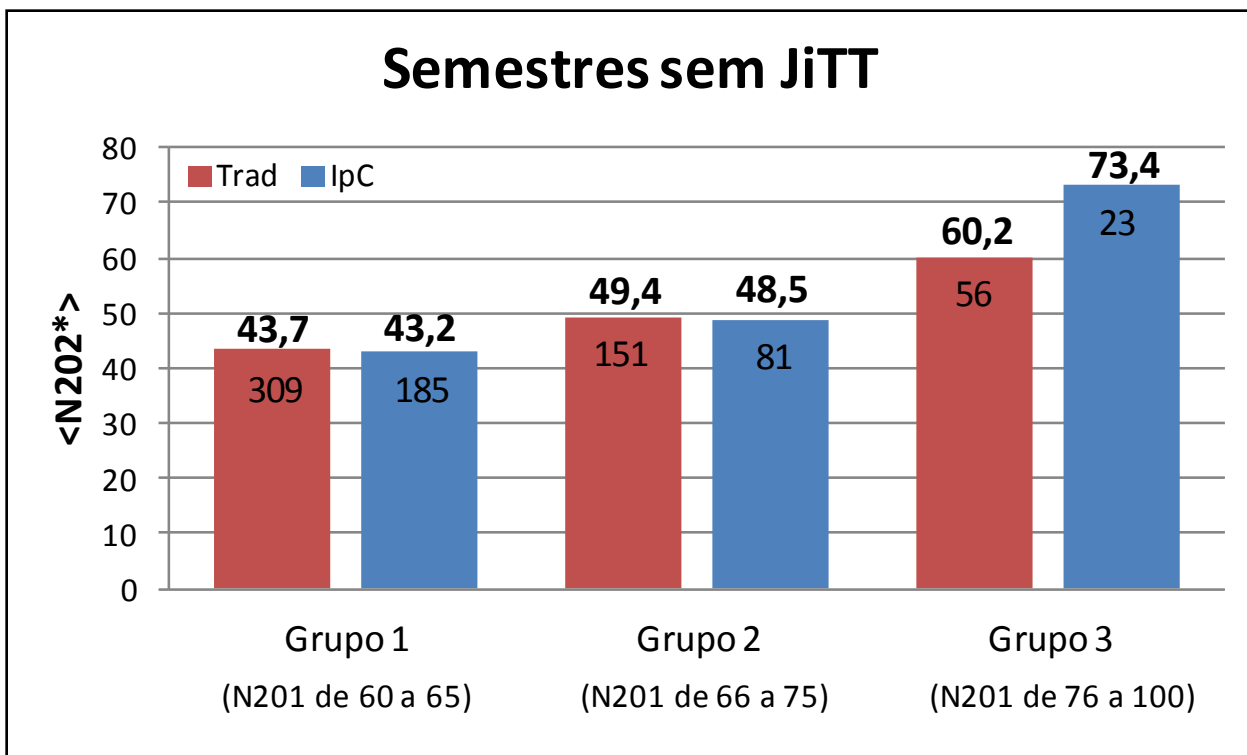


Gráfico 4.6: Resultados obtidos nos semestres em que as turmas IpC não utilizaram JiTT (2011/2 e 2013/2). Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. *Valor-p:* grupo 1=0,4; grupo 2 = 0,4 e grupo 3 = $2,0 \times 10^{-3}$.

A seguir iremos tratar dos resultados de todos os alunos que passaram na metodologia ativa de ensino IpC com questionário pré-aula (2012/1, 2012/2, 2013/1, 2014/1 e 2014/2). Tínhamos 1566 alunos envolvidos, dos quais 1.052 IpC (20 turmas) e 514 alunos para tradicional (16 turmas). Três professores utilizaram a metodologia ativa de ensino.

No gráfico 4.7 observa-se que a reta relativa aos alunos que utilizaram a IpC está acima daquela obtida para os alunos do método tradicional. Em outras palavras, a nota média obtida em provas pelos estudantes da IpC é maior que a dos seus colegas do método tradicional. O resultado é verdadeiro em toda a extensão do gráfico, mas essa diferença aumenta para os alunos com maior preparo acadêmico.

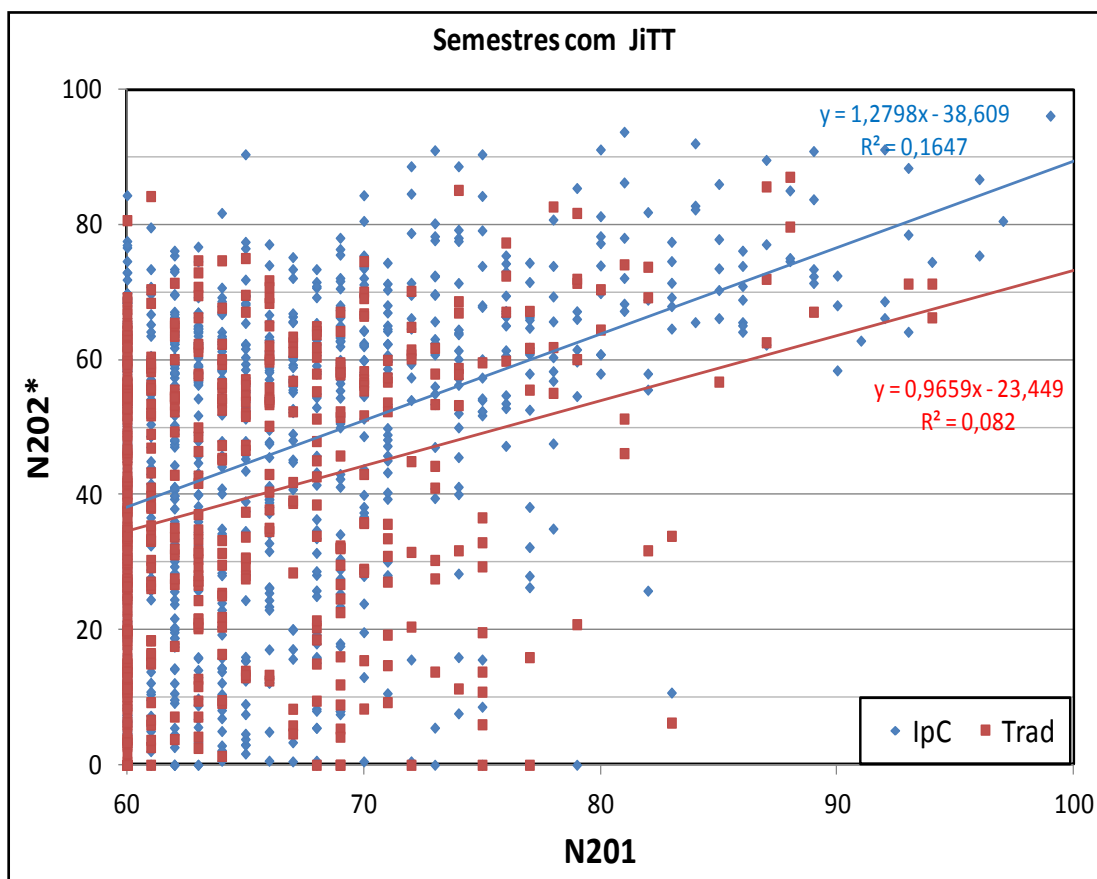


Gráfico 4.7: Resultados obtidos dos semestres que utilizaram o questionário pré-aula nas turmas IpC. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS-201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

O efeito positivo dos questionários pré-aula na IpC também pode ser visto no gráfico 4.8. Como se vê ali, com o uso dos questionários, os estudantes que passaram por essa metodologia conseguiram notas de provas mais elevadas, nos três grupos. No grupo 1 a diferença foi de 4,2 pontos (12%), de 8,0 pontos (19%) no grupo 2 e de 7,1 pontos no grupo 3 (12%). Vale ressaltar que esses dados envolvem mais de 1.500 alunos, de 5 semestres acadêmicos, que trabalharam com 3 professores que utilizaram a IpC, e 9 que utilizaram o método tradicional. Os *valores-p* na legenda do gráfico indicam que podemos concluir que, muito provavelmente, as diferenças observadas entre o resultado das duas metodologias não são flutuações estatísticas.

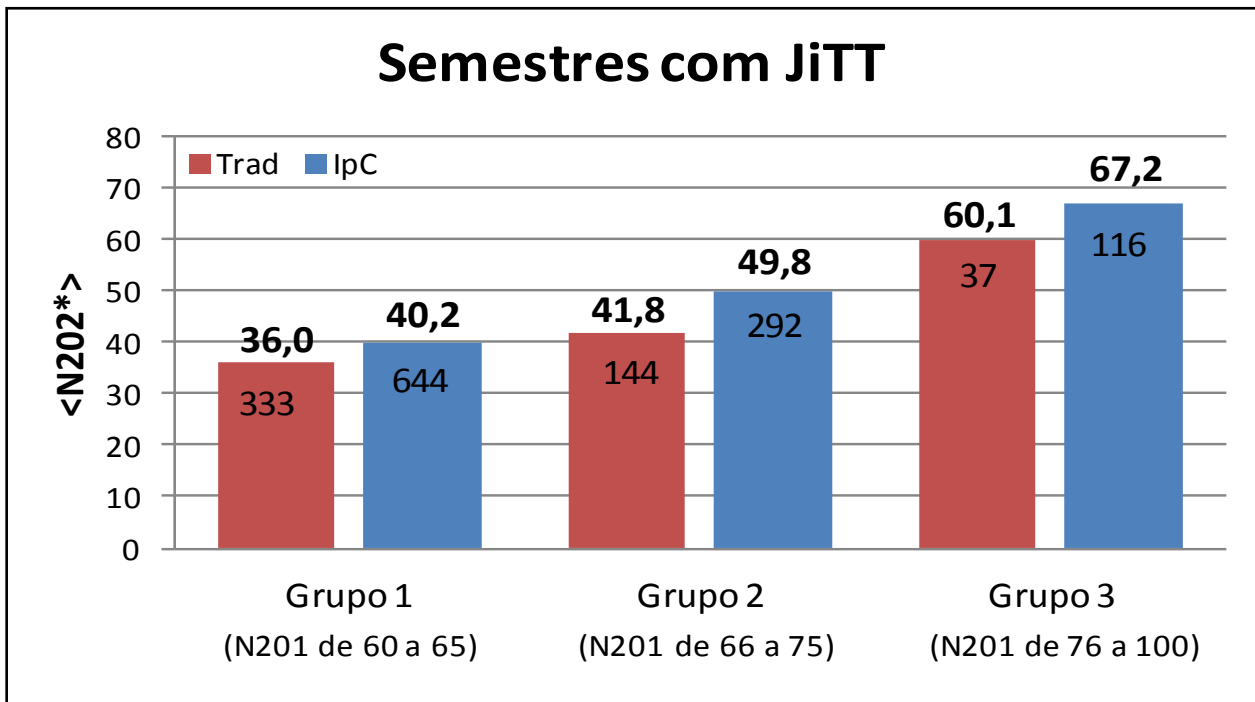


Gráfico 4.8: Resultados obtidos nos sete períodos que utilizaram o questionário pré-aula nas turmas IpC. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. *Valor-p:* grupo 1 = 2×10^{-3} ; grupo 2 = $1,32 \times 10^{-4}$ e grupo 3 = 3×10^{-2} .

Recapitulemos o que se discutiu até aqui. Aprendemos com os nossos dados que sem a utilização dos questionários JiTT, a IpC só fornece resultados em provas superiores aos do método tradicional para os 10% dos estudantes com melhor preparo acadêmico. Para os outros 90% dos alunos, as duas metodologias levam a resultados semelhantes. Por outro lado, utilizando esses questionários para estimular o estudo prévio (antes de cada aula), a IpC resulta em notas de provas significativamente maiores que as obtidas com o ensino tradicional, qualquer que seja o preparo acadêmico do aluno.

Essas conclusões parecem estar em choque com resultados estabelecidos na literatura científica. Crouch *et al.* (2007, p. 15) menciona, baseada em dados (FAGEN, 2003; FAGEN, CROUCH, MAZUR, 2002), que a IpC funciona efetivamente, mesmo sem estímulos para o estudo pré-aula, ainda que isso possa ser benéfico. Acreditamos que a chave para elucidar esse aparente conflito está na origem desses dados. A maior parte deles vem de experimentos em instituições extremamente seletivas, como a

Universidade de Harvard. É plausível supor que a maioria dos estudantes dali tem um preparo acadêmico semelhante ao dos 10% melhores alunos do nosso estudo. De fato, a nota no FCI dos alunos (seção 2.5) do nosso grupo 3 é 78,9% (tabela 4.2), enquanto a dos alunos de Harvard (LASRY, MAZUR, WATKINS, 2008, p.1067) é de 77,5%. Assim, acreditamos que os nossos resultados não estão em conflito com os da literatura. Estamos, na verdade, ampliando o conhecimento sobre o tema, estudando uma população com uma diversidade de preparo acadêmico muito maior. Isto é de grande importância, uma vez que os alunos com menor preparo acadêmico constituem a vasta maioria da população da maior parte das instituições de ensino.

4.2.4 O Efeito do JiTT na Retenção

Acreditamos que os dados obtidos devam também ser analisados de outra perspectiva. Relatos espontâneos dos estudantes ao final dos semestres sugerem que eles passam a priorizar o estudo de outras disciplinas, após obterem nota próxima à necessária para a aprovação em FIS202. Assim, é possível que a superioridade da metodologia ativa possa estar mascarada nos nossos resultados sobre notas. Isso sugere que se compare a retenção nas metodologias tradicional e na Instrução pelos Colegas.

O gráfico 4.9 introduz essa nova abordagem. Ele mostra a aprovação na disciplina, não a nota. Esse gráfico trata dos semestres nos quais os questionários pré-aula não foram utilizados. Para cada grupo de habilidade, mostramos acima das barras o percentual de aprovação na disciplina, com cada método de ensino. Dentro das barras encontra-se o número de alunos no grupo, em cada metodologia. Observa-se que existe uma leve vantagem de 3 pontos dos alunos IpC, em relação às turmas tradicionais, no grupo 1. Porém, no grupo 2, ocorre o inverso, os alunos tradicionais tiveram 3 pontos percentuais de vantagem. Já no grupo 3, houve uma diferença de 10 pontos na aprovação para a IpC, sugerindo que os alunos mais bem preparados academicamente saem-se melhor nas turmas que utilizaram a metodologia ativa. Vale esclarecer que as taxas de aprovação apresentadas nesse trabalho consideram a totalidade dos alunos da pesquisa (seção 3.4), incluindo aqueles que abandonaram a disciplina.

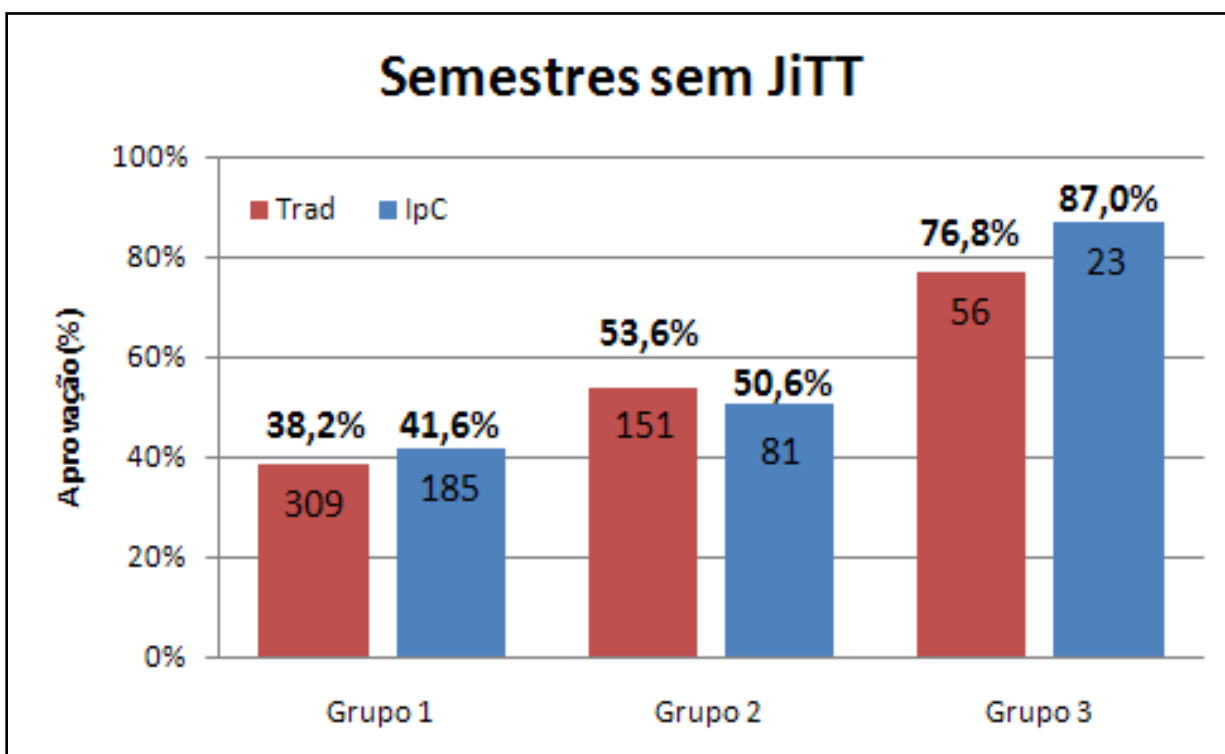


Gráfico 4.9: Percentual de alunos aprovados nos períodos que não utilizaram JiTT. Os números em negrito acima das colunas representam o percentual de aprovação em cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. *Valor-p:* grupo 1=0,22; grupo 2 = 0,33 e grupo 3 = 0,15.

Como foi descrito na subseção 3.4.3, utilizamos o *teste Z* para duas proporções, com o propósito de identificar, em cada grupo de preparo acadêmico, se há diferença significativa entre os índices de aprovação dos alunos IpC e dos alunos tradicionais. Para isso, utilizamos o mesmo nível de significância ($\alpha=0,05$) que adotamos no teste de médias. Além disso, adotamos a mesma forma de tomada de decisão, através do *valor-p*.

Aplicando o *teste Z* obtêm-se os seguintes *valores-p*: 0,22 para o grupo 1, 0,33 para o 2 e 0,15 para o grupo 3. Assim, concluímos que não houve diferença significativa entre os índices de aprovação dos alunos IpC e tradicional, em qualquer dos grupos de habilidade. Em suma, as duas metodologias utilizadas nos semestres em que as turmas IpC que não utilizaram JiTT forneceram resultados essencialmente iguais.

O gráfico 4.10 mostra os percentuais de aprovação nos semestres nos quais utilizamos os questionários JiTT nas turmas IpC. Percebe-se uma diferença notável com relação aos semestres sem JiTT (gráfico 4.9). Semelhante ao que se observou nas notas

de prova (subseção anterior), a introdução dos questionários pré-aula resultou num percentual de aprovação significativamente maior, nos três grupos. De fato, a taxa de aprovação é de 11 a 16 pontos percentuais maior com a IpC, em todos os grupos. Além disso, os *valores-p* na legenda do gráfico indicam que podemos concluir que existe diferença significativa nos índices de aprovação dos dois métodos didáticos, em todos os grupos de preparo acadêmico.

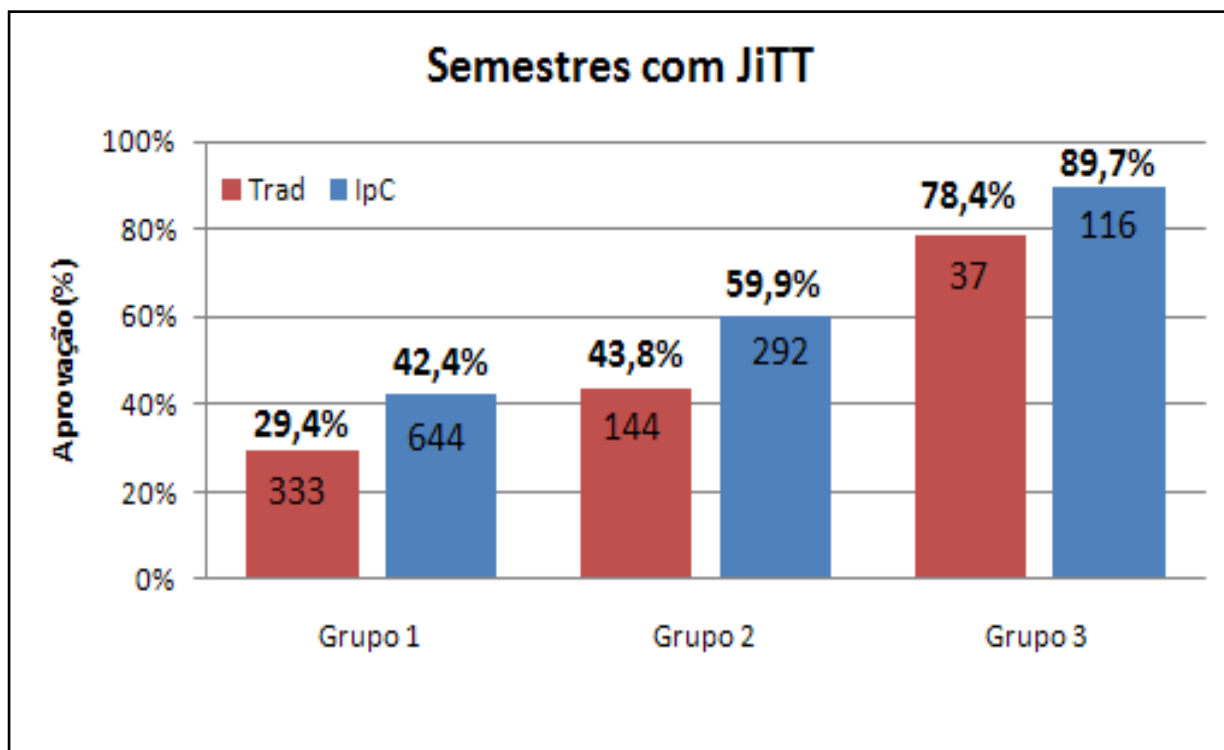


Gráfico 4.10: Percentual de alunos aprovados nos períodos que utilizaram JiTT. Os números em negrito acima das colunas representam o percentual de aprovação em cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. *Valor-p:* grupo 1 = $3,80 \times 10^{-5}$; grupo 2 = $7,07 \times 10^{-4}$ e grupo 3 = $3,82 \times 10^{-2}$.

4.3 Demanda de Tempo do Aluno na IpC

Diante dos resultados e das discussões apresentados até aqui, concluímos que o método de ensino IpC, com questionário pré-aula, foi superior em todos os grupos de habilidades, em notas de provas e também em percentual de aprovação. Entretanto, esse sucesso tem um custo que deve ser dimensionado. Na metodologia IpC, demandamos dos alunos a preparação para cada aula. Nos semestres com JiTT, essa preparação envolvia, além do estudo prévio do conteúdo da aula, a resposta de um

questionário com duas perguntas técnicas, algo desafiadoras, sobre o material a ser discutido na próxima aula. Esse trabalho, realizado tipicamente duas vezes por semana, impõe uma pressão sobre um recurso escasso e disputado – o tempo do discente. Por isso, é importante estabelecer quanto tempo essas atividades requerem do aluno. Parece-nos relevante comparar esse tempo com as recomendações gerais na literatura a cerca do tempo de estudo adequado. Em particular, queremos examinar se a demanda de tempo dos estudantes na disciplina em estudo é coerente com as recomendações existentes na literatura. Do ponto de vista prático, essa pesquisa poderá subsidiar docentes na decisão de utilizar a metodologia IpC na sua disciplina, ou na sua instituição. Essas questões são tratadas a seguir.

Os alunos dos semestres 2012/1, 2012/2, 2013/1, 2014/1 e 2014/2 responderam a um questionário de múltipla escolha sobre o tempo necessário para executar as atividades relacionadas com a metodologia IpC. Conforme detalhado na seção 3.3, o questionário foi respondido em sala de aula, com os clickers, com garantia de anonimato. Os gráficos a seguir mostram os resultados obtidos em 20 turmas do IpC. Tipicamente essas turmas tinham 55 alunos, totalizando cerca de 1.100 alunos que participaram dessa parte da pesquisa.

Inicialmente, foi feita aos alunos a seguinte pergunta: ***“Tipicamente, de quanto tempo de trabalho você precisa para se preparar adequadamente para uma aula (estudo e questionário pré-aula)?”***. Sintetizamos no gráfico 4.11 o percentual de alunos que indicaram cada intervalo de tempo demandado para executar essa atividade. Cerca de 65% dos estudantes declararam que precisaram de uma hora e meia a três horas para se preparar bem para uma aula. A média ponderada pelo número de alunos é de aproximadamente 2,2 horas. Essa média foi calculada considerando o centro de cada um dos intervalos. No caso do intervalo com mais de 3 horas adotou-se 3 horas. O cálculo da média foi feito da mesma forma para as outras perguntas do questionário apresentadas nesta seção.

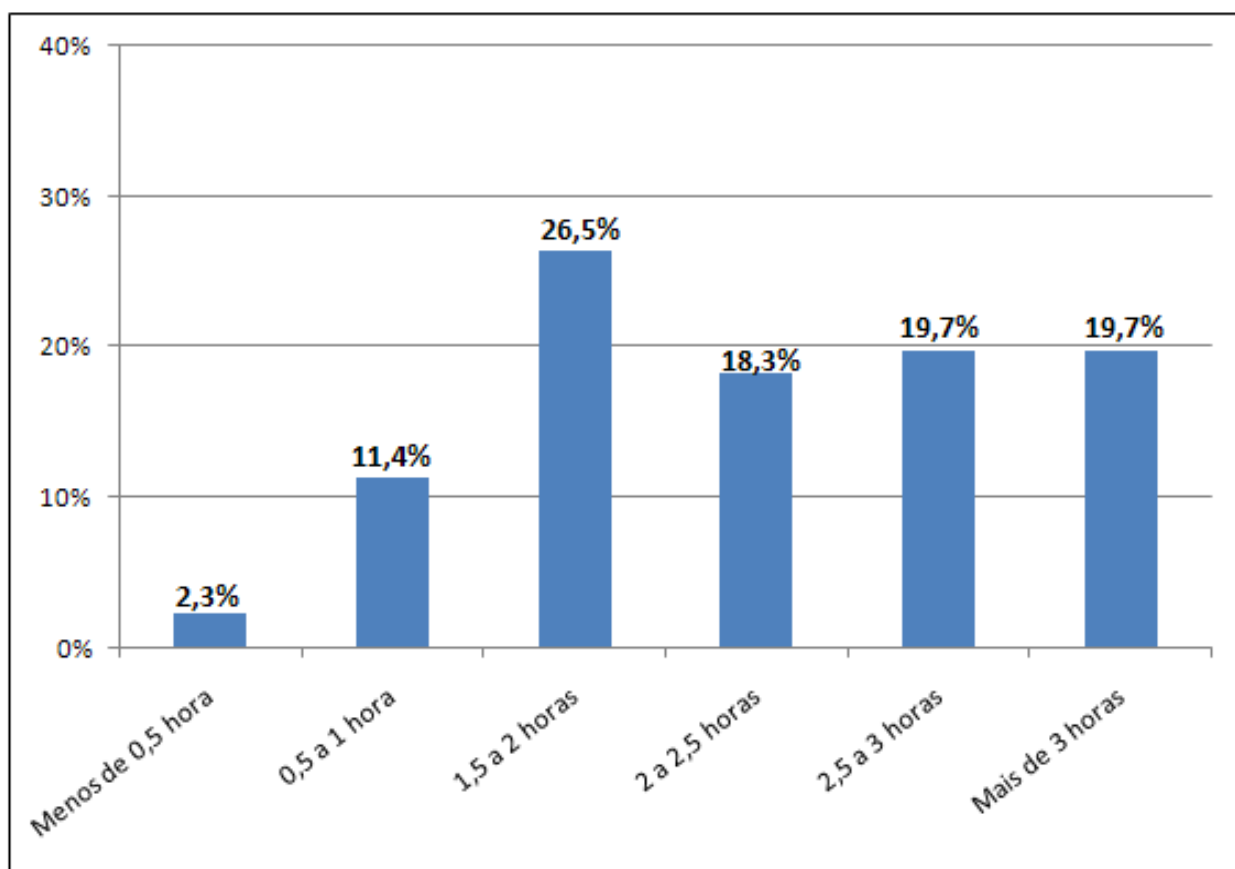


Gráfico 4.11: Tempo que os alunos declararam se dedicar para se prepararem adequadamente para uma aula, por meio do estudo prévio do conteúdo e da resposta ao questionário pré-aula. 2,1% não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente.

Solicitamos também aos alunos que respondessem a seguinte pergunta: ***“Em média, de quanto tempo você precisa para responder ao questionário, sem contar o tempo de estudo?”***. Verificamos no gráfico 4.12, que sintetiza a frequência da indicação dos alunos sobre o tempo necessário para responder o JiTT, que cerca de 76% necessitam entre 15 minutos e uma hora para responder. A média calculada foi de 45 minutos.

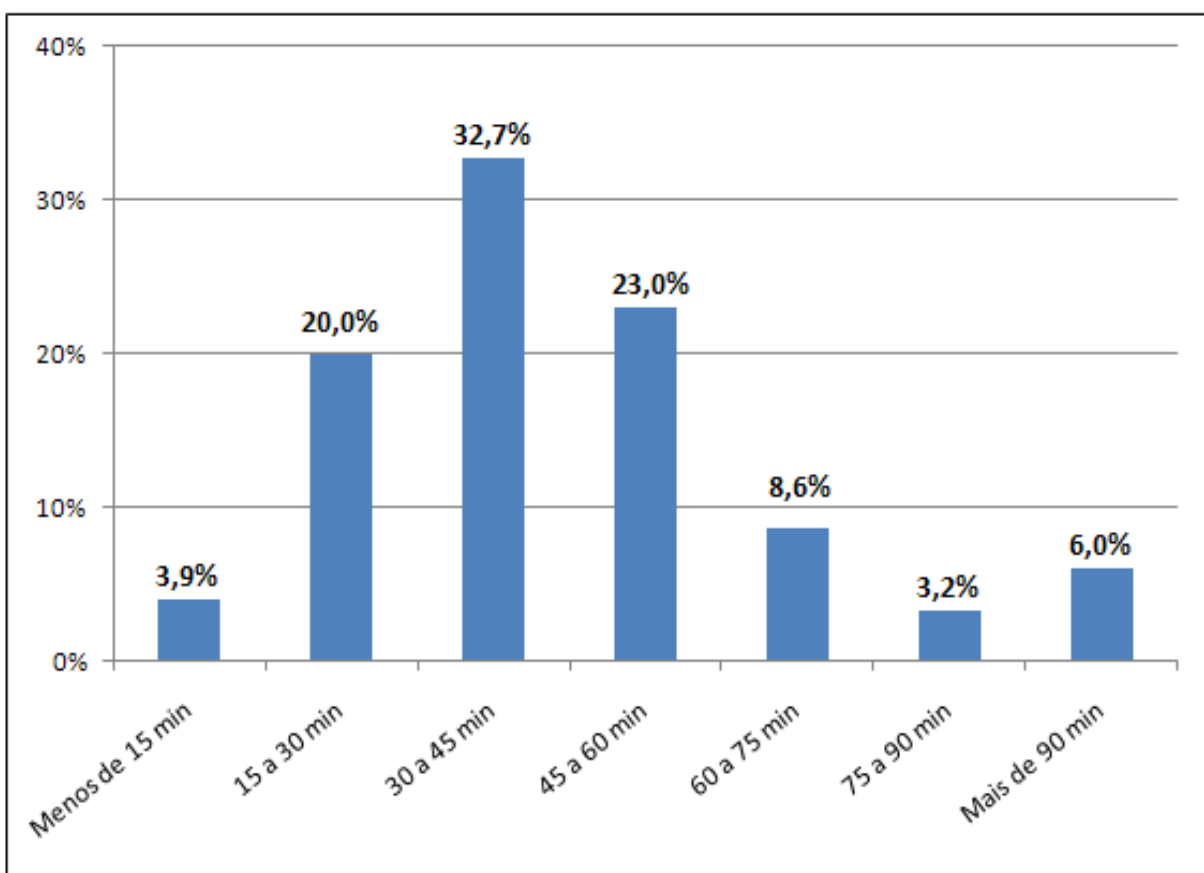


Gráfico 4.12: Tempo que os alunos declararam se dedicar para se prepararem adequadamente para uma aula, por meio da resposta ao questionário pré-aula. 2,6% não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente.

Na sequência, solicitamos aos alunos que respondessem a seguinte pergunta: ***“Em média, de quanto tempo você precisa para estudar adequadamente para uma aula (sem contar responder ao questionário)?”***. A frequência de todos os intervalos que os alunos responderam encontra-se no gráfico 4.13 e verificamos que mais de 57,5% deles demandam de 30 minutos a duas horas para se prepararem. A média calculada foi de 1,8 horas.

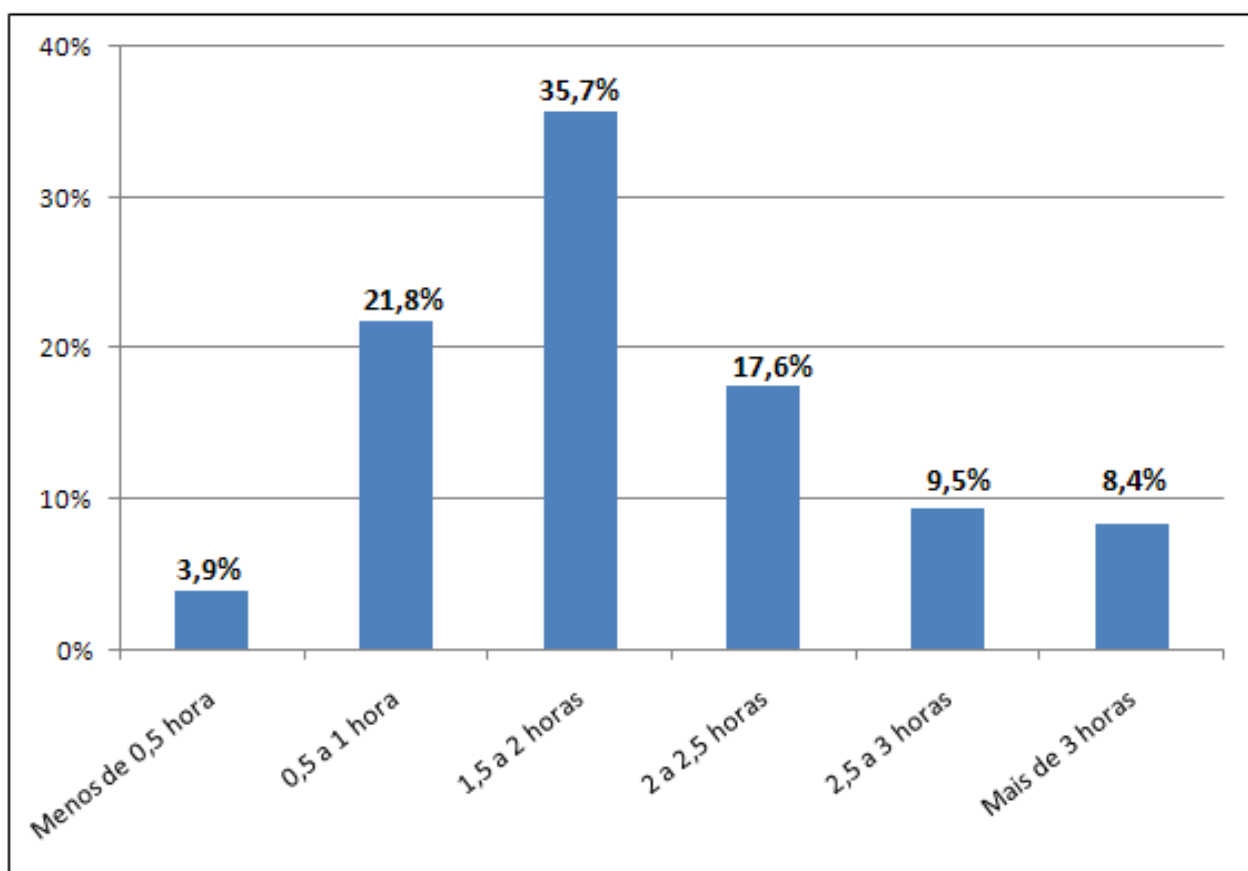


Gráfico 4.13: Tempo que os alunos declararam se dedicar para se prepararem adequadamente para uma aula, por meio do estudo prévio do conteúdo. 3,1% dos discentes não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente.

De acordo com os gráficos 4.12 e 4.13, os alunos precisariam em média de 1,8 horas para o estudo prévio do material a ser coberto numa aula e de 0,75 horas para resolver o questionário pré-aula. Assim, no total, os discentes precisariam no total de 2,6 horas para se prepararem adequadamente para uma aula. Esse tempo médio é coerente com o obtido do gráfico 4.11 (2,3 horas).

Durante o semestre todos os professores sugeriram aos seus alunos que resolvessem uma sequência de 199 problemas dos livros-texto dos capítulos abordados em sala de aula (para mais detalhes, observar a tabela no anexo A). Conforme foi apresentado no Anexo A, essa atividade era realizada fora da sala de aula, sendo ela atribuída para todas as turmas (IpC e tradicional). Não era atribuída pontuação a essa atividade. Nós investigamos o tempo necessário para cumprir essa tarefa solicitando aos

alunos que respondessem a seguinte pergunta: “***Em média, de quanto tempo por semana você precisaria idealmente para resolver os problemas indicados do livro?***”. As respostas dos alunos a essa pergunta foram sintetizadas no gráfico 4.14. Ele apresenta o percentual das indicações dos estudantes dessa demanda de tempo. Porém, no ato da coleta dos dados, as alternativas apresentadas não tinham tempo superior a 4,5 horas. Observando o gráfico, mais de um quarto dos alunos indicaram que precisariam mais de 4,5 horas. Dessa forma, a distribuição não ficou clara.

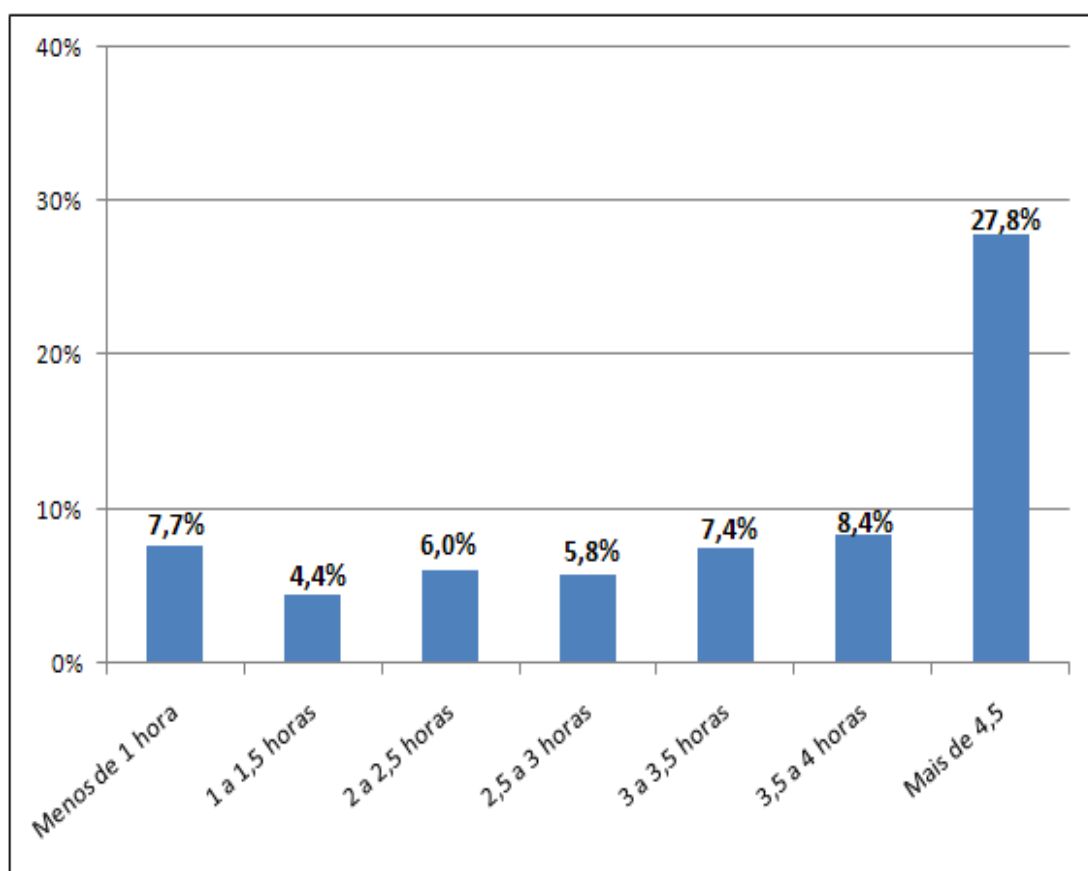


Gráfico 4.14: Tempo que os alunos declararam ser necessário semanalmente para resolver os problemas indicados do livro. 32,5% dos discentes não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente.

Como se vê no gráfico anterior, as opções apresentadas ocultam os detalhes da distribuição. As opções devem incluir tempo acima de 4,5 horas. Isso foi feito no semestre 2015/1. O gráfico 4.15 contém os resultados obtidos com os 110 alunos das turmas IpC. Observa-se que 50,5% desses indicaram que precisariam de duas horas a seis horas semanais para resolver esses problemas. A média calculada foi 4,8 horas.

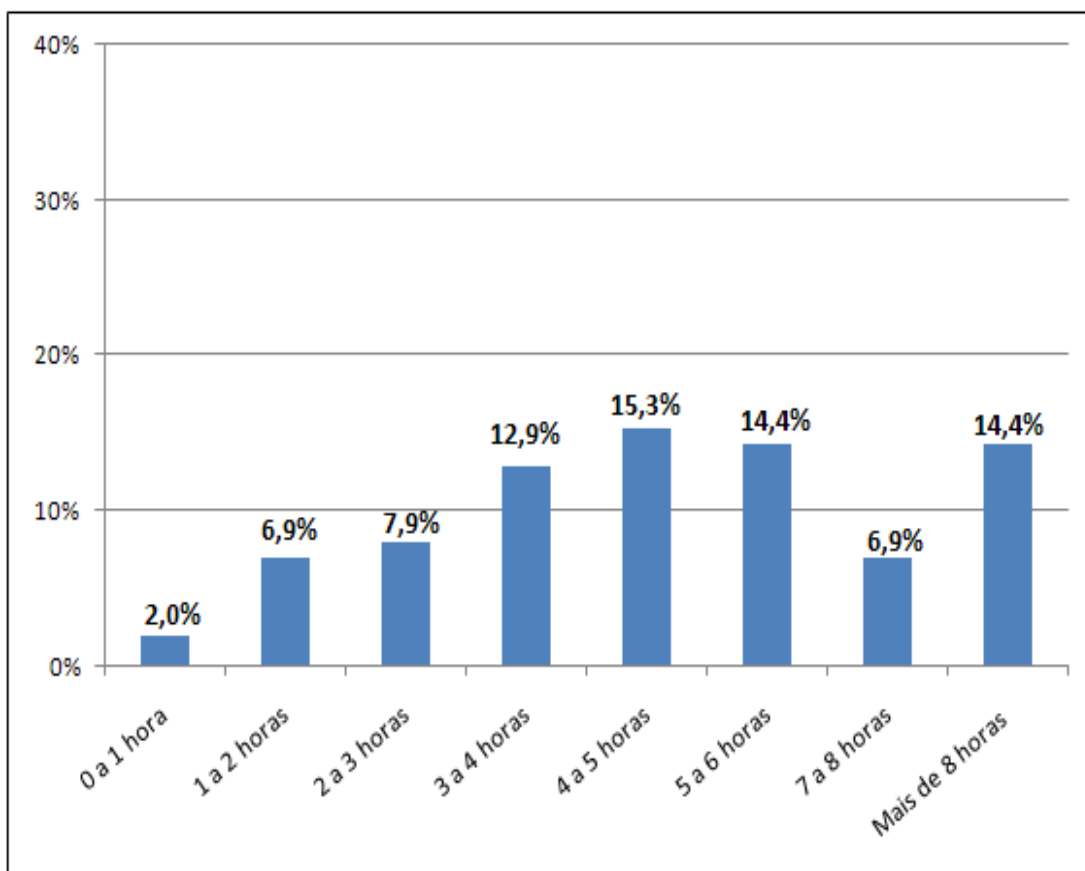


Gráfico 4.15: Tempo que os alunos declararam ser necessário semanalmente para resolver os problemas indicados do livro. 19,3% dos discentes não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente. Observação: essas informações são dos alunos 2015/1 das turmas IpC.

Como mencionado anteriormente, todos os professores das turmas de FIS202 recomendavam aos seus alunos que resolvessem os problemas indicados dos livros-texto. Assim, solicitamos também que os alunos da turma tradicional 2015/1 indicassem o tempo ideal para resolver esses problemas e tivemos a participação de 55 alunos. O gráfico que se segue, sintetiza as indicações desses alunos, em que 62,9% gastariam entre 2 horas e 6 horas por semana para resolver esses problemas. A média calculada foi 4,4 horas, próximo ao tempo correspondente das turmas IpC.

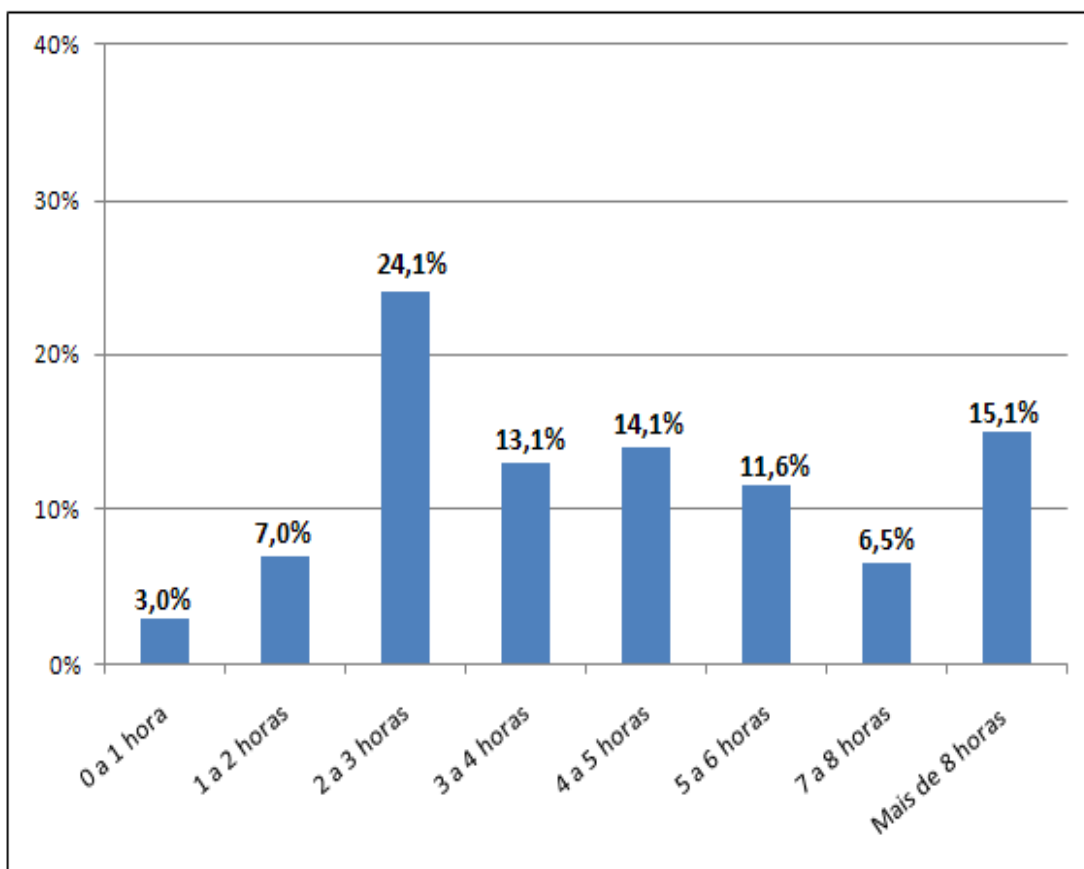


Gráfico 4.16: Tempo que os alunos declararam ser necessário semanalmente para resolver os problemas indicados do livro. 5,5% dos discentes não souberam responder. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram que utilizaram um tempo no intervalo correspondente. Observação: essas informações são dos alunos 2015/1 da turma tradicional.

Em resumo, a disciplina FIS202 exige de seus alunos que estejam em sala de aula aproximadamente 4 horas (200 minutos) por semana. Além disso, os alunos declararam que gastariam aproximadamente 5 horas semanais para se preparar bem para as aulas da semana (estudar o material e responder ao questionário pré-aula). Ademais, os alunos apontaram que precisariam trabalhar, idealmente, na resolução dos problemas indicados pelo professor por 5 horas semanais. Em suma, o IpC envolve um demanda de tempo de 14 horas por semana dos estudantes.

Algumas instituições[†] recomendam que para cada hora que o aluno passa em sala de aula, ele deve passar entre 2 e 3 horas estudando (extraclasse). Em particular, os autores Young e Freedman (2008a, 2008b, 2008c, 2008d,) sugerem que para cada hora

[†] Disponível em: <https://www.umflint.edu/advising/surviving_college> e <<http://www.iue.edu/ucollege/advising/planningyoursemester.php>>. Acessado em 15 de outubro de 2015.

que o aluno passa em sala de aula, ele deve passar 2,5 horas estudando fora da sala de aula. Aplicado ao caso da FIS202, a frequência às aulas e o estudo fora da sala de aula, envolveriam 14 horas por semana (4 horas na sala de aula e 10 horas fora dela). Concluimos que o IpC na FIS202 requer dos alunos, de fato, o tempo recomendado na literatura. Ou seja, a metodologia Instrução pelos Colegas requer mais atividades do aluno – Sobretudo, a preparação prévia para as aulas – Contudo, o método não demanda do aluno mais tempo que o recomendado na literatura.

4.4 Percepção dos Alunos Sobre a IpC

Concluimos que a combinação da metodologia Instrução pelos Colegas com Questionário Pré-aula, trouxe benefícios de aprendizagem. Além disso, observamos que foi razoável o tempo despendido pelos alunos na execução das atividades extraclasse. Frente a esses resultados, decidimos levantar informações sobre a percepção dos alunos a respeito do método ativo que eles haviam utilizado. Conforme descrito no capítulo 3, essas informações foram obtidas por meio de um questionário respondido em sala de aula, com *clicker*, garantindo-se o anonimato. Como foi relatado na seção anterior, em torno de 1.100 alunos participaram desta pesquisa.

A seguir serão apresentados gráficos que mostram a avaliação por parte dos alunos da metodologia ativa de ensino, do questionário pré-aula, do estudo prévio dos testes conceituais e das discussões em sala de aula.

O questionário solicita que aluno complete a frase: ***“Comparado com a metodologia tradicional, a Instrução pelos Colegas foi para mim?”***. A distribuição das respostas no gráfico 4.17 ilustra a aceitação por parte dos alunos do método ativo. 52 % dos respondentes afirmam que a metodologia IpC é vantajosa/muito vantajosa. Somente 25% disseram que a metodologia foi desvantajosa/muito desvantajosa.

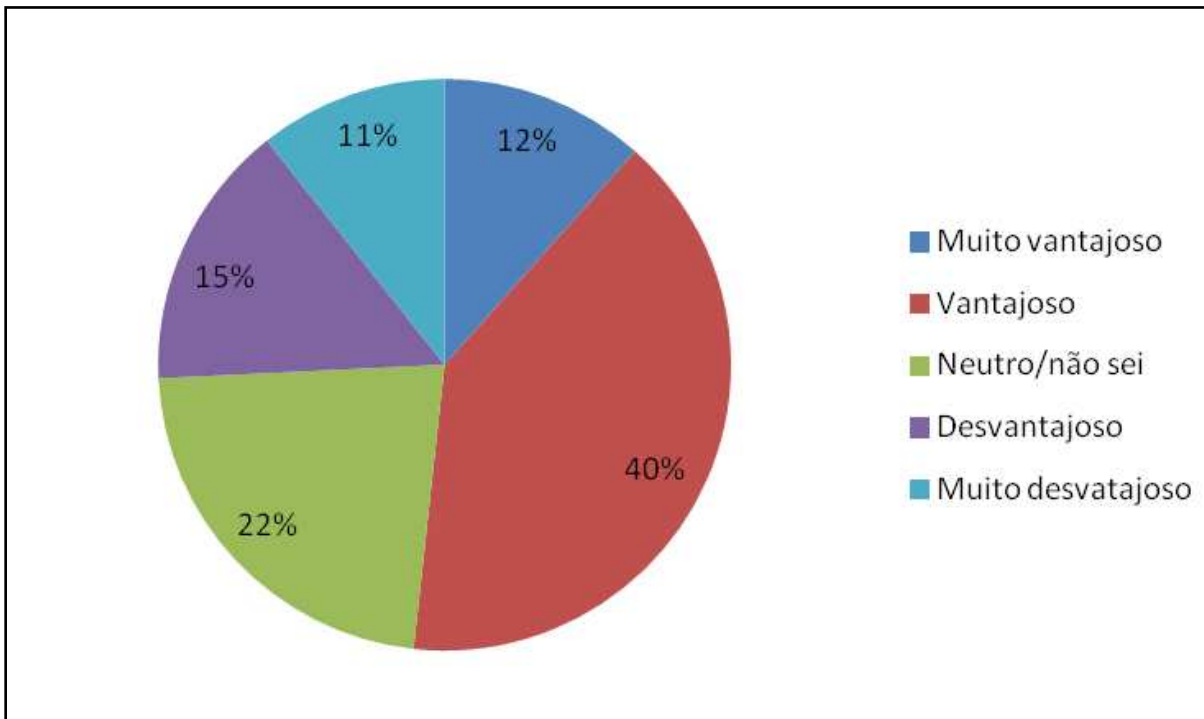


Gráfico 4.17: Avaliação dos alunos sobre o *Peer Instruction* em relação ao método tradicional.

Conforme mencionado na seção 2.2, o pilar do método Instrução pelos Colegas é a discussão entre os alunos sobre o teste conceitual. Levantamos a opinião dos alunos sobre os testes conceituais e as discussões em sala com a seguinte pergunta: **“Os testes conceituais e as discussões em sala de aula ajudaram na compreensão da matéria?”**. 67% dos alunos disseram que muitas vezes ou quase sempre o teste conceitual e a discussão contribuíram para a compreensão do conteúdo (ver gráfico 4.18).

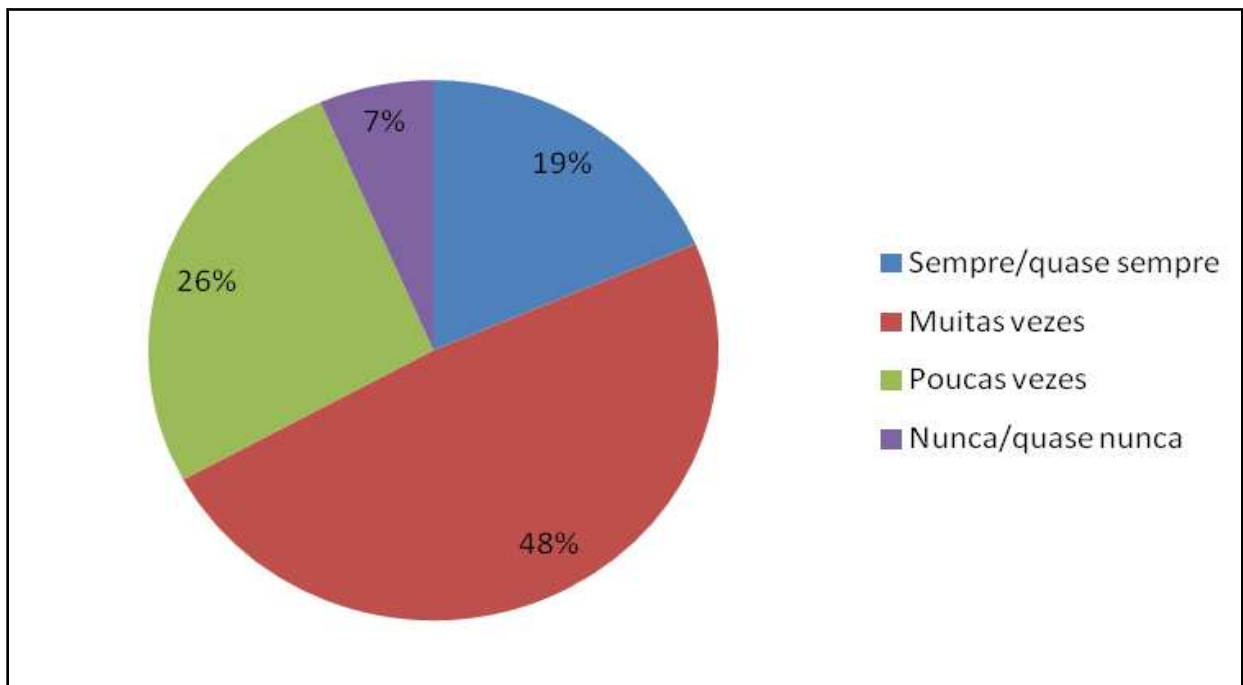


Gráfico 4.18: Opinião dos alunos sobre a ajuda dos testes conceituais e das discussões promovidas dentro da sala de aula para compreensão da matéria.

Para aplicar os testes conceituais e abrir espaço para os alunos discutirem as suas respostas durante as aulas, antes, eles foram orientados a fazer a leitura pré-aula, conforme é descrito na subseção 3.2.1. Se essa leitura do texto for feita de forma efetiva, reduzir-se-á o tempo de aula despedido para introduzir definições, conceitos básicos e equações (CROUCH, 2007). Solicitamos aos nossos alunos que respondessem a seguinte pergunta: **“O estudo prévio ajudou na compreensão da matéria?”**. No gráfico que se segue, observa-se que 79% deles alunos disseram que o estudo prévio ajudou na compreensão da matéria e apenas 21% disseram que poucas vezes e nunca. Crouch (2007) relata que os estudantes de Swarthmore e de Harvard ficaram divididos sobre o que eles acham da leitura pré-aula. Entretanto, a maior parte dos nossos alunos acha que esse tipo de leitura traz benefício na compreensão da matéria.

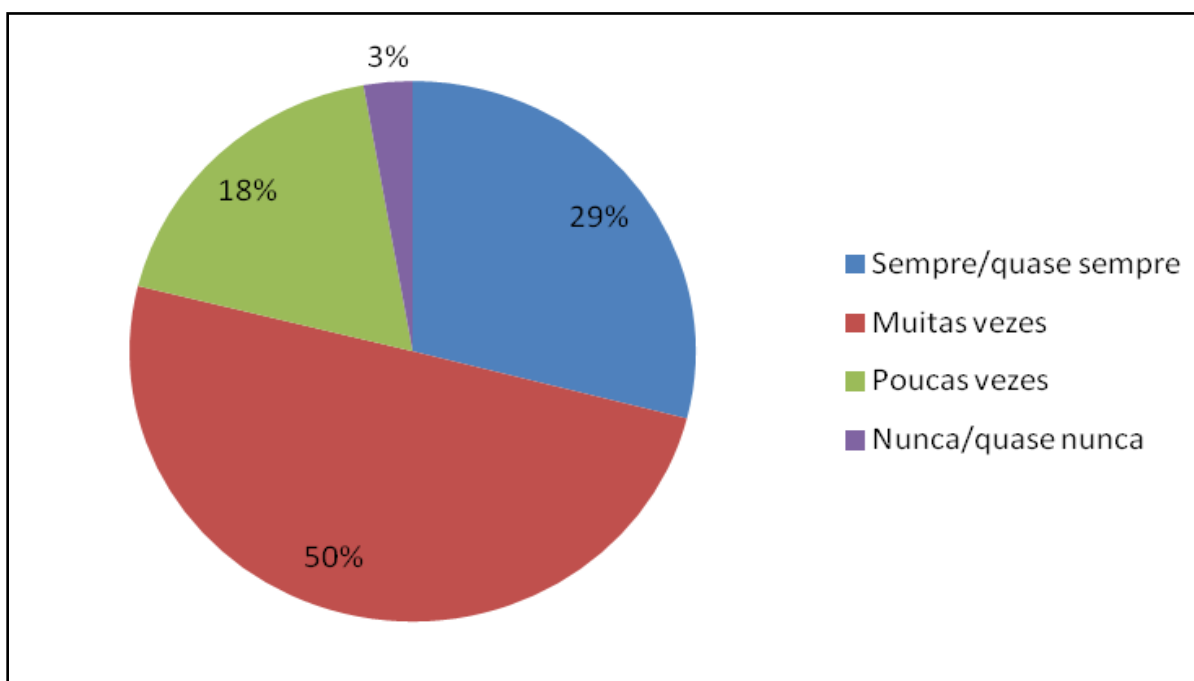


Gráfico 4.19: Opinião dos alunos sobre ajuda do estudo prévio para compreensão da matéria.

Os resultados apresentados no capítulo 4 revelam que o questionário pré-aula é fundamental para os alunos, exceto para os 10% com melhor preparo acadêmico. Contudo, alguns alunos relataram, espontaneamente, a sua insatisfação com a exigência dessa atividade extraclasse. Por isso, procuramos investigar o grau de aceitação do questionário pré-aula, solicitando aos nossos alunos que opinassem sobre esta atividade, respondendo a seguinte pergunta: ***“Os questionários pré-aula ajudaram na compreensão da matéria?”***. Como era de se esperar, existe resistência por parte dos alunos ao questionário pré-aula. O gráfico a seguir mostra que apenas 32% dos alunos disseram que o JiTT ajudou na compreensão do conteúdo (muitas vezes/sempre e quase sempre) e 68% disseram que poucas vezes e nunca/quase nunca. É digno de nota, que o aluno não consegue perceber o papel do questionário pré-aula discutido na seção 4.2.

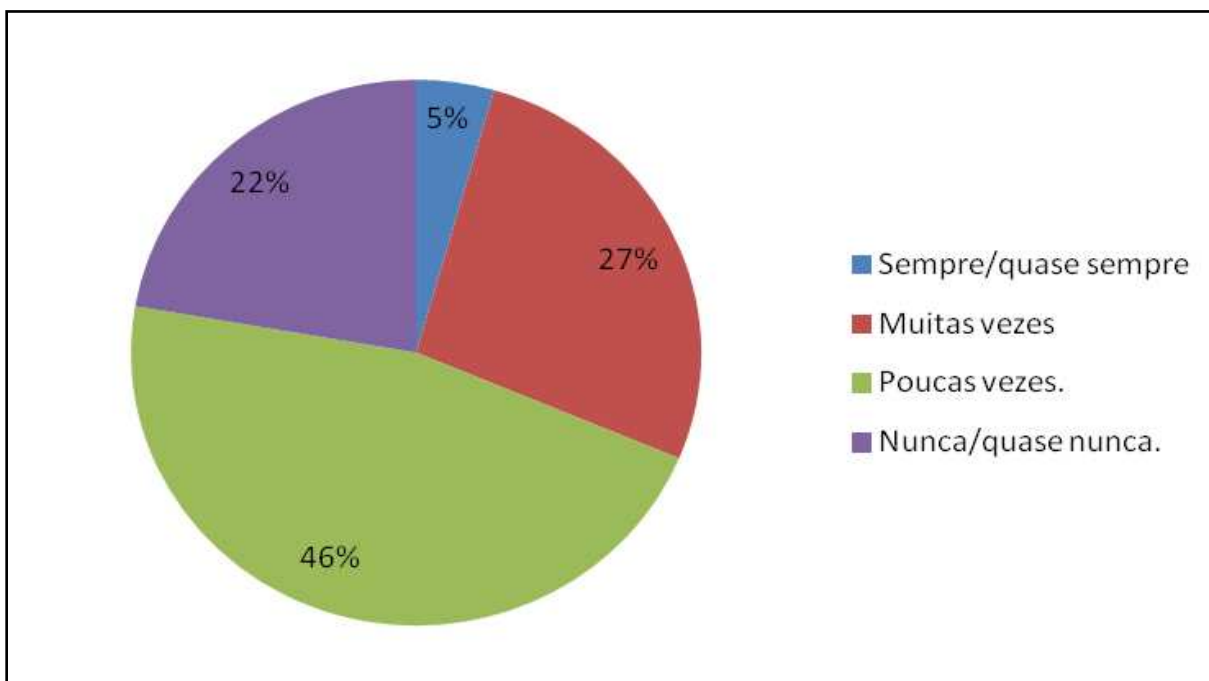


Gráfico 4.20: Opinião dos alunos sobre questionário pré-aula na ajuda na compreensão da matéria.

Por fim, solicitamos que os alunos respondessem *a seguinte pergunta*: ***“Se no próximo semestre você fosse fazer outra disciplina de Física, você optaria por utilizar o IpC?”***. O gráfico 4.21 revela que 43% dos alunos utilizariam o IpC no próximo semestre e 35 % disseram que não. Apesar da pequena diferença (8%) uma parte significativa da turma faria a disciplina com a metodologia ativa de ensino.

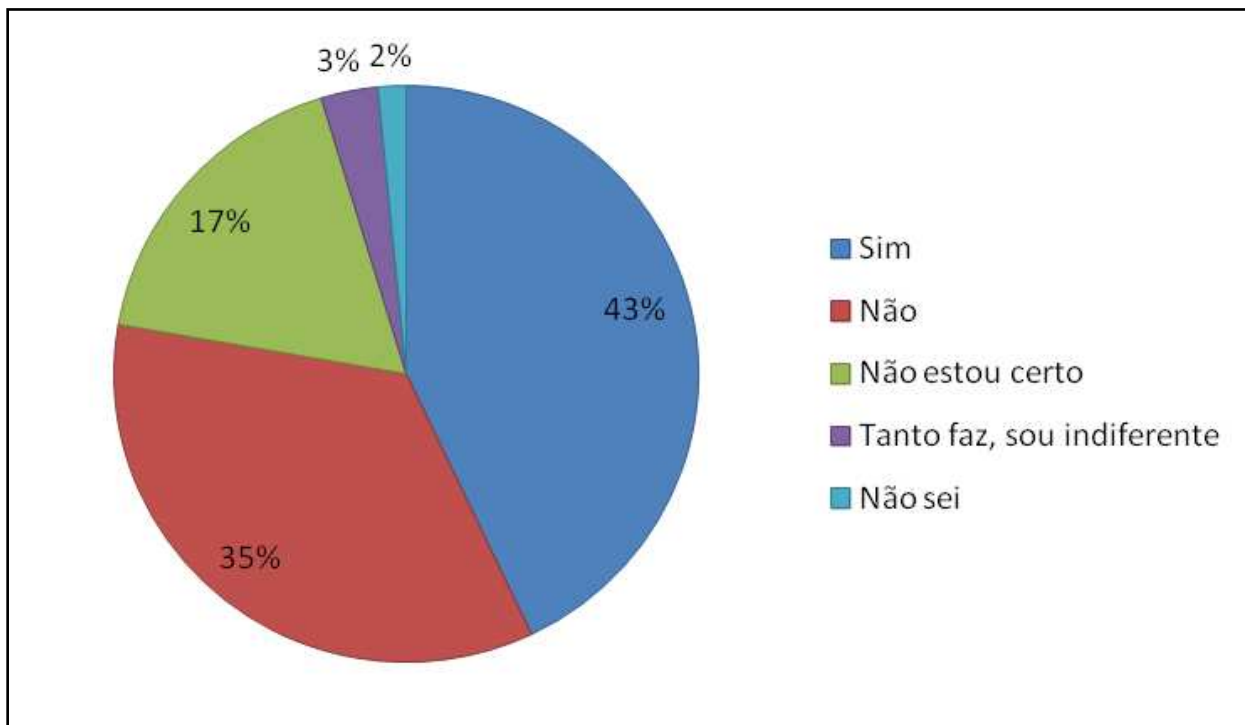


Gráfico 4.21: Posição dos alunos se eles utilizariam o Peer Instruction no próximo semestre se fosse oferecido em uma disciplina de Física.

O método Instrução pelos Colegas apresentou uma boa aceitação por parte dos alunos na FIS202. Com mais detalhes, os alunos, em maior parte, perceberam a importância do estudo prévio e teste conceituais com as discussões em sala de aula. Entretanto, como havíamos discutido anteriormente, existe uma resistência por parte dos alunos sobre a utilização do questionário pré-aula. Todavia, os resultados apresentados na subseção 4.2.3 demonstram que o efeito dos questionários pré-aula traz de aprendizado, qualquer que seja o preparo acadêmico do discente.

5 MATERIAIS DIDÁTICOS

Deixando de lado a investigação da efetividade da metodologia Instrução pelos Colegas, acreditamos que podem ser úteis a apresentação e a discussão de uma amostra dos materiais didáticos desenvolvidos na UFV para implantação dessa metodologia. Serão apresentados neste capítulo alguns dos testes conceituais e questionário pré-aula desenvolvidos ao longo desse trabalho. As informações contidas aqui são frutos de uma entrevista com o professor Álvaro Neves, orientador deste trabalho. Nessa entrevista, foram extraídas informações relevantes na elaboração e utilização desses materiais. Esse material é parte do produto didático contido no apêndice B.

5.1 Testes Conceituais

Ao utilizar a IpC, o professor é frequentemente tentado a aplicar o protocolo de fazer alternadamente exposições e perguntas, delineado na seção, por vezes, perdendo de vista os fundamentos que tornam essa metodologia eficaz. É preciso que o instrutor se conscientize de que o principal componente do método são as discussões que provêm à instrução mútua entre os colegas. O ponto de partida para discussões profícuas são testes conceituais interessantes, engajadores e, sobretudo que enderecem questões importantes para a formação dos alunos. Em suma, os testes conceituais (“ConcepTests”) constituem a pedra angular da metodologia Instrução pelos Colegas. Há recomendações na literatura para a elaboração de testes conceituais efetivos (CROUCH *et al.*, 2007; SCHELL, 2015). Segue abaixo uma lista dessas diretrizes, suplementada por outras sugeridas pelo professor Álvaro Neves.

Um bom teste conceitual deve:

1. Focar um único conceito.
2. Requerer pensamento, não mera aplicação de fórmulas.
3. Ser claro e conciso.
4. Ter um nível de dificuldade mediano.

5. Endereçar dificuldades comuns dos estudantes e/ou habilidades que se deseja desenvolver.
6. Ser concreto aos olhos do estudante, se possível ter relação com situações que ele já tenha vivenciado.
7. Ser interessante e estimulante para o estudante.

A seguir apresentamos alguns testes conceituais particularmente ilustrativos e discutimos sua utilização e resultados. Eles foram elaborados na UFV, pelo professor Álvaro Neves. Esse material é fruto de uma entrevista feita pelo autor com o docente. Os testes estão divididos por tema, em diferentes subseções.

- **Teste Conceitual 1**

Conteúdo:

Hidrostatica, força e pressão num fluido.

No experimento que você acaba de observar, o ovo

- a. foi empurrado pelo ar para dentro do frasco.
- b. foi puxado pelo ar para dentro do frasco.
- c. foi empurrado e puxado pelo ar para dentro do frasco.
- d. caiu apenas pela ação do próprio peso.
- e. Não sei.

Resposta correta:

a

Distribuição de respostas:

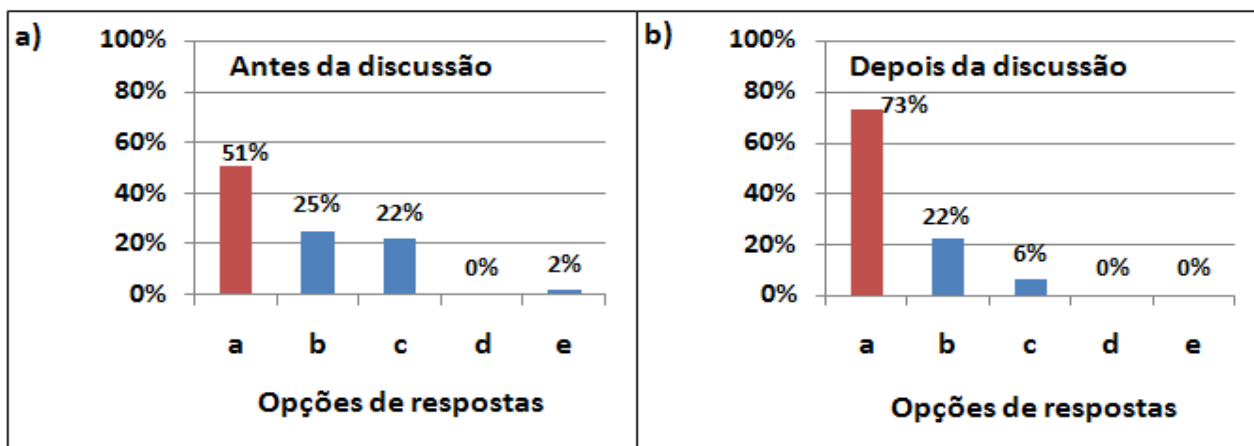


Gráfico 5.1: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Esse teste conceitual é antecedido pela experiência clássica (ou por um vídeo) onde um ovo cozido entra em uma garrafa depois que o interior dela é aquecido por uma chama.

O objetivo da questão é trazer à discussão a origem e as características das forças que os fluidos exercem em objetos no seu interior. Os livros-textos mencionam que essa força se origina das colisões das moléculas do fluido com os corpos dentro deles. Dessa forma, espera-se que o aluno compreenda o fato experimental de que essa força é normal ao objeto e que o fluido não puxa, mas empurra um corpo colocado no seu interior. A distribuição das respostas mostra que o estudo prévio pode não transmitir esses pontos efetivamente.

Na primeira rodada de respostas a maioria dos alunos se concentra nas alternativas a e b. Como discutido, é útil que o professor solicite a voluntários, ou aponte estudantes, para justificarem as suas respostas. Em meio a essa discussão, ele pode apontar (mostrando novamente o vídeo) que no experimento o ovo é engolido na sua porção inferior durante a entrada na garrafa, coerentemente com ideia de que esse corpo é sugado para dentro da garrafa. Por outro lado, aponta o instrutor, é difícil imaginar como

as moléculas de ar dentro da garrafa poderiam aderir ao ovo e puxá-lo para baixo. Em síntese, a situação requereria uma discussão científica cuidadosa entre os alunos. Como se viu acima, o debate promove um avanço substancial no nível de compreensão. Depois de construída a resposta correta o professor pode explicar que a deformação supracitada do ovo não se deve à sucção desse corpo para dentro da garrafa, mas a uma pressão no interior do ovo superior àquela dentro da garrafa.

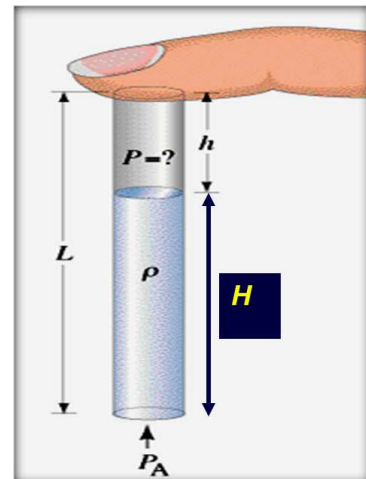
- **Teste conceitual 2**

Conteúdo:

Hidrostatica, força e pressão num fluido.

Após inserir um canudo num copo de refrigerante, você veda a parte superior dele com o dedo. Quando o canudo é retirado do copo, sobra líquido dentro dele (figura). A relação entre a pressão atmosférica P_A e a pressão P na parte superior do canudo é

- a. $P > P_A$
- b. $P = P_A$
- c. $P < P_A$
- d. Não sei.



Resposta correta:

C

Distribuição de respostas:

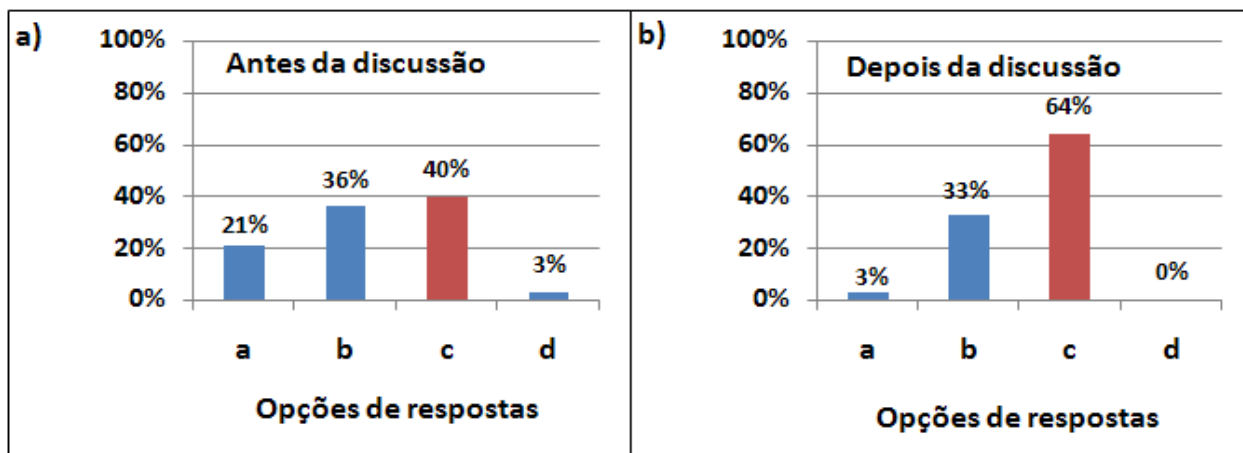


Gráfico 5.2: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Em primeiro lugar, o teste trata de uma situação cotidiana, vivenciada por todos os estudantes. Isso não só facilita a compreensão do problema, como também estimula a aplicação dos princípios físicos na análise do mundo real. O objetivo do teste é ajudar o aluno a estabelecer concretamente a relação entre a pressão e a força exercida por um fluido.

Após a primeira rodada de repostas, o professor solicita que alguns alunos compartilhem com a turma a sua resposta e a justificativa para ela. Frequentemente a alternativa b é justificada com o argumento de que se a pressão de um lado (em cima, ou embaixo do líquido) for maior, o líquido será empurrado para o outro lado. Nesse caso o aluno parece estar utilizando o seu conhecimento factual sobre situações tradicionais, como a do manômetro, com um tubo em forma de U, com o fluido no mesmo nível dos dois lados do aparato. Outros alunos fazem uma análise do equilíbrio das forças que atuam no líquido, porém esquecendo-se do seu peso. O professor deve salientar que a primeira análise repousa sobre uma analogia algo obscura com outra situação. Ele pode acrescentar que apesar disso ser um bom começo, é necessário que se faça também uma análise científica da situação, baseando-se nas forças que determinam o movimento do corpo constituído pelo líquido. Muitos alunos escolhem a alternativa c com

justificativas vagas. Esse grupo costuma dizer que é necessário haver vácuo, ou uma pressão reduzida, na parte superior do canudo para que a “sucção” em cima compense o peso. O instrutor pode mencionar teste anterior (do ovo) como um obstáculo para essa visão. Ele deve também acrescentar que tem dificuldade em entender como a pressão poderia ter sido reduzida a partir do seu valor inicial (pressão atmosférica), visto que não se retirou ar da região entre o dedo e a superfície superior do líquido. Sintetizando as discussões, e encaminhando a segunda rodada de respostas, o professor deve solicitar que se procurem explicações científicas e que o caminho promissor para tanto é a análise das forças que agem no fluido. Ele sugere que se comecem identificando quais são as forças que atuam no fluido. Seguem-se a discussão em grupos e a segunda rodada de respostas. Em seguida, o professor constrói a resposta correta com a participação dos alunos.

É interessante, repetir uma dúvida mencionada pelo professor: “Como é possível que pressão na parte superior do líquido caia? Afinal, tínhamos ar atmosférico, à pressão ambiente. A colocação do dedo na parte superior do canudo não parece mudar a densidade do ar nessa região”. Os alunos tipicamente são capazes de explicar o fenômeno, especialmente se forem lembrados de que quando retiramos o canudo do copo o nível do líquido muda (cai).

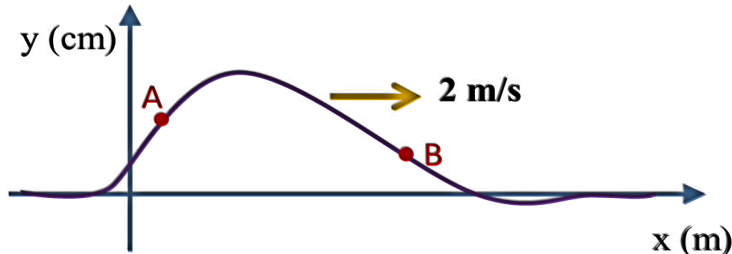
- **Teste conceitual 3**

Conteúdo:

Ondas mecânicas, velocidade de propagação x velocidade do meio.

A figura abaixo representa uma fotografia de uma onda que se propaga numa corda. Com relação ao movimento dos pontos A e B da corda, é correto afirmar que no momento da foto

- os pontos A e B se moviam para cima.
- os pontos A e B se moviam para baixo.
- o ponto A se movia para cima e o B para baixo.
- o ponto A se movia para baixo e o B para cima.
- os dois pontos estavam momentaneamente em repouso.



Resposta correta:

d

Distribuição de respostas:

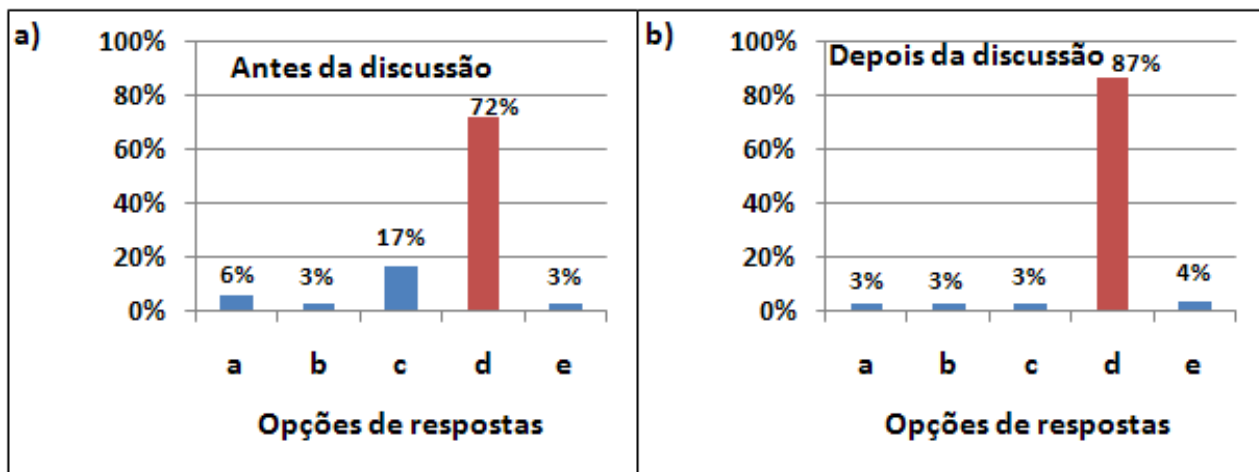


Gráfico 5.3: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Este teste trata de uma dificuldade conceitual importante e muito frequente entre os estudantes – a diferença entre a velocidade de propagação de uma onda progressiva e as velocidades com as quais se movem o meio onde está a onda. Anteriormente a esta questão, foi discutido e abordado em testes conceituais o comportamento de uma onda progressiva. Foram feitas demonstrações e simulações enfatizando a diferença do movimento da perturbação e o movimento das partículas do meio material onde se propaga a onda. Tais testes conceituais revelam que praticamente todos os alunos incorporaram a ideia de que nessa questão (teste conceitual 3) os pontos da corda se movem na direção do eixo y . Entretanto, cerca de um terço deles ainda tem dificuldade de utilizar esse conceito para prever o movimento de um ponto da corda. Dada à dominância das respostas certas, o professor pode solicitar que se faça a discussão em grupo, sem maiores explicações. Alternativamente ele pode sugerir que se tente determinar que valor do deslocamento transversal esteja presente nos pontos A e B, um tempo infinitesimal após o instante capturado na fotografia da questão. Mais uma vez, a discussão amplia o percentual de respostas corretas. Idealmente o professor deve solicitar que um aluno explique a resposta correta, ou deve construir essa resposta com a participação da turma.

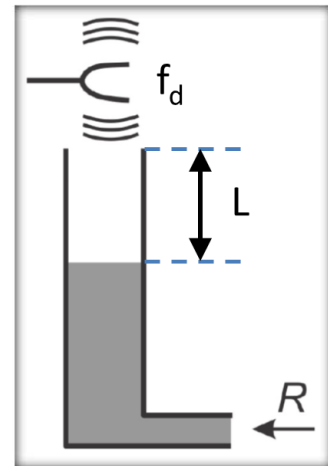
- **Teste conceitual 4**

Conteúdo:

Ondas mecânicas, som, ondas estacionárias e ressonância.

A figura mostra um longo tubo no topo do qual há um diapasão emitindo uma frequência f_d . A medida que introduzimos água lentamente na parte inferior, ouviremos um som

- progressivamente mais grave.
- progressivamente mais agudo.
- com frequência constante.
- com frequência alternadamente crescente e decrescente.
- Não sei.



Resposta correta:

c

Distribuição de respostas:

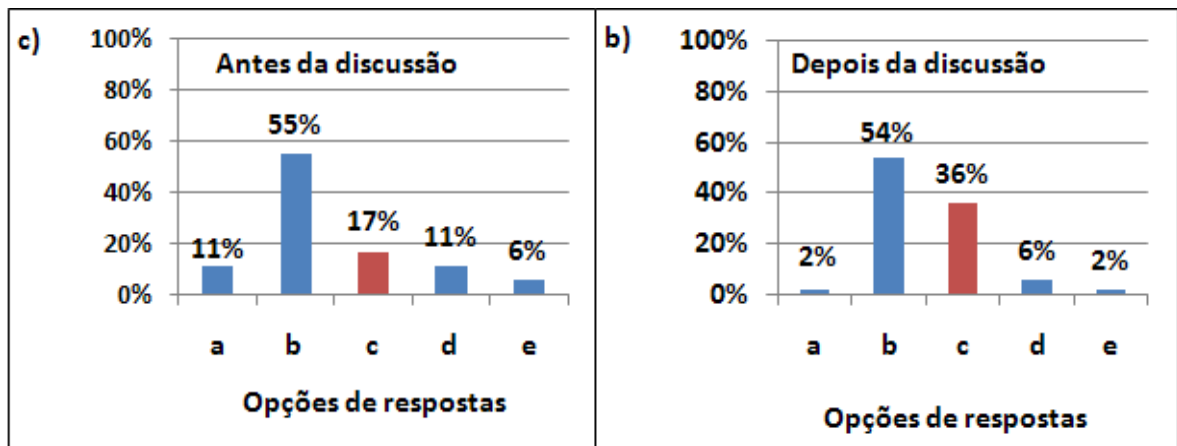


Gráfico 5.4: Respostas dos alunos: a) antes das discussões entre os colegas; b) após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Esta questão já foi utilizada em seis semestres letivos, sempre proporcionando o que primordialmente se deseja com um teste conceitual – engajamento e discussões intensas entre os estudantes. Como se vê a opção b, segundo a qual a frequência ouvida aumentaria, tem forte apelo. Dada a primeira resposta (individual), vários alunos explicam convictamente essa posição: *“As frequência de ressonância de um tubo com uma extremidade aberta e outra fechada são dadas por $f = \frac{v}{4L}n$, com $n = 1, 3, 5, \dots$ e v sendo a velocidade do som no ar. Como L diminui, as frequências aumentam.* Em todos os semestres alguns estudantes espontaneamente reforçam essa visão com um resultado experimental de peso. Eles descrevem que ao lavarem uma garrafa, perceberam que o som produzido tornava-se mais agudo à medida que nível da água subia. Os discentes costumam consultar-se mutuamente e concluir que essa observação é correta. Nesse estágio, o professor se mostra convencido da força dos argumentos teórico e experimental, que ele recapitula para a turma. Entretanto, ao final dessa revisão ele existe e expressa uma dúvida incômoda – *“O diapasão tem um objetivo de vida que é tocar sempre a mesma frequência. Ele nasceu para isso. Se a frequência ouvida aumenta, quem estaria produzindo essa vibração de maior frequência? Com certeza, não pode ser o diapasão!”*. Os alunos especulam que talvez a coluna de água pudesse vibrar numa frequência maior que a do diapasão. Contudo, o professor se mostrar em dúvida. Ele pensa em voz alta: *“A 3ª lei de Newton requer que a água empurre o ar com a mesma frequência com que é empurrada pela onda sonora incidente. Não sei se funciona...”*. Criadas essas dúvidas, o professor solicita que se proceda à discussão em grupo. A distribuição de respostas demonstra que é difícil demover o aluno da sua crença inicial. De fato, os argumentos em seu favor são fortes. Contudo, a discussão orientada pelo professor faz dobrar o número de respostas corretas. A divulgação da resposta certa cria surpresa e interesse. Tratando-se de um curso introdutório, o professor deve enfatizar que a constância da frequência é um resultado experimental, não uma opinião, ou uma teoria. Na sua explicação, ele pode começar perguntando o estaria errado na equação para as frequência de ressonância do tubo, evocada pelos alunos. Ele deve mostrar que apesar de correta, essa expressão não responde ao problema em discussão – as ondas sonoras produzidas pelo diapasão não precisam estar em ressonância. De

fato, a vibração do diapasão é fruto das suas propriedades mecânicas, que obviamente independem do nível da água no tubo. Originalmente esta lição (“fórmulas por si só não respondem a coisa alguma”) foi o objetivo desta questão.

Encerrada esta discussão, é comum que a classe tenha se esquecido da observação relativa à lavagem de uma garrafa. Nesse caso, o professor deve incitar a curiosidade dos seus alunos – *“Por que o resultado do experimento com o diapasão seria diferente daquele com a garrafa?”* Contudo, é produtivo adiar essa discussão. É interessante tratar antes de mais um problema com um diapasão. A ideia é projetar uma questão semelhante à da figura anterior, porém indagando como varia a intensidade do som que vem do tubo. Ela aumenta, diminui, ou alternadamente aumenta e diminui, à medida que a água sobe? Nesse contexto, os alunos relembram o que ocorre com o conjunto das frequências de ressonância quando o comprimento do tubo diminui. Em particular, eles devem ser levados a discutir o que se ouve quando uma das frequências desse conjunto se torna igual à frequência fixa do diapasão. Em suma, o instrutor deve ajudar o estudante a construir por si a ideia de que ele ouvirá alternadamente um som mais e menos intenso à medida que a água entra no tubo. Vencido esse degrau, a questão da lavagem da garrafa, conhecida de muitos, pode ser reapresentada – *“Por que o som se torna mais agudo à medida que a água sobe?”*. Acreditamos que sempre é mais efetivo para o processo de aprendizado que o aluno construa (cientificamente) a sua resposta. Aqui o professor deve sutilmente sugerir que a queda desordenada do líquido dentro da garrafa produz um som diferente daquele do diapasão – trata-se de um “ruído branco”, contendo essencialmente todas as frequências. Deve-se guiar o aluno para utilizar o aprendizado da questão anterior sobre a variação da intensidade. Ele deveria compreender que das frequências produzidas pela queda d’água, aquelas iguais às frequências de ressonância do tubo têm sua intensidade amplificada. Assim, à medida que a água sobe, as frequências amplificadas assumem valores mais elevados. Consequentemente, ouvimos um som progressivamente mais agudo. Um diagrama contendo um eixo no qual estão marcadas as frequências de ressonância auxilia na explicação. Podemos mencionar que essas marcas correspondem às frequências que serão mais claramente ouvidas, por adquirirem maior amplitude. Quando a altura da água aumenta, as marcas a deslocam-se para valores mais elevados.

É importante observar que praticamente todas as questões podem ser interpretadas por alguns alunos de uma maneira diferente da imaginada pelo professor. Neste caso, alguns estudantes invocam o efeito Doppler relacionado com o movimento da interface água-ar para explicar um aumento na frequência do som. Evidentemente o efeito existe, mas não é o que o professor deseja que o aluno pratique naquele momento. Se o ponto surgir, o instrutor pode solicitar que se considere que velocidade da interface é muito pequena, ou mesmo que a interface é colocada, imóvel, em diferentes alturas. Evidentemente é importante ter enunciados claros e fazer o estudante tratar do tema pretendido. Todavia, a nossa experiência indica que não vale a pena alongar demasiadamente um enunciado para torná-lo imune a questionamentos, ou desvios. É mais produtivo que professor circule entre os grupos no período de discussão e, quando necessário, reorientar os esforços dos estudantes. Em casos excepcionais, o instrutor pode reexplicar um teste conceitual para toda a turma. Dessa forma, o estudante exercita a “musculatura cerebral” pretendida sem se embaraçar em enunciados longos e difíceis.

- **Teste conceitual 5**

Conteúdo:

Ondas, interferência, experiência de Young.

Duas fontes idênticas, em posições diferentes, produzem ondas periódicas na superfície da água. **Nos pontos onde há interferência construtiva , a água tem o tempo todo o deslocamento máximo?**

- a. Sim.
- b. Não.
- c. Depende da distância entre as fontes.
- d. Não sei.

Resposta correta:

b

Distribuição de respostas:

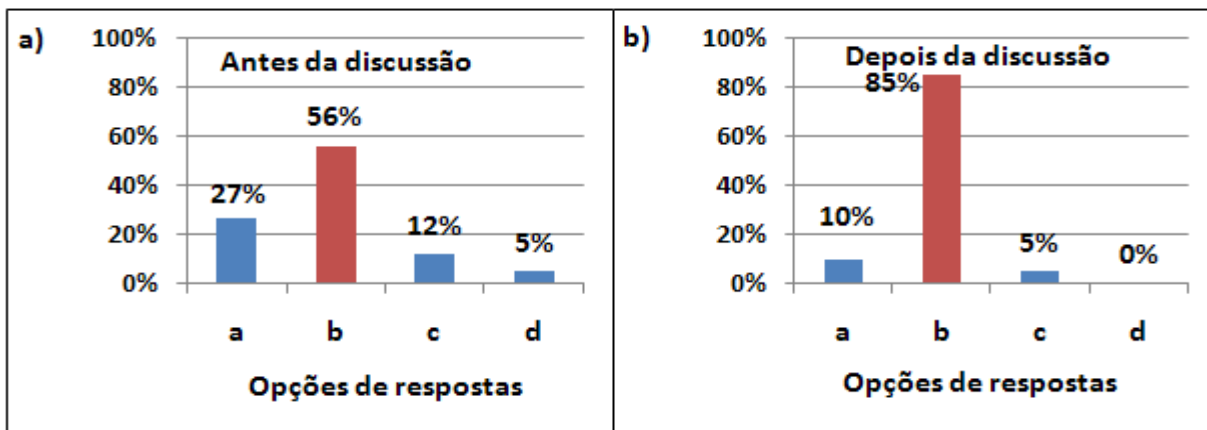


Gráfico 5.5: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Este teste conceitual é parte de uma preparação para o estudo de interferência com ondas eletromagnéticas, em especial para a discussão da experiência de Young. Antes dele foi apresentado um vídeo de uma experiência em uma cuba de ondas. Nela, duas pequenas esferas tocam simultânea e repetidamente a superfície da água, produzindo ondas circulares. Segue-se uma discussão, que inclui um teste conceitual, sobre a existência das “linhas nodais”, em cujos pontos a água permanece em repouso, devido à interferência destrutiva das ondas produzidas pelas duas esferas. Em sequência é introduzida a ideia de que há pontos onde essa interferência é construtiva. Nesse contexto é apresentada o teste conceitual acima. O seu objetivo é ajudar os alunos na compreensão da experiência de Young e de outras situações onde há superposição de várias ondas. É comum entre os estudantes acreditar nos pontos de intensidade máxima no experimento de Young há um campo elétrico comparativamente grande. Muitos não percebem que nesses pontos o campo oscila, com amplitude especialmente elevada, passando por instantes em que o seu módulo é alternadamente grande, pequeno, e mesmo nulo. Entre outras dificuldades, esse equívoco conceitual torna difícil o entendimento (e resolução) de quaisquer problemas envolvendo o cálculo da intensidade resultante da superposição de várias ondas. Em particular, torna-se difícil entender a

utilização do método de fasores nesses problemas. Isso requer que o estudante compreenda que, exceto nos pontos as ondas se cancelam completamente, há uma variação temporal do campo elétrico e que a amplitude dessa variação é que determina intensidade luminosa.

O resultado da primeira resposta (gráfico 5) mostra o equívoco mencionado acima, no contexto de ondas na água. Nesse caso, não se solicitou que os estudantes defendessem suas respostas. Partiu-se diretamente para discussão em grupo. O professor apenas sugeriu que o princípio da superposição e a dinâmica das ondas de cada esfera deveriam levar à resposta ao problema. Como sugere o resultado da segunda resposta, isso é suficiente para que os alunos tenham uma discussão profícua.

Para relacionar a experiência da cuba com a de Young, seguiu-se um teste conceitual onde o aluno deveria prever como variaria a amplitude de oscilação da água ao longo de uma linha paralela à linha definida pelas duas esferas que produziam as ondas na água.

- **Teste conceitual 6**

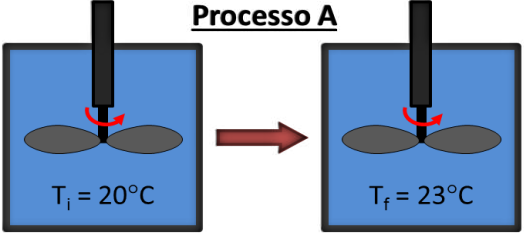
Conteúdo:

Termodinâmica, calor, trabalho e processos termodinâmicos.

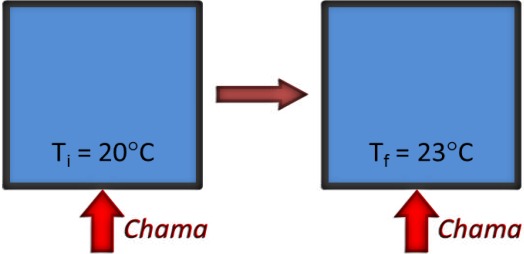
Considere os dois processos abaixo, nos quais uma mesma quantidade de água, inicialmente à 20°C , termina à 23°C .
Em qual deles o calor absorvido pela água é maior?

a. No processo **A**.
b. No processo **B**.
c. Igual nos dois.
d. Não sei.

Processo A



Processo B



Resposta correta:

b

Distribuição de respostas:

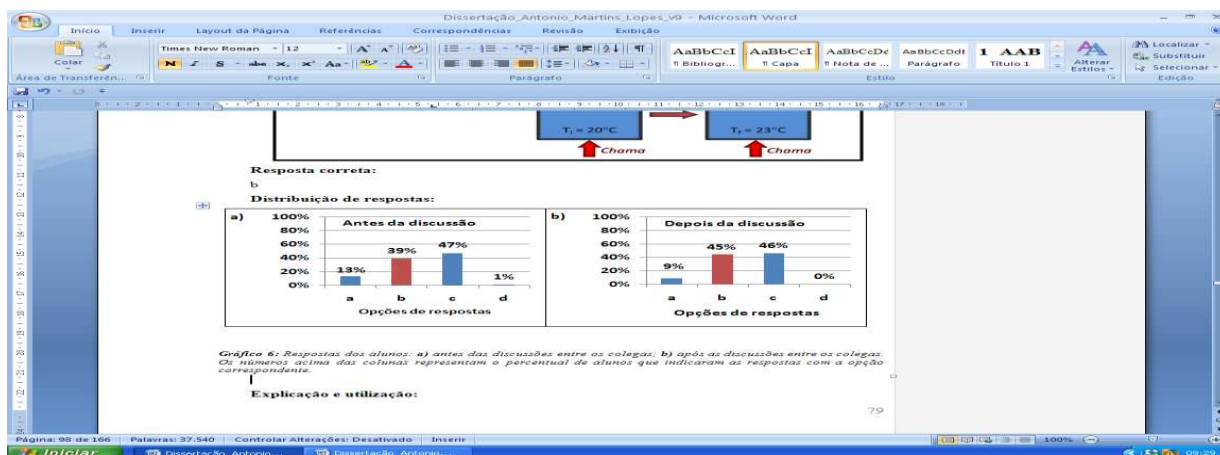


Gráfico 5.6: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Antecede este teste conceitual uma discussão sobre calor e trabalho como maneiras de um sistema trocar energia com a sua vizinhança. Os alunos enfrentam dificuldades em aplicar esses conceitos em processos específicos. Essa dificuldade fundamental leva a uma série de problemas mais adiante. Por exemplo, muitos alunos ao tentar calcular a eficiência de um ciclo, ou a variação de entropia num processo, não conseguem identificar em que etapas o sistema recebe, ou cede energia pela troca de calor. O teste conceitual 6 é um exemplo de uma série de questões que visam enfrentar esse problema na origem. O seu enunciado sintético é complementado oralmente pelo professor. Ele enfatiza que os estados iniciais e finais do sistema água são os mesmos nos dois processos. O professor explica que no processo A a água numa caixa de isopor é agitada por uma hélice, o que faz subir a sua temperatura. No processo B, a parede metálica do fundo da caixa é colocada em contato com uma chama, fazendo subir a temperatura da água. O enunciado por si só ajuda a tornar concretos alguns conceitos novos para o aluno como sistema, estado e processo.

Como se vê pela distribuição inicial das respostas no gráfico 6, 60% dos estudantes não consegue distinguir claramente calor e trabalho, mesmo tendo estudado o assunto e passado pela discussão desses conceitos em sala de aula. Cerca de metade dos alunos acredita que o calor absorvido pela água é igual nos dois processos. A interação do professor com os alunos na etapa de discussão em pequenos grupos revela que frequentemente essa resposta incorreta é justificada com base na equação $Q = mc \Delta T$. A distribuição de respostas final apresenta uma elevação pequena (6%) no número de respostas corretas. O argumento fundamentado na equação anterior em grande medida sobrevive à discussão entre alunos. No encerramento desse teste conceitual, o professor explica que essa equação não se aplica ao processo A. Essa relação, que define o calor específico, refere-se exclusivamente a processos nos quais uma amostra de uma substância recebe calor e em resposta a sua temperatura aumenta. O professor acrescenta que há processos, como as mudanças de fase, nos quais o sistema recebe calor, mas a sua temperatura não muda. Ele pode antecipar, deixando os detalhes para outra ocasião, que há também casos, como a compressão adiabática de um gás ideal, nos quais ocorre um aumento de temperatura, sem que haja troca de calor. Em ambos os casos, a referida equação não se aplica.

Uma vez mais, nota-se a tendência de se substituir entendimento e análise, pela mera aplicação de uma equação, no caso, fora do contexto apropriado. Um aspecto importante da Instrução pelos Colegas é a possibilidade de se detectar esse problema em ocorrências específicas e de se trabalhar repetidamente neles. Entretanto, como ilustra esse teste, levar o aluno a aperfeiçoar a sua abordagem dos problemas físicos é uma tarefa longa. Ela precisa ser repetida em circunstâncias diversas.

5.2 Questionários pré-aula

Como foi explicado anteriormente, o método Instrução pelos Colegas pressupõe que os alunos se preparem para cada aula, estudando antecipadamente os tópicos que serão cobertos nela. Os nossos resultados demonstram que questionários curtos (cerca de duas perguntas), com questões específicas e desafiadoras é um instrumento poderoso para promover esse estudo pré-aula. A seguir apresentados e discutidos alguns

questionários efetivos. Novamente as informações vêm de uma série de entrevistas com o professor Álvaro Neves, orientador deste trabalho.

- **Questão 1**

Conteúdo:

Ondas mecânicas, velocidade de propagação, ondas periódicas e ondas transversais numa corda.

Pergunta:

Por um lado, você estudou que a velocidade de propagação de uma onda transversal numa corda é determinada exclusivamente por propriedades do meio, isso é, da corda. Por outro lado, você viu que a velocidade de propagação de uma onda periódica é igual ao produto do seu comprimento de onda e da sua frequência. Ou seja, a velocidade é determinada por características da onda.

Como você pode explicar essa aparente contradição? Afinal, a velocidade de propagação de uma onda periódica transversal numa corda depende apenas do meio, ou do seu comprimento de onda e frequência? Explique a sua resposta.

Comentários:

Nesse ponto da disciplina, o aluno já estudou, porém não assimilou solidamente, o comportamento de uma onda progressiva e o significado da sua velocidade de propagação. A aula que se segue a este questionário inclui a dedução da velocidade de propagação de uma onda transversal numa corda elástica e o tratamento de onda periódica. Trata-se de uma pergunta difícil para a maioria dos alunos. A sua resposta não se encontra no livro-texto e tampouco pode ser respondida por meio de algebrismos. O aluno deverá ler mais de uma vez o material, refletindo sobre o seu significado. Esse é o objetivo central de todos os nossos questionários pré-aula. Os propósitos específicos desta questão são os seguintes. Almeja-se levar o aluno a examinar criticamente as deduções das expressões para a velocidade de propagação em função da frequência e do comprimento de onda e também como função da tração na corda e da sua densidade linear de massa. Além disso, ao refletir sobre o domínio de validade de cada expressão, ele será alertado para o fato de que nem toda onda é periódica. Note-se que a proposição da questão é vaga, no sentido de que ela menciona, mas não traz

explicitamente as equações para a velocidade de propagação. Esse expediente visa dirigir o aluno para o texto, para a localização e exame das relações mencionadas.

É sempre recomendável que o professor aborde explicitamente o questionário na aula que se segue a sua entrega. Nesse caso, ao fazê-lo ele deverá recapitular o domínio de validade das equações supracitadas para a velocidade de propagação, mostrando que ambas deveriam valer para uma onda periódica transversal que se propaga numa corda elástica. Alternativamente poderia se indagar sobre essa validade num teste conceitual, proposto depois da recapitulação. De todo modo, o professor deverá utilizar o conhecimento sobre a propagação de uma onda em uma dimensão para mostrar que as duas equações são corretas, para uma onda periódica transversal numa corda. Em particular, ele deverá mostrar que, dado um meio, a frequência e o comprimento de onda não são variáveis independentes. Em suma, na resposta à questão e na sua discussão, o professor pode levar o estudante a trabalhar concretamente com a essência da propagação ondulatória, com os conceitos de velocidade de propagação, comprimento de onda e frequência. Ademais, será reforçada a ideia de que nem toda onda é periódica, ou transversal.

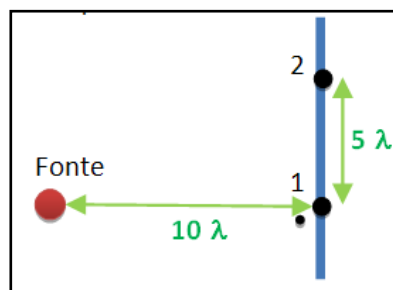
- **Questão 2**

Conteúdo:

Ondas eletromagnéticas, comprimento de ondas e diferença de fase.

Pergunta:

Uma fonte puntual emite luz monocromática com comprimento de onda λ , iluminando o anteparo à sua frente (vide a figura a seguir). As ondas eletromagnéticas produzidas nos pontos 1 e 2 do anteparo estão totalmente em fase, completamente fora de fase, ou numa situação intermediária? JUSTIFIQUE.



Comentários:

O questionário com esta pergunta antecedeu uma aula cujo conteúdo incluía a experiência de Young. O objetivo original da questão era chamar a atenção dos estudantes para a diferença de fase produzida pela diferença nos caminhos percorridos por dois feixes luminosos. Em particular, pretendíamos que o aluno tivesse que pensar sobre quais seriam os comprimentos relevantes no problema. Todavia, as respostas dos alunos revelaram muitos outros pontos importantes, que mereceram debate em sala de aula. Seguem algumas que exemplificam a maneira de pensar de uma fração substancial dos estudantes.

“As ondas chegam em fase, pois a diferença de caminho entre o ponto 1 e 2 é de 5λ , que é um múltiplo inteiro de λ .”

“No ponto 1, a onda chega em fase, pois a distância de 1 até a fonte é de 10λ , que é um múltiplo inteiro de λ , havendo interferência construtiva. Já no ponto 2, a onda chega num estado intermediário, pois a distancia da fonte até o ponto 2 é de $11,2\lambda$, que não é nem múltiplo inteiro nem semi-inteiro de λ .”

“Como não há fendas, só haverá um máximo (em fase) no ponto 1 com interferência construtiva. Em qualquer outro ponto a onda chega fora de fase, por que ...”

A primeira resposta mostra que, provavelmente por não terem compreendido o mecanismo pela qual se dá a defasagem entre as ondas, os alunos não puderam identificar o parâmetro determina a diferença de fase, a saber, a diferença das distâncias percorridas pelos dois raios. A segunda resposta trabalha com essas distâncias, porém o aluno acredita de a diferença de fase é um conceito absoluto, que se aplicaria a cada onda individualmente. Essa ideia aparece também na terceira resposta. Além disso, ela revela que o aluno não relaciona a interferência com a superposição de várias ondas num ponto.

Essa questão ilustra que os questionários pré-aula, além de promoverem o estudo antecipado, são instrumentos poderosos para sondar as concepções alternativas dos alunos. Ele permite ao professor identificar temas que devem ser abordados em classe.

6 CONCLUSÃO

O método tradicional de ensino, baseado em exposições do professor para uma audiência passiva, é o predominante no mundo. O seu insucesso está evidenciado na literatura científica e na vida de muitos estudantes e docentes. Os métodos ativos de ensino constituem uma alternativa viável. Eles visam envolver ativamente o aluno no processo de ensino-aprendizagem, levando-o, entre outras atividades, a discutir questões, formular hipóteses e solucionar problemas.

O *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas - IpC) é o método ativo mais conhecido e utilizado para aprimorar a qualidade do ensino, em especial das Ciências. O presente estudo propôs investigar o uso da IpC em uma disciplina introdutória de Física na UFV, nos sete períodos acadêmicos de 2011/2 até 2014/2.

Descrevemos neste estudo a experiência na UFV com o método IpC, ressaltando suas inovações, acertos e erros. Em especial, determinamos em que condições, e o quanto, essa metodologia é mais efetiva que o método tradicional. Essas comparações foram feitas de forma criteriosa, separando os alunos em grupos de acordo com o seu preparo acadêmico, utilizando para tanto a nota obtida no “Force Concept Inventory” (FCI) e em uma disciplina anterior de Física.

Os dois métodos didáticos avaliados foram utilizados simultaneamente em todos os semestres, em turmas distintas. Dessa forma, todos os discentes de cada semestre passaram pelas mesmas provas, que foram corrigidas de forma uniforme. As notas e o percentual de aprovação foram analisados estatisticamente dentro de grupos com preparo acadêmico equivalente.

Inferimos com os dados obtidos que, sem a utilização de questionários para reforçar o estudo pré-aula, o método IpC só fornece resultados em provas e índices de aprovação superiores aos do método tradicional para 10% dos estudantes, os com melhor preparo acadêmico. Para os outros 90%, as duas metodologias levam a resultados estatisticamente equivalentes. Por outro lado, concluímos que nas turmas do IpC onde o questionário pré-aula foi aplicado, o rendimento dos alunos em provas e seu índice de aprovação foram superiores aos das turmas tradicionais, em todos os grupos de preparo acadêmico.

Entretanto, acredita-se que esse sucesso tenha um custo – a IpC requer que o aluno devota tempo para se preparar para as aulas. Nós estudamos essa demanda de tempo por meio de questionários de avaliação respondidos pelos discentes. Os alunos declararam precisar de cerca de 5 horas para estudar antecipadamente o conteúdo de uma semana (duas aulas) e para responder aos questionários pré-aula associados. Somando esse tempo ao tempo em sala de aula (quatro horas) e ao tempo que os alunos declararam precisar para resolver a lista de problemas (cinco horas), obtêm-se um total de 14 horas semanais. Dessa forma, para cada hora na sala de aula, a metodologia IpC requer mais 2,5 horas de trabalho. Essa é a proporção considerada adequada na literatura. Em suma, o sucesso do método IpC requer que o aluno se prepare previamente para cada aula, porém a metodologia não requer mais tempo que o recomendado na literatura para disciplinas em geral.

Este estudo foi realizado em condições experimentais privilegiadas e algo singulares. Ele envolveu cerca de 3.000 alunos durante sete semestres acadêmicos. Diferentemente do que é comum na literatura, em cada semestre os dois métodos comparados foram utilizados simultaneamente em turmas distintas. Ademais, o estudo tratou de um corpo discente com um espectro de preparo acadêmico muito mais amplo do que estudado em outros trabalhos. Além disso, a pesquisa foi realizada em uma universidade brasileira.

Acreditamos que esta pesquisa irá facilitar o trabalho para outros profissionais na área da educação que queiram implantar a metodologia “Instrução pelos Colegas” na sua instituição. Este trabalho dimensiona os benefícios que se pode obter com a IpC, o tempo que ela demanda do aluno e sobretudo mostra a importância da preparação prévia para as aulas, particularmente por meio da utilização de questionários pré-aula. Além disso, acreditamos que o método de análise de dados utilizado aqui seja também uma contribuição relevante.

Esperamos que esta dissertação possa contribuir para aperfeiçoar o ensino de forma geral e fornecer subsídios para implantação e desenvolvimento de métodos de engajamento interativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANESE, M A.; MITCHELL, S. Problem-based learning: a review of literature on its outcomes and implementation issues. **Academic Medicine**, v. 68, p. 52-81, Jan.1993.

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem em física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362-384, ago. 2013.

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. 8. ed. Coleção didática. Florianópolis: EdUFSC, 2012. 315 p.

BARNES, L.B.; CHRISTENSEN, C.R.; HANSEN, A. Teaching and the case method. 3. ed. Boston MA, **Harvard Business School Press**. 1994. 333 p.

BARROS, J. A. *et al.* Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, são Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172004000100011&script=sci_artt_ext>. Acesso em: 27 out. 2015.

BENCKERT, S.; LUANGRATH, P.; PETTERSSON, S. On the Use of Two Versions of the Force Concept Inventory to Test Conceptual Understanding of Mechanics in Lao PDR. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 7, n. 2, p. 103-114, 2011.

BONWELL, C. C.; EISON, J. A. **Active learning: Creating excitement in the classroom**. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1. Washington, DC: ERIC Clearinghouse on Higher Education, The George Washington University, 1991. 121 p. Disponível em: <<http://eric.ed.gov/?id=ED336049>>. Acesso em: 7 nov. 2015.

BORREGO, M. *et al.* Faculty use of research based instructional strategies. In: **Proceedings of the Australasian Association for Engineering Education Conference 2011: Developing Engineers for Social Justice: Community Involvement, Ethics & Sustainability 5–7 December 2011**, Fremantle, Western Australia. Barton, ACT: Engineers Australia 2011: p. 448-453. 2011

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 6.ed. São Paulo: Saraiva. 2010. 526 p.

CAVALCANTE M. A.; *et al.* O ensino e aprendizagem de física no Século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 4, 4501, 2009.

CLUMP, M. A.; BAUER, H.; BRADLEY, C. “The extent to which psychology students read textbooks: A multiple class analysis of reading across the psychology curriculum.” **Journal of Instructional Psychology**, v. 31, n. 3, p. 227–232, 2004.

COVIÁN, E.; CELEMÍN, M. Diez años de evaluación de la enseñanza-aprendizaje de La mecánica de Newton en escuelas de ingeniería españolas. Rendimiento académico y presencia de preconceitos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 26, n. 1, p. 23-42, 2008.

CROUCH, C. H. *et al.* Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once. **Research-Based Reform of University Physics**, v. 1, n. 1, p. 40-95, 2007. Disponível em: <mazur.harvard.edu/sentFiles/Mazurpubs_537.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2015.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E., Peer Instruction: Ten years of experience and results. **Am. J. Phys.** v. 69, n. 9, September, 2001.

Di VESTA, F.; SMITH, D. The pausing principle: Increasing the efficiency of memory for ongoing events. **Contemporary Educational Psychology**, p. 288-296, v. 4, n. 3, 1979.

DINIZ, A. C. **Implementação do método *peer instruction* em aulas de física no ensino médio**. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Viçosa. 2015.

DUFRESNE, R.J. *et al.* Classtalk: a classroom communication system for active learning, **Journal of Computing in Higher Education**, v. 7, p. 3–47, 1996.

EQUIPE ESTATCAMP (2014). **Software Action**. Estatcamp-Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos - SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.portalaaction.com.br/>> Acesso em: 01 jan. 2014.

FAGEN, A. P. “**Assessing and enhancing the introductory science course in physics and biology: Peer instruction, classroom demonstrations, and genetics vocabulary**,” Ph.D. thesis, Harvard University (2003), and references therein. Harvard U. P., Cambridge, MA, p.186, 2003.

FAGEN, A. P.; CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: Results from a range of Classrooms. **Phys. Teach.**, v. 40, n. 4, p. 206-209, 2002. Disponível em: <<http://mazur.harvard.edu/publications.php?function=searchbyid&author=21>>. Acesso em: 29 nov. 2015.

FAGEN, A. P. *et al.* Factors That Make Peer Instruction Work: A 700-User Survey. In: **AAPT Winter Meeting**, 2000, Kissimmee, FL. The “Peer Instruction Implementation Survey”. Disponível em: <<http://galileo.harvard.edu/Plsurvey.html>>. Acesso em: 18 out. 2015.

FERNANDES S.; TALIM S. L. Tradução e Validação do Teste "Force Concept Inventory". In: **Anais do XVIII SNEF (Simpósio Nacional de ensino de Física)**, 2009.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. L. **Lectures on Physics**. v. 1. Reading Massachussts: Addison Wesley, 1963.

HAKE, R. R., Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **Am. J. Phys**, v. 66 n. 1, p. 64-74, 1998.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Tradução de José Paulo de Azevedo. 4. ed. V.2. Rio de Janeiro: LTC, 1996. 292 p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. V.2. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 312 p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 9. ed. V.4. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 420 p.

HALLOUN, I.; HESTENES, D.: 'The initial knowledge state of college physics students', **American Journal of Physics**, v. 53, n. 11, p. 1043-1055, 1985a.

HALLOUN, I.; HESTENES, D. Common sense concepts about motion, **American Journal of Physics**, v. 53 n. 11, p. 1056-1065, 1985b.

HAN, J. *et al.* Dividing the Force Concept Inventory into two equivalent half-length tests. **Phys. Rev. Sp. Top. - Phys. Ed. Res.**, v. 11, p. 010112-1 – 010112-9, 2015. Disponível em: <<http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.11.010112>>. Acesso em: 5 nov. 2015

HEINER, C.; BANET, A.; WIEMAN, C. **Preparing students for class: How to get 80% of students reading the textbook before class**. **American J. Physics**, v. 82, n. 10, p. 989-996, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1119/1.4895008>> . Acesso em: 5 Oct. 2015.

HENDERSON, C.; DANCY, M., The impact of physics education research on the teaching of introductory quantitative physics in the United States. **Physical Review Special Topics: Physics Education Research**, v. 5, n. 2, 020107, 2009.

HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics instruction. **American Journal of Physics**, v. 55, n. 5, p. 440-454, 1987.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. Force Concept Inventory. **Physics Teaching**. v. 30, p. 141–158, 1992.

HOELLWARTH, C.; MOELTER, M. J. The implications of a robust curriculum in introductory mechanics. **American Journal of Physics**, v. 79, n. 5, p. 540- 545, 2011. Disponível em: < http://www.researchgate.net/publication/258487749_The_implications_of_a_robust_curriculum_in_introductory_mechanics> Acesso em: 01 out. 2014.

JACKSON, J. _____ Disponível em: <<http://modeling.asu.edu/R&E/Research.html>>. 2015. Acesso 20 out. 2015

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística aplicada**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 637 p.

LASRY, N., **Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference?**, Phys. Teach v. 46, p. 242-244, 2008.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J., Peer instruction: From Harvard to the two-year college, **American Journal of Physics**. v. 76, n. 11, p. 1066-1069, 2008.

MACIA-BARBER, E.; HERNÁNDEZ, M. V.; MENÉNDEZ, J. **Cuestionario sobre el concepto de fuerza**. 1995. Disponível em: <<http://modeling.asu.edu/R&E/Research.html>> Acesso em 15 mar. 2008.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A User's Manual**. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997. 253 p.

MAZUR, E. *et al.* Conceptual question response times in Peer Instruction classrooms. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 10, p. 020113-1–020113-6, 2014.

MAZUR, E.; WATKINS, J. **Just-in-Time Teaching and Peer Instruction**. In: SIMKINS, S.; MAIER, M. (Eds.). **Just-In-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy Just-In-Time Teaching**. 1. ed. Sterling: Stylus Publishing, p. 39-62, 2010.

Mc TIGHE, J.; LYMAN, F.T. Cueing thinking in the classroom: The promise of theory-embedded tools. In A.L. Costa (Ed.) **Developing minds: A resource book for teaching thinking Rev. Ed.**, Vol.1 (pp. 243-250). Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development. 1988.

MICHAEL, J. Where's the evidence that active learning works?. **Advances in Physiology Education**, v. 30, n. 4, p. 159-167, 2006.

MIDDENDORF, J.; KALISH, A. The “change-up” in lectures, **The National Teaching & Learning Forum**, v.5, n. 2, p. 1-2, 1996.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 4. ed. Rio de Janeiro: (Gen) LCT, 2009. 490 p.

NOVAK, G. N.; PATTERSON, E.T.; GAVRIN, A.; Christian, W. **Just-in-Time Teaching: Blending active Learning and Web Technology**. Addison-Wesley, NY, 1999. 188 p.

OLIVEIRA, A. S., **Peer Instruction**. 2009. 44 f. monografia (Licenciatura plena em Física) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009.

PODOLEFSKY, N.; FINKELSTEIN, N. "The perceived value of college physics textbooks: Students and instructors may not see eye to eye," **Phys. Teach.** v. 44, n. 6, p. 338–342, 2006.

PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. **Journal of engineering education**, v. 93, n.3, p. 223-231, 2004.

ROWE, M.B. The pausing principle-Two invitations to inquiry. **Journal of College Science Teaching**, v. 5, n. 4, p. 258-259, 1976.

RUHL, K. L.; HUGHES, C. A.; SCHLOSS, P. J. Using the pause procedure to enhance lecture recall. **Education and Special Education**, v. 10, p. 14-18, 1987.

SANTOS, Z. O. **A utilização da metodologia da Instrução pelos Colegas na aprendizagem do conceito de força em turmas das áreas de ciências exatas e engenharia.** Itajubá. 2015. 179 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2015.

SCHELL, J. **Turn to Your Neighbor. The Official Peer Instruction Blog.** 2015. Disponível em:< <http://blog.peerinstruction.net/>>. Acesso em: 29 de nov. 2015.

STELZER, T *et al.* Comparing the efficacy of multimedia modules with traditional textbooks for learning introductory physics content. **Am. J. Phys**, v. 77, n. 2, p. 184–190, 2009.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística: Atualização da tecnologia.** 11. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 707 p.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II: termodinâmica e ondas.** 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2008. 325 p.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV: óptica e Física Moderna.** 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2009. 411p.

ANEXO A - PLANO DE ENSINO DA DISCIPLINA

Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Física

Plano de Ensino: Física 2 (FIS202) - 2014/2

Professores: Álvaro Neves (coordenador, turma 4), Alvaro Vianna(turmas 5 e 6), Joaquim Mendes (turma 3) e Luciano Moura (turmas 2 e 8).

Livro-texto:

Halliday, Resnick e Walker, “*Fundamentos de Física*”, vols. 2 e 4, 9ª e 4ª edições, Rio de Janeiro, LTC.

Leituras complementares (optativas):

Young, Freedman, Sears e Zemansky “*Física II*” e “*Física IV*”, São Paulo, Pearson, 2008.
Feynman, Leighton e Sands, “*Lectures on Physics*”, vol. I, Reading, Addison Wesley, 1964.

Programa:

	Tópico	Capítulo	Prova	Problemas sugeridos (9ª edição)
1	Fluidos	14 (vol. 2)	P1	1,5,7,15,17,19,24,27,29,35,41,47,49,51,53,58,62,63,65,67,71,83.
2	Ondas I	16 (vol. 2)	P1	5,9,11,17,23,25,29,30,35,36,37,45,48,49,53,55,68,83.
3	Ondas II	17 (vol. 2)	P1	2,7,9,11,14,16,17,19,22,25,29,36,38,43,49,47,51,53,55,57,59,65,83.
4	Ondas Eletromagnéticas	33 (vol. 4)	P2	3,20,24,33,35,37,43,45,49,53,57,59,65,70,74,79,83,92
5	Imagens	34 (vol. 4)	P2	1,5,102,104,112
6	Interferência	35 (vol. 4)	P2	3,5,13,17,21,23,29,31,32,35,38,54,69,72,75,84,89,91,96
7	Difração	36 (vol. 4)	P2	4,8,10,15,16,17,37,39,43,44,49,52,81,84,91
8	Temperatura, Calor e a 1ª Lei	18 (vol. 2)	P3	2,3,5,8,9,15,17,19,21,22,23,25,29,31,35,37,43,47,49,51,54,57,59,62,63,64,69,75,89. Perguntas: 4,5,9.
9	Teoria Cinética dos Gases	19 (vol. 2)	P3	3,5,7,11,12,13,17,21,23,27,43,45,47,51,53,55,58,59,60,61,63,69,75,81,87. Perguntas: 1,5.
10	Entropia e 2a Lei da Termodinâmica ** 4ª edição **	22 (vol. 2) 4ª edição	P3	1,4,5,6,11,15,24,30,32,36,34,37,39,40,41,44,47,51, 52,53. 4ª edição

Sistema de avaliação:

- Três provas de igual valor (28, total de 84 pontos) e três testes (T1 5, T2 5 e T3 6, total 16 pontos).
- As provas terão tipicamente quatro questões (qualitativas e quantitativas). No PVA.net há amostras delas.
- Os testes serão realizados no horário de aula. Usualmente eles consistirão de uma questão simples, cobrando um estudo preliminar do conteúdo. Normalmente a matéria

será aquela lecionada desde a última avaliação, até a da aula anterior à do teste. As turmas 2, 4, 5, 6 e 8 (*Peer Instruction*) terão combinações particulares para os testes.

- Em todas as avaliações o aluno deverá trazer a sua carteira da UFV, ou um documento oficial com foto.
- Não haverá prova ou teste de reposição, exceto nos casos em que a Pró-reitoria de Ensino (PRE) determinar. Esteja atento para o prazo de requerimento de reposição de avaliação da PRE. **As provas de reposição serão todas no dia 11/12 às 12h, na secretaria do Departamento de Física.**
- Para ter direito ao exame final o aluno deve ter nota de 40 a 59 pontos. Esse exame cobrirá apenas a matéria correspondente à prova na qual o aluno obteve a sua menor nota. Esse exame se tornará uma “prova substitutiva”, substituindo a menor nota nas provas regulares, caso isso seja vantajoso para o estudante.
- Datas de provas: P1 (22/9 às 20h30), P2 (5/11 às 18h20), P3 (8/12 às 20h30). O local e a data do exame final serão divulgados oportunamente pelo Registro Escolar.

Recomendações gerais:

- É essencial que o estudante resolva no mínimo os problemas sugeridos (nota: ver resolvido $\neq$ resolver). “Estudar Física sem resolver problemas é como tentar aprender a andar de bicicleta lendo um livro sobre o assunto”.
- Dois monitores trabalharão no auxílio aos alunos. Os horários e locais de atendimento serão em breve divulgados no PVAnet e afixados na Secretaria do Departamento de Física.
- Todos os assuntos relativos ao curso, como uma eventual alteração na data de um teste, serão resolvidos na sala de aula. Cabe aos ausentes a responsabilidade de se informarem.
- O PVAnet e o Sapiens serão importantes meios de comunicação dos professores com os estudantes. Certifique-se de que o seu email está atualizado nesses sistemas. Consulte regularmente a página do curso.
- Para as turmas 2, 4, 5, 6 e 8 (método *Peer Instruction*) valem normas e recomendações adicionais que serão comunicadas pelos professores.

ANEXO B - EXEMPLOS DE PROVAS

1ª PROVA

Departamento de Física - UFV

Assinatura:

Matrícula:

()T1 Oswaldo Del Cima (3ª 10h)	()T2 Luciano Moura (2ª 10h)	()T3 Helder Moreira (4ª 14h)
()T4 Álvaro Neves (3ª 14h)	()T5 Luciano Moura (2ª 8h)	()T6 Álvaro Neves (3ª 8h)
()T7 Oswaldo Del Cima (3ª 18h30)		

Prova 1 – Física 2 (FIS 202) – 24/4/2014

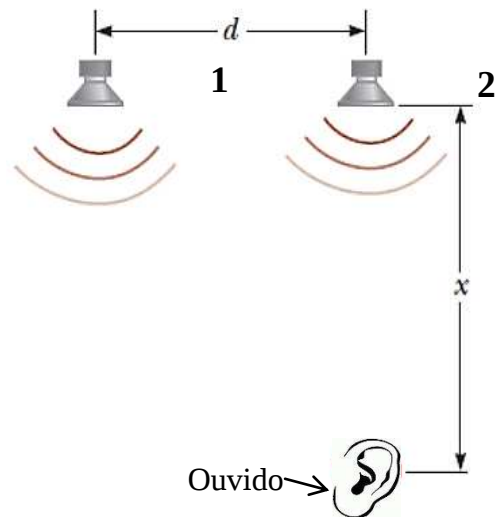
Resolva as quatro questões abaixo. Explique seu raciocínio e apresente os seus cálculos.

$p = p_o + \rho gh$	$T = 1/f$	$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{const}$
$R = Av = \text{const}$	$P = F / A$	$v = \lambda f$
$k = \frac{2\pi}{\lambda}$	$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$	$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$
$f = \frac{v}{2L} n, n = 1, 2, 3, \dots$	$\frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2}$	<i>Dist. entre nós: $\lambda/2$ Dist. nó-ventre: $\lambda/4$</i>

- 1) Explique qualitativamente (sem cálculos) porque ocorre o efeito Doppler quando a fonte se move no ar, na direção de um detector parado em relação ao ar. Em outras palavras, construa um argumento qualitativo lógico, baseado no seu conhecimento sobre o som, para demonstrar que o efeito Doppler acontece. NÃO EXCEDA O ESPAÇO ABAIXO.

- 2) Em um laboratório para experimentos de acústica, um estudante resolve verificar o princípio de superposição para ondas longitudinais. Como mostra a figura, ele posicionou dois alto-falantes idênticos, que emitem sons totalmente fora de fase, separados de uma distância $d = 3 \text{ m}$. Então, o estudante se colocou a uma distância $x = 4 \text{ m}$ na frente do alto-falante 2 e ajustou a potência do alto-falante 1 para que as intensidades $I_1 = I_2$ no ponto onde se encontra o ouvido do estudante. Além disso, no laboratório não há reflexão de som e ele se propaga com velocidade de 350 m/s .

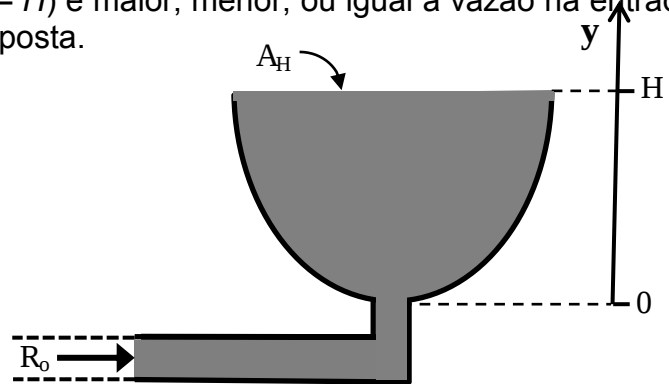
- a) Quando os dois alto-falantes emitem ondas numa frequência de 700 Hz , o estudante ouve um som mais intenso do que se houvesse apenas um dos alto-falantes? Justifique sua resposta.



- b) Se o alto-falante da direita emitir um som de 701 Hz , enquanto o da esquerda emite 700 Hz , o que será ouvido pelo estudante? Em alguns momentos, o som terá intensidade nula? Justifique.

- 3) Num processo industrial um líquido é injetado num fino cano horizontal com uma vazão R_o . Como mostra a figura, esse cano está conectado à tubulação vertical, que está aberta no topo para a atmosfera. A área da seção reta desse trecho vertical aumenta linearmente com a altura (y), partindo de um valor desprezível, na altura $y = 0$, até um valor A_H , na altura $y = H$.

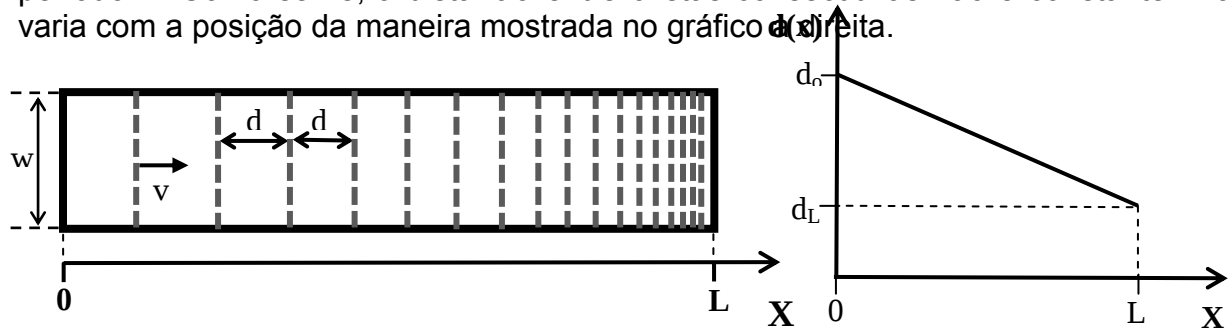
- a) A vazão no topo da tubulação ($y = H$) é maior, menor, ou igual à vazão na entrada do cano fino? Justifique a sua resposta.



- b) Calcule a pressão nos pontos da tubulação vertical em função da altura y , da densidade do fluido (ρ), da pressão atmosférica (p_o), de R_o , H , A_H e da aceleração local da gravidade (g).

- c) **Item opcional** (bônus de até 20% do valor da questão). Calcule em que altura da tubulação vertical, isso é, em que valor de y a pressão assume o seu maior valor.

- 4) Um canal de irrigação com comprimento L e largura w foi construído com uma profundidade constante h_0 . Entretanto, a profundidade foi consideravelmente diminuída pelo acúmulo de terra trazida pela chuva (açoreamento). Você é o líder da equipe encarregada da dragagem do canal (remoção da terra no fundo). A figura abaixo, a esquerda, representa uma fotografia aérea dele. As linhas verticais tracejadas são as cristas de uma onda superficial que se propaga para a direita. Ela foi produzida na extremidade esquerda do canal ($x = 0$), batendo-se na água com um período T . Como se vê, a distância entre cristas consecutivas não é constante. Ela varia com a posição da maneira mostrada no gráfico $d(x)$ à direita.



No planejamento da operação de dragagem você deve executar as tarefas abaixo. É importante saber que a velocidade de propagação de ondas superficiais em águas rasas é dada por $v = \sqrt{g h}$, onde h é a profundidade e g a aceleração da gravidade. Além disso, o período da onda é o mesmo em todos os pontos do canal.

Todas as respostas devem estar em função de g , T , L , w , h_0 , d_L e d_0 .

- Calcule a profundidade do ponto mais fundo do canal açoreado.
- Calcule a espessura da lâmina de terra acumulada ao longo do canal como função da posição (x) e dos dados mencionados acima.
- Item opcional** (bônus de até 50% do valor da questão). Calcule o volume total de terra acumulada no fundo do canal em função dos dados mencionados. Não é necessário finalizar o cálculo. Basta chegar numa expressão matemática explícita.

2ª PROVA

Departamento de Física - UFV

Assinatura:

Matrícula:

() T1 Oswaldo Del Cima (3ª 10h)	() T2 Luciano Moura (2ª 10h)	() T3 Helder Moreira (4ª 14h)
() T4 Álvaro Neves (3ª 14h)	() T5 Luciano Moura (2ª 8h)	() T6 Álvaro Neves (3ª 8h)
() T7 Oswaldo Del Cima (3ª 18h30)		

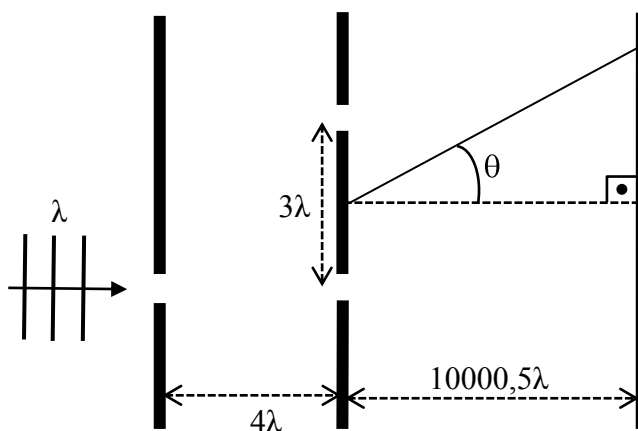
Prova 2 – Física 2 (FIS 202) – 10/5/2014

Resolva as quatro questões abaixo. Explique seu raciocínio e apresente os seus cálculos.

$\lambda_a = \frac{n_b \lambda_b}{n_a}$	$n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b$	$\sin \theta_c = \frac{n_b}{n_a}$
$\theta_a = \theta_b$	$I = I_o \cos^2 \theta$	$I = \frac{1}{2} I_o$
$\phi = \frac{2\pi \Delta L}{\lambda}$	$d \sin \theta = m \lambda, m = 0, 1, 2, \dots$	$d \sin \theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda, m = 0, 1, 2, \dots$
$n = \frac{c}{v}$	$\alpha = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$	$I = I_m \left[\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right]^2$
$\Delta L = d \sin \theta$	$I = \frac{1}{2} c \epsilon_o E^2$	$a \sin \theta = m \lambda, m = 1, 2, \dots$

- 1) Na experiência de Young usualmente a fenda simples está a uma mesma distância das outras fendas. A figura abaixo mostra um experimento modificado, no qual a fenda simples está alinhada com a fenda inferior.

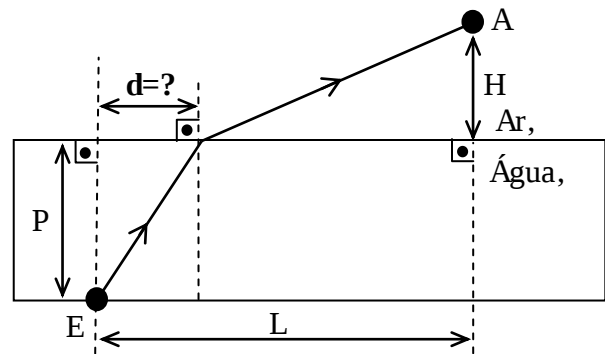
- a) Em relação ao experimento de Young usual, qual é a consequência desta alteração para a figura de interferência formada no anteparo? Explique ainda se teremos uma intensidade máxima no ponto central ($\theta=0^\circ$) do anteparo. *OBS: Note que a figura traz as dimensões do aparato experimental.*



- b) Se o experimento usual for realizado primeiro com fenda dupla de largura $a = 0,01\lambda$ e depois com largura $a = 10\lambda$, que diferenças você espera nos padrões de interferência desses dois casos? Basta mencionar, não é necessário justificar. *Não exceda o espaço abaixo.*

- 2) Você está participando do projeto de um sistema de comunicação óptica (com luz) entre uma estação de pesquisa submarina e um avião de apoio. Como mostra a figura abaixo, na operação do sistema um raio de luz emitido pela estação (E) deve atingir o avião (A).

- a) Para que o raio de luz chegue ao avião, a que distância horizontal d (figura) da estação o raio de luz deve atingir a superfície da água? Você deve chegar numa equação cuja resolução forneça d , em função da profundidade da estação (P), da altitude do avião (H), da distância horizontal entre a estação e o avião (L) e do índice de refração da água (n). *Não é necessário resolver a equação obtida.*



- b) No item anterior você descobriu como a estação deve orientar o feixe de luz para que ele atinja o avião. Haveria algum problema se nessa orientação o ângulo de incidência do raio na superfície da água fosse maior que o ângulo crítico? Justifique.

3) Seguem duas questões de múltipla escolha. Basta assinalar a alternativa correta. Não é preciso justificar.

I) Considere uma rede de difração com um grande número de ranhuras muito estreitas e o seu padrão de difração. Se trocarmos essa rede por outra com um número maior de ranhuras, com o mesmo espaçamento da rede inicial, é correto afirmar que

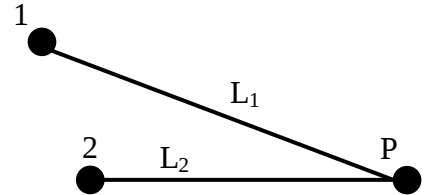
- a) aparecerão novas linhas (máximos principais) de difração.
- b) desaparecerão algumas das linhas (máximos principais) de difração.
- c) a intensidade do máximo central aumentará.
- d) a larguras das linhas irá aumentar.
- e) a intensidade da linha central será maior que a das demais.

II) Qual das afirmativas abaixo é incorreta?

- a) O raio incidente, o refletido e o refratado na interface entre dois meios podem não estar no mesmo plano.
- b) Em um meio com índice de refração maior, a velocidade de propagação da luz é necessariamente menor.
- c) Na experiência de Young (fenda dupla) as intensidades dos máximos de interferência podem ser diferentes.
- d) Em um feixe de luz totalmente polarizado o campo magnético tem a mesma direção em todos os pontos.
- e) Se a intensidade de um feixe de luz não diminui ao atravessar um polarizador ideal, podemos ter certeza de que a luz incidente é totalmente polarizada.

- 4) Os lasers 1 e 2 mostrados na figura emitem em fase luz com comprimento de onda λ , polarizada na direção normal (perpendicular) ao plano desta página. Os feixes emitidos se cruzam no ponto P, que dista L_1 e L_2 dos lasers 1 e 2, respectivamente.

- a) O laser 1 produz em P um campo elétrico que varia no tempo de acordo com a expressão $E_1(t) = E_o \cos(\omega t)$, onde E_o e ω são constantes. Sabendo que a intensidade produzida individualmente em P pelo laser 2 é quádruplo da produzida pelo laser 1, obtenha uma expressão para o campo elétrico produzido pelo laser 2 no ponto P. Ela deve estar em função de E_o , ω , t , L_1 , L_2 e λ .



- b) Utilize o método de fasores para calcular a intensidade luminosa produzida conjuntamente pelas duas fontes em P. A sua resposta deve estar em função de L_1 , L_2 , λ e da intensidade produzida individualmente em P pelo laser 1 (I_1).

3ª PROVA
Departamento de Física - UFV

Assinatura:

Matrícula:

() T1 Oswaldo Del Cima (3ª 10h)	() T2 Luciano Moura (2ª 10h)	() T3 Helder Moreira (4ª 14h)
() T4 Álvaro Neves (3ª 14h)	() T5 Luciano Moura (2ª 8h)	() T6 Álvaro Neves (3ª 8h)
() T7 Oswaldo Del Cima (3ª 18h30min)		

Prova 3 – Física 2 (FIS 202) – 17/7/2014

Resolva as quatro questões abaixo. Explique seu raciocínio e apresente os seus cálculos.

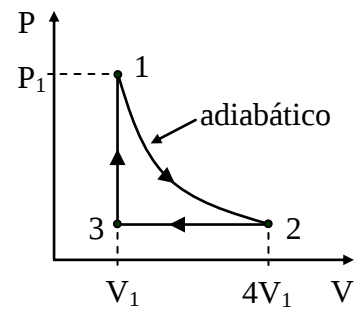
$\Delta E_{int} = Q - W$	$pV = nRT$	$pV^\gamma = const$	$\gamma = c_p/c_v$
$W = \int p dV$	$dS = \frac{dQ}{T}$	$dQ = m c dT$	$\Delta E_{int} = n C_v \Delta T$
$K = \frac{ Q_c }{W}$	$e = \frac{ W }{ Q_H }$	$e_c = 1 - \frac{T_c}{T_H}$	$E_{int} = \frac{3}{2} nRT$
$c_v = \frac{3}{2} R$	$c_p = \frac{5}{2} R$	$c = \frac{1}{n} \frac{dQ}{dT}$	$H = \frac{dQ}{dt} = kA \frac{T_H - T_c}{L}$

1) Examine as afirmativas abaixo.

- I. Há um limite para a eficiência de qualquer máquina térmica real: a eficiência máxima é 1.
- II. Num processo cíclico são nulos: o calor total recebido pelo sistema, a variação da sua energia interna e a variação da sua entropia.
- III. Na expansão isotérmica de um gás ideal ele ganha energia trocando calor e perde energia realizando trabalho.
- IV. Um sistema termodinâmico pode passar por um processo no qual a sua entropia diminui.
- V. Um refrigerador necessariamente tem um coeficiente de desempenho maior que 1.
- VI. Numa expansão muito rápida, a temperatura de um gás ideal diminui.
- VII. Uma molécula diatômica tem 3 graus de liberdade de translação e 2 de rotação.
- VIII. Ao se aquecer uma barra metálica, o aumento do seu comprimento depende do coeficiente de dilatação do metal, mas não do seu comprimento inicial.
- IX. A eficiência de qualquer máquina térmica operando entre as temperaturas absolutas T_H e T_C é dada por $1 - T_C/T_H$.
- X. Considerando dois blocos de alumínio em temperaturas diferentes, é correto afirmar que o mais quente possui mais calor.

Quais das afirmativas são corretas? Basta mencionar. Não é necessário justificar.

2) n mols de um gás ideal monoatômico passam pelo ciclo reversível mostrado na figura ao lado, envolvendo etapas adiabática, isobárica e isocórica. Expressando todas as suas respostas em termos (no máximo) de n , P_1 , V_1 , T_1 e constantes, faça o que se pede:



a) Determine a pressão e a temperatura nos pontos 2 e 3.

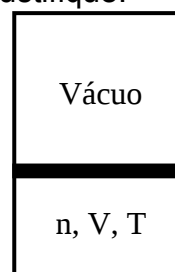
b) Calcule o rendimento de uma máquina térmica operando segundo esse ciclo.

c) Calcule a variação da entropia do gás no processo isobárico.

d) Qual é a variação da entropia do gás no processo todo (ciclo)? Justifique a sua resposta.

- 3) Um cilindro de aço tem dois compartimentos. Um deles, com volume V , é ocupado por n mols de um gás ideal monoatômico numa temperatura T , como mostra a figura abaixo. O outro compartimento está sob vácuo. Quando a divisória entre eles é removida, o gás rapidamente expande, alcançando um novo estado de equilíbrio, com volume $3V$. Faça o que se pede, fornecendo as suas respostas (no máximo) em função de n , V e T .

a) Qual foi o trabalho realizado pelo gás e o calor recebido por ele. Justifique.



b) Calcule a variação da energia interna e da temperatura do gás.

c) Calcule a variação da entropia do sistema e da sua vizinhança. Explique o seu procedimento.

d) Considere agora o processo inverso ao descrito na questão. Com base nos valores obtidos no item c, o que a segunda lei da termodinâmica tem a dizer sobre esse processo inverso?

4) Um cliente precisa instalar um aparelho de ar condicionado no escritório e necessita da sua consultoria para dimensioná-lo corretamente. A temperatura da sala deverá ser mantida em 20°C . O escritório tem uma parede externa com área de 36 m^2 . As outras paredes, o teto e o piso dão para ambientes mantidos a 20°C , por outros aparelhos de ar condicionado. A resistência térmica (razão entre a espessura e a condutividade térmica) das paredes é de $0,2\text{ m}^2\text{K/W}$. Supõe-se que nos dias mais quentes a temperatura no exterior do prédio será de 35°C .

a) Com base nas informações acima, estime a taxa com a qual o ar condicionado deve ser capaz de retirar calor do interior do escritório.

b) Supondo que o coeficiente de desempenho do aparelho de ar condicionado seja 3, estime a potência (taxa de realização de trabalho) do aparelho do seu cliente.

ANEXO C - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Pergunta 1: *Tipicamente, de quanto tempo de trabalho você precisa para se preparar adequadamente para uma aula (estudo e questionário)?*

- a)** *Menos de meia hora.*
- b)** *Meia hora a uma hora.*
- c)** *Uma hora e meia a duas horas.*
- d)** *Duas horas a duas horas e meia.*
- e)** *Duas horas e meia a três horas.*
- f)** *Mais de três horas.*
- g)** *Não sei.*

Pergunta 2: *Em média, de quanto tempo você precisa para responder ao questionário, sem contar o tempo de estudo?*

- a)** *Menos de 15 minutos.*
- b)** *15 a 30 minutos.*
- c)** *30 a 45 minutos.*
- d)** *45 a 60 minutos.*
- e)** *60 a 75 minutos.*
- f)** *75 a 90 minutos.*
- g)** *Mais de 90 minutos*
- h)** *Não sei.*

Pergunta 3: *Em média, de quanto tempo você precisa para estudar adequadamente para uma aula (sem contar responder ao questionário)?*

- a)** *Menos de meia hora.*
- b)** *Meia hora à uma hora.*
- c)** *Uma hora e meia a duas horas.*
- d)** *Duas horas a duas horas e meia.*
- e)** *Duas horas e meia a três horas.*
- f)** *Mais de três horas.*
- g)** *Não sei.*

Pergunta 4: Em média, de quanto tempo por semana você precisava para resolver os problemas indicados do livro?

- a) Menos de uma hora.
- b) Uma hora e meia a duas horas.
- c) Duas horas a duas horas e meia.
- d) Duas horas e meia a três horas.
- e) De três horas a três horas e meia.
- f) Mais de três horas e meia a quatro horas
- g) Mais de quatro horas.
- h) Não sei.

Pergunta 5: Comparado com a metodologia tradicional, o Peer Instruction foi para mim?

- a) Muito vantajoso.
- b) Vantajoso.
- c) Neutro / não sei.
- d) Desvantajoso.
- e) Muito desvantajoso.

Pergunta 6: As questões e as discussões em sala de aula ajudaram na compreensão da matéria?

- a) Sempre / quase sempre.
- b) Muitas vezes.
- c) Poucas vezes.
- d) Nunca / quase nunca.

Pergunta 7: O estudo prévio ajudou na compreensão da matéria?

- a) Sempre / quase sempre.
- b) Muitas vezes.
- c) Poucas vezes.
- d) Nunca / quase nunca.

Pergunta 8: Os questionários pré-aula ajudaram na compreensão da matéria?

- a) *Sempre / quase sempre.*
- b) *Muitas vezes.*
- c) *Poucas vezes.*
- d) *Nunca / quase nunca.*

Pergunta 9: *Se no próximo semestre você fosse fazer outra disciplina de Física, você optaria por utilizar o Instrução pelos Colegas?*

- a) *Sim.*
- b) *Não.*
- c) *Não estou certo.*
- d) *Tanto faz, sou indiferente.*
- e) *Não sei.*

APÊNDICE A - RESULTADOS POR SEMESTRE

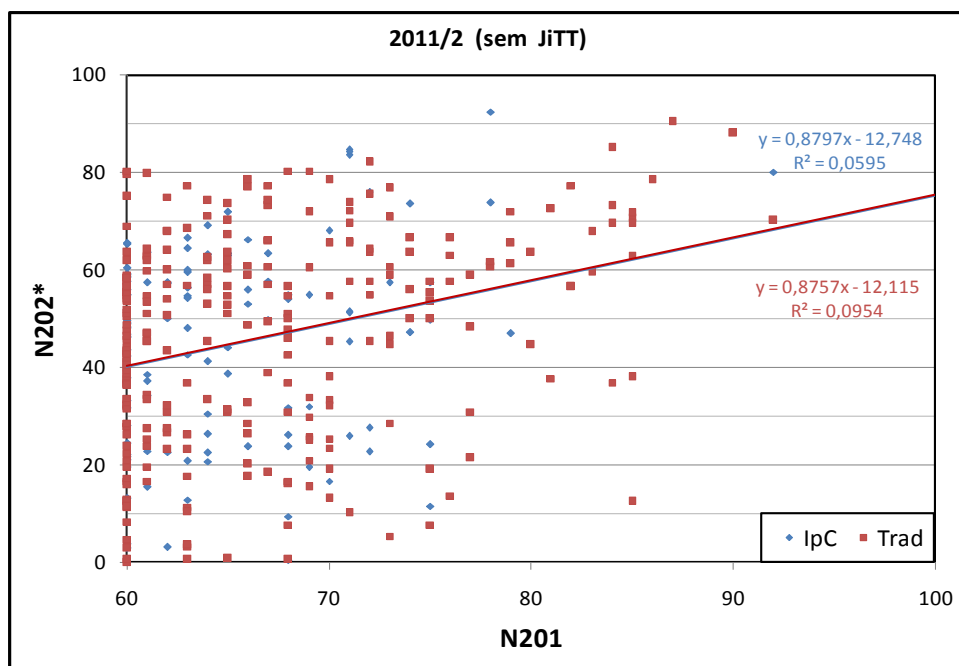


Gráfico A.1: Resultados referentes ao período de 2011/2. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

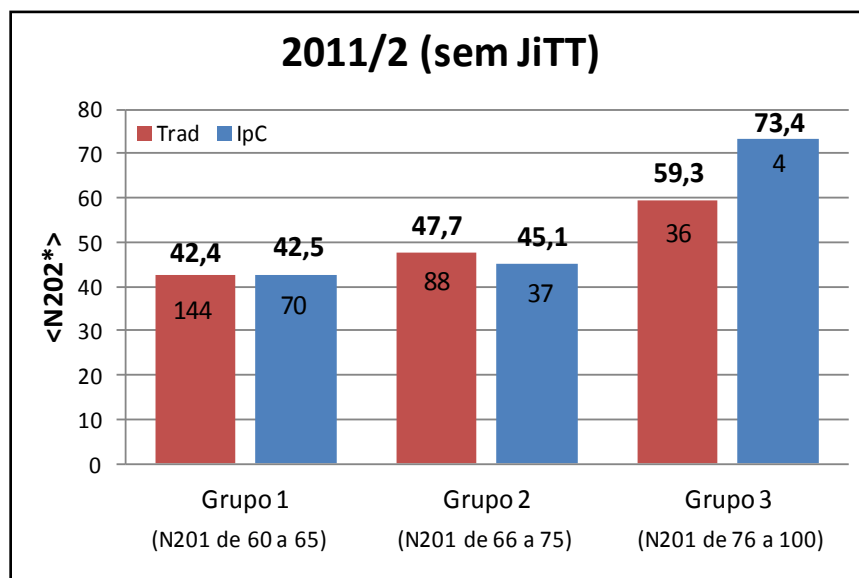


Gráfico A.2: Resultados obtidos durante o período de 2011/2. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. *Valor-p*: grupo 1 = 0,48; grupo 2 = 0,28; grupo 3 = 0,09.

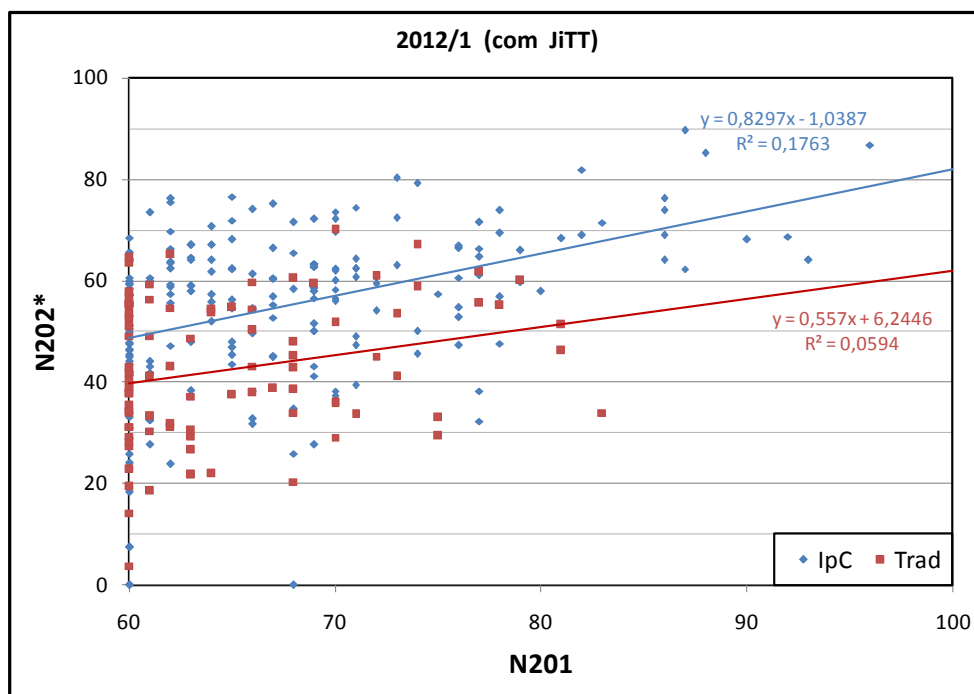


Gráfico A.3: Resultados referentes ao período de 2012/1. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

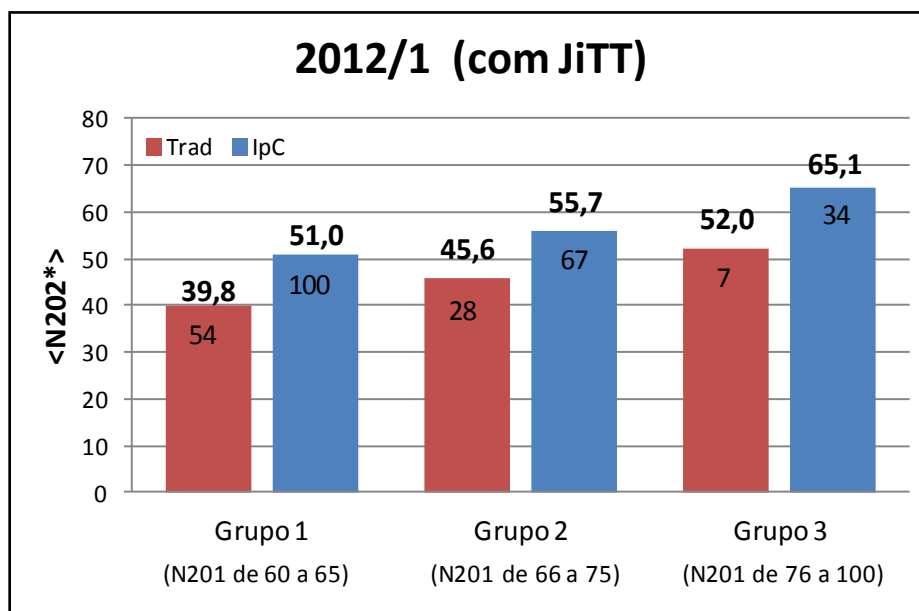


Gráfico A.4: Resultados obtidos durante o período de 2012/1. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = $9,28 \times 10^{-6}$; grupo 2 = $5,63 \times 10^{-4}$; grupo 3 = $4,97 \times 10^{-3}$.

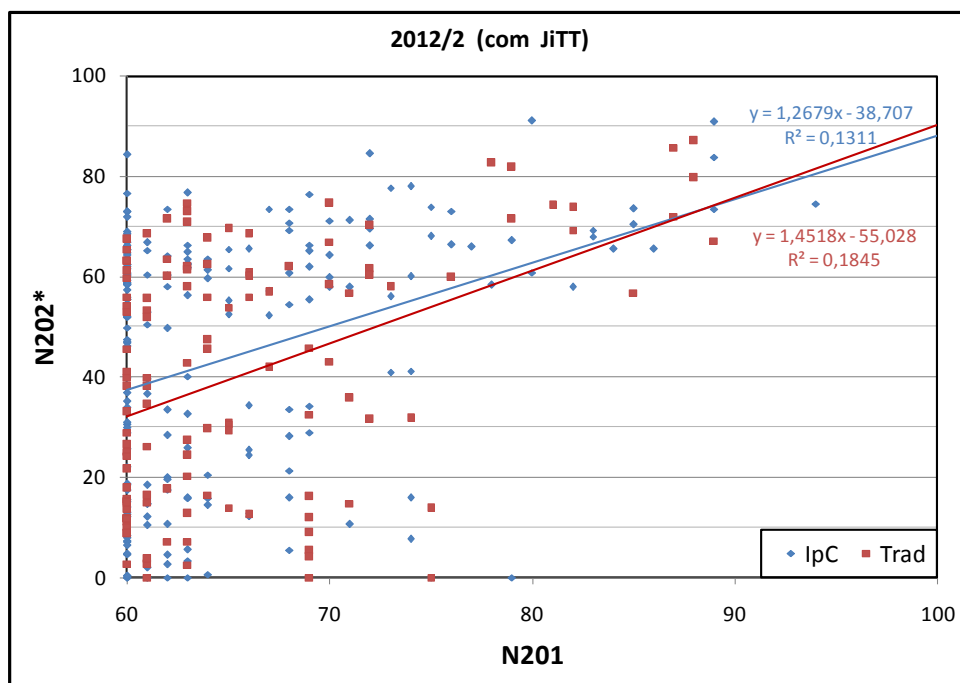


Gráfico A.5: Resultados referentes ao período de 2012/2. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

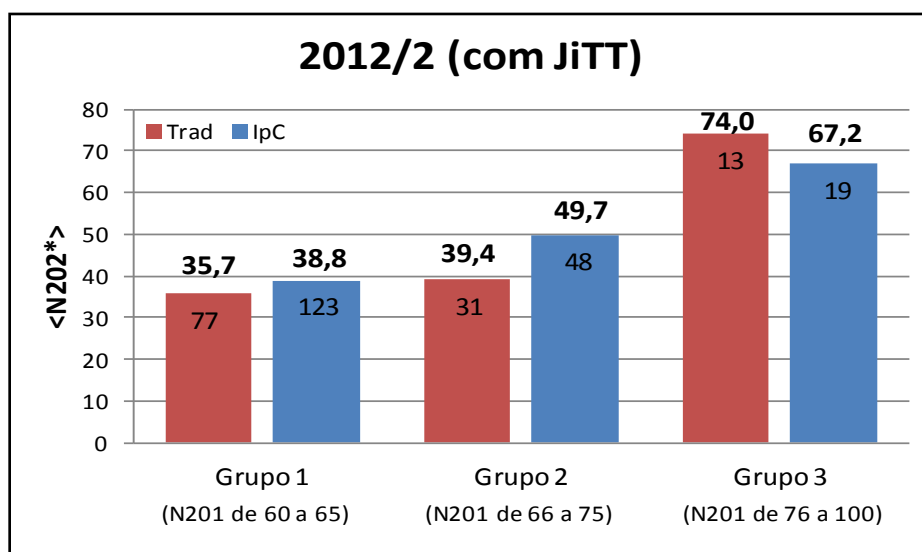


Gráfico A.6: Resultados obtidos durante o período de 2012/2. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média $\langle N202^* \rangle$ obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. *Valor-p*: grupo 1 = 0,18; grupo 2 = 0,03; grupo 3 = 0,09.

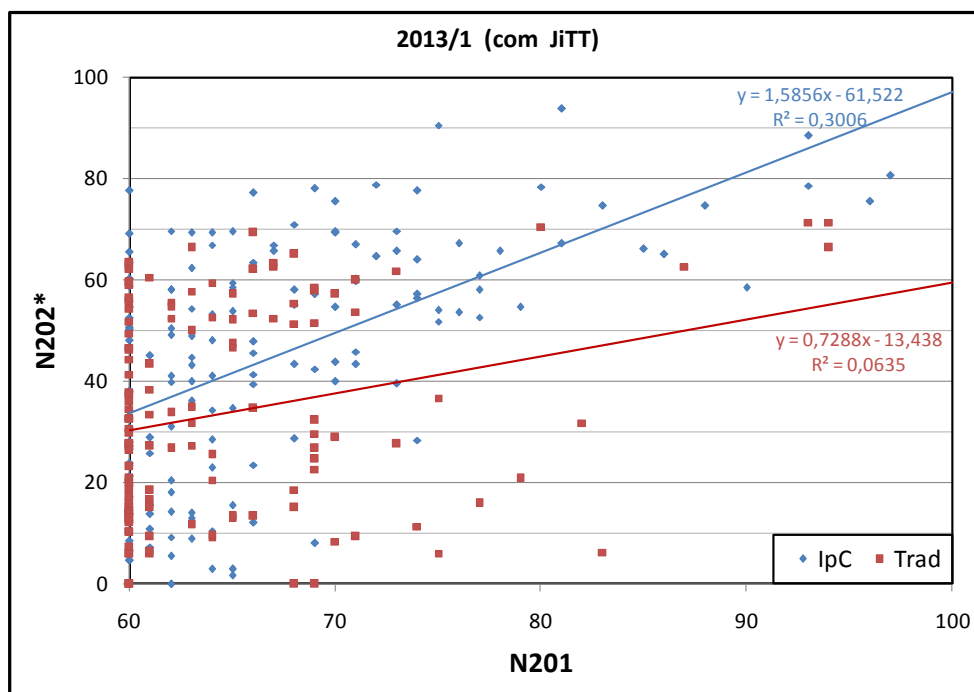


Gráfico A.7: Resultados referentes ao período de 2013/1. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

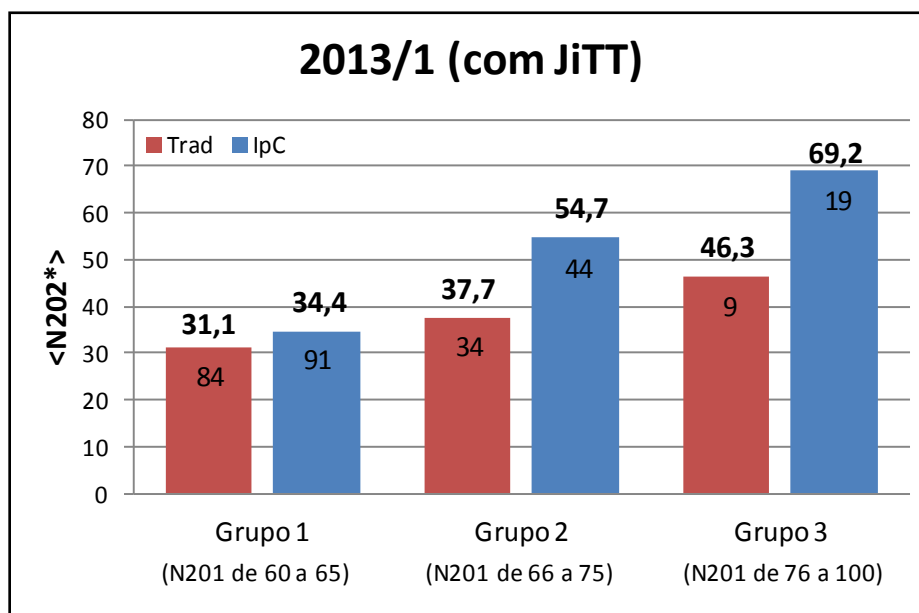


Gráfico A.8: Resultados obtidos durante o período de 2013/1. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. *Valor-p*: grupo 1 = 0,14; grupo 2 = $2,36 \times 10^{-4}$; grupo 3 = $1,86 \times 10^{-2}$.

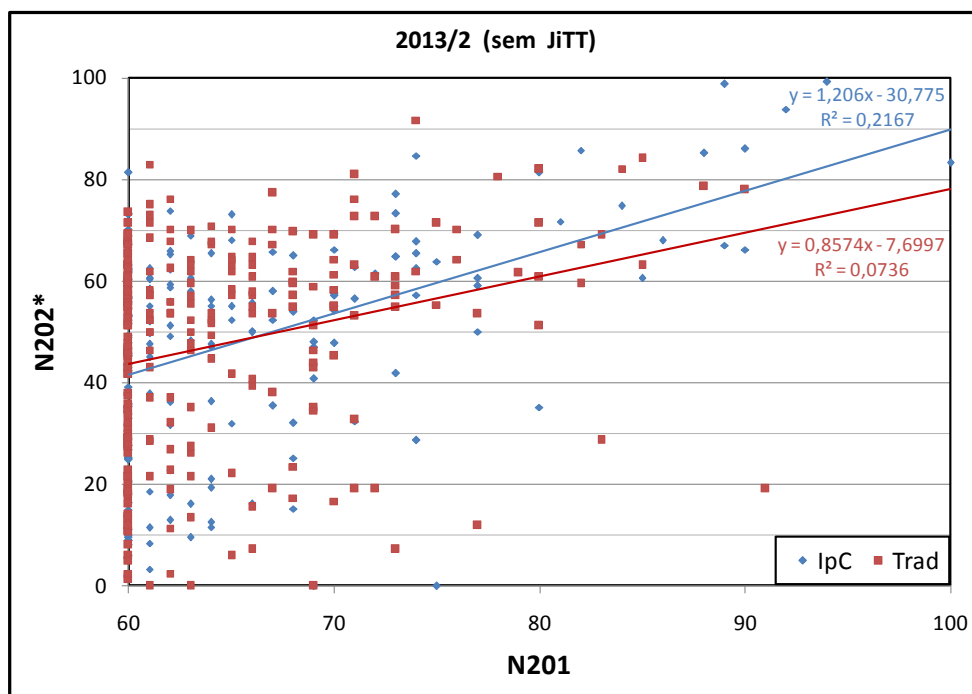


Gráfico A.9: Resultados referentes ao período de 2013/2. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

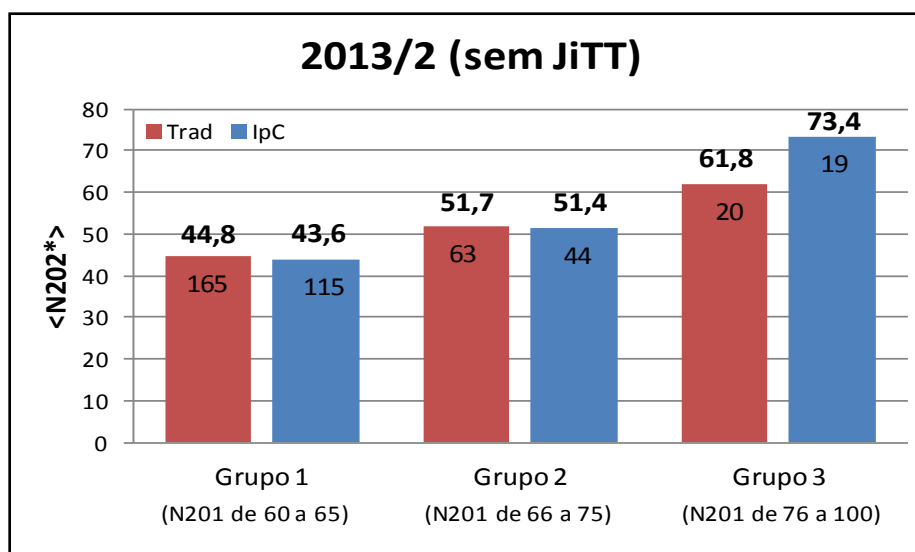


Gráfico A.10: Resultados obtidos durante o período de 2013/2. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média $\langle N202^* \rangle$ obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = 0,31; grupo 2 = 0,47; grupo 3 = $3,05 \times 10^{-2}$.

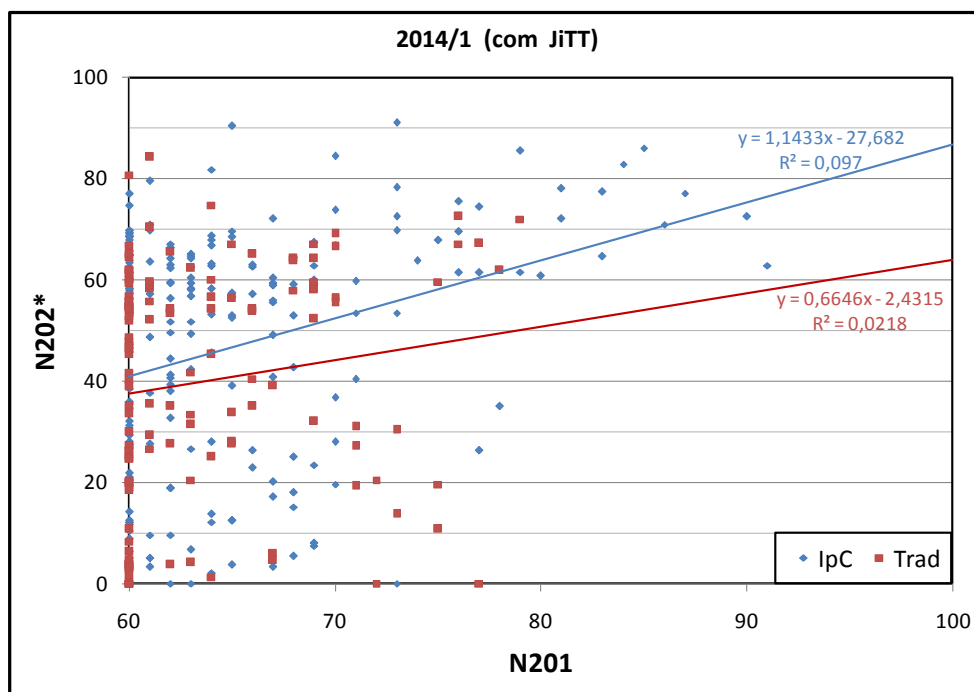


Gráfico A.11: Resultados referentes ao período de 2014/1. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

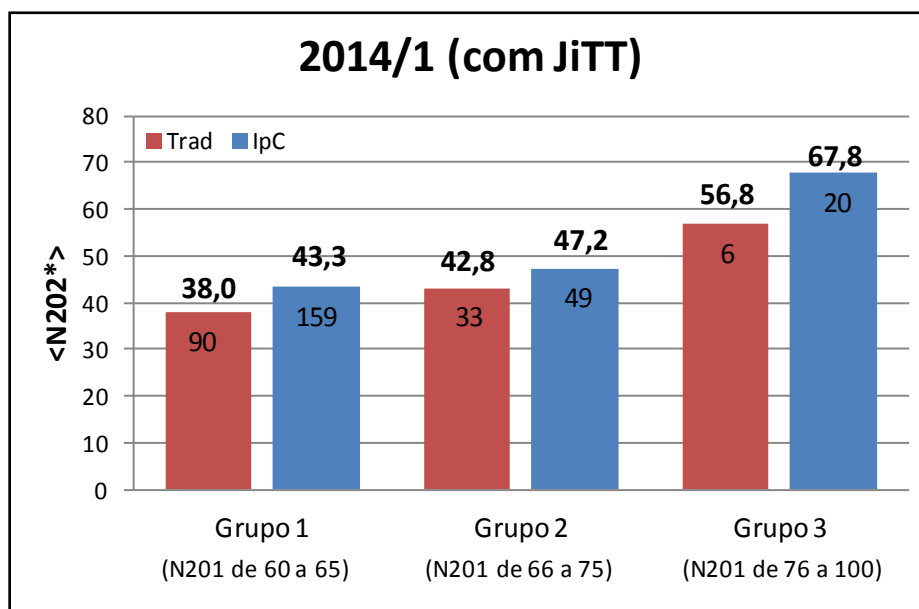


Gráfico A.12: Resultados obtidos durante o período de 2014/1. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. Valor-p: grupo 1 = $3,90 \times 10^{-2}$; grupo 2 = 0,19; grupo 3 = 0,20.

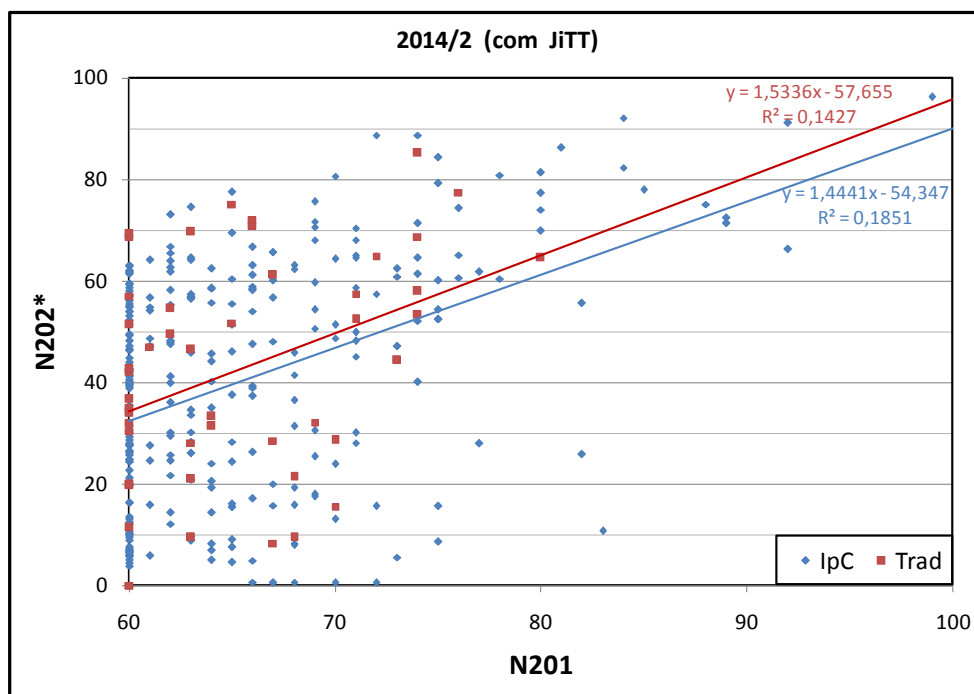


Gráfico A.13: Resultados referentes ao período de 2014/2. Os alunos das turmas IpC e Trad são representados com símbolos diferentes. N201 e N202* são, respectivamente, a nota total do aluno em FIS201 e o percentual dos pontos de prova obtido por ele em FIS202. As retas ajustadas aos dados dos dois grupos e as suas equações são mostradas em cores distintas.

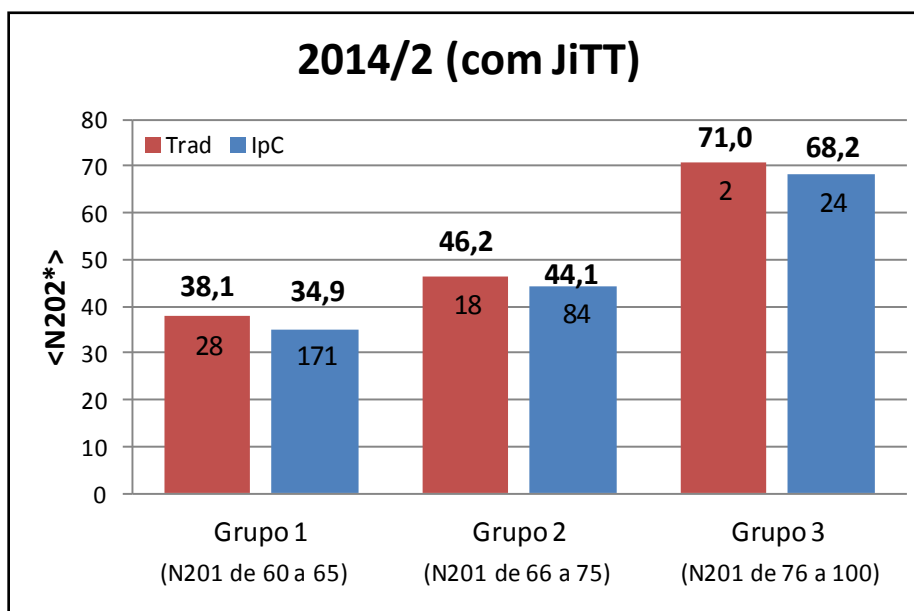
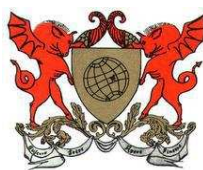


Gráfico A.14: Resultados obtidos durante o período de 2014/2. Os números em negrito acima das colunas representam a nota percentual média <N202*> obtida nas provas de FIS202 para cada grupo de preparo acadêmico e os números dentro das colunas representam a quantidade de alunos em cada um desses grupos. *Valor-p*: grupo 1 = 0,22; grupo 2 = 0,37; grupo 3 = 0,38.

APÊNDICE B – PRODUTO DIDÁTICO



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

PRODUTO EDUCACIONAL

GUIA DE IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA DE ENSINO PEER INSTRUCTION

Parte integrante da dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Viçosa.

Autores:

Antônio Martins Lopes
(Mestrando em Ensino de Física)

Professor Álvaro José Magalhães Neves
(Orientador)

VIÇOSA – MINAS GERAIS
Janeiro de 2016

Título: Guia de Implantação da Metodologia de ensino “*Peer Instruction*”

Apresentação

Este texto de apoio é destinado aos educadores que trabalham com ensino de Física, ou interessados em métodos ativos de ensino. Ele é produto de um estudo desenvolvido para o trabalho de conclusão do Mestrado Profissional em Ensino de Física, realizado pelo Professor Antônio Martins Lopes, sob orientação do Professor Álvaro José Magalhães Neves, no Departamento de Física da Universidade Federal de Viçosa. Nesse estudo colaboraram também os Professores Álvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira e Luciano de Moura Guimarães da mesma instituição.

Encontra-se neste material, um guia que orienta os interessados, na implantação do método Instrução pelos pares de colegas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	120
2	METODOLOGIA INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS	121
2.1	Dinâmica da Instrução pelos Colegas	121
2.2	Testes Conceituais.....	123
3	QUESTIONÁRIOS PRÉ-AULA.....	139
4	TECNOLOGIA INTERATIVA.....	143
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS	145

1 INTRODUÇÃO

Existem na literatura, resultados sólidos que indicam que usualmente os métodos ativos de ensino promovem aprendizado superior ao obtido com o método tradicional de ensino. Aqui denominamos método tradicional de ensino aquele baseado em exposições do professor, dirigidas para uma audiência passiva de estudantes. O aluno vai à sala de aula essencialmente para ser exposto ao conteúdo por meio das preleções do professor.

Entre os métodos ativos, o “*Peer Instruction*”, Instrução pelos Colegas (IpC), é o mais difundido no ensino de Física (HENDERSON, DANCY, 2009). Além disso, esse método vem ganhando espaço também em outras áreas (BORREGO *et al.*, 2011). Atualmente existem grande esforços de pesquisas na área de ensino sobre o método IpC. Entretanto, nem todas as implantações dessa metodologia são bem sucedidas (BARROS *et al.*, 2004; SANTOS, 2015; DINIZ, 2015; CROUCH, 2007; FAGEN *et al.*, 2000; FAGEN, CROUCH, MAZUR, 2002; FAGEN, 2003).

Fizemos um trabalho de pesquisa para estudar a eficácia da metodologia Instrução pelos Colegas na Universidade Federal de Viçosa-UFV (LOPES, 2016) numa disciplina introdutória de Física. No curso desse trabalho foram desenvolvidos e testados materiais didáticos e acumulada uma ampla gama de resultados com experiências bem sucedidas e com tropeços. Acreditamos que a combinação desse conhecimento com uma síntese da literatura da área agilizaria grandemente a implementação desse método, por parte de um professor sem o conhecimento prévio na área. Este é o propósito primordial deste produto didático.

2 METODOLOGIA INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS

2.1 Dinâmica da Instrução pelos Colegas

O método IpC foi criado em 1990 pelo físico Eric Mazur, professor da Universidade de Harvard. A motivação foi uma constatação semelhante à de Halloun e Hestenes (HALLOUN, HESTENES, 1985a, 1985b; HESTENES, 1987), de que o processo de ensino em pouco alterava as concepções alternativas dos estudantes (MAZUR, 1997, p.6). Detalhes interessantes sobre a criação da IpC são relatados por Mazur (1997, 2009). A pedra angular dessa metodologia é a discussão entre os alunos, de problemas conceituais, sobre os conteúdos que estão sendo abordados na aula. Essa instrução mútua entre os discentes dá o nome à metodologia.

A literatura científica contém várias descrições ligeiramente diferentes da metodologia. A descrição abaixo está baseada em (MAZUR, 1997; LASRY, 2008; CROUCH, MAZUR, 2001; CROUCH *et al.*, 2007; MÜLLER, 2013; ARAUJO, MAZUR, 2013).

A IpC começa antes da aula. O professor indica aos estudantes que conteúdos eles devem estudar para a próxima aula. Coerentemente a aula não visa expor o estudante ao conteúdo do livro-texto, mas principalmente aprimorar o seu entendimento, tratar de dificuldades potenciais e de exemplos adicionais.

A aula segue a dinâmica contida no fluxograma da figura 1. Como se vê ali, o professor começa fazendo uma exposição curta (máximo de 10 minutos) sobre um dos tópicos particularmente importante, ou problemático, do material estudado previamente pelos alunos. Em seguida, o professor propõe uma questão conceitual de múltipla escolha (“teste conceitual”) sobre o assunto abordado. É dado aos alunos um tempo de aproximadamente dois minutos para que eles respondam individualmente o teste conceitual, formulando argumentos, em silêncio. No término desse período, o estudante submete a sua resposta. Isso pode ser feito com cartões (ARAUJO, MAZUR, 2013, p. 367), mostrando dedos, ou através de uma tecnologia interativa (vide a seção 2.4), como a dos “clickers”. Como mostra a figura 1, temos três procedimentos diferentes, dependendo do percentual de alunos que responderam corretamente. Se o índice de

acerto for superior a 70%, o professor explica brevemente a resposta do teste conceitual, passa para o tópico seguinte, evitando longas elaborações. Ele, então, reinicia o ciclo, fazendo uma nova exposição. Por outro lado, se o percentual de acerto for menor que 30%, o professor volta a discutir o assunto e reapresenta o teste conceitual. Se o acerto for de 30 a 70%, o instrutor encoraja a discussão em pequenos grupos (Instrução pelos Colegas), tipicamente com 2 a 5 alunos. Neste momento, o professor e os seus assistentes (se houver algum) circulam pela sala promovendo e participando das discussões. Depois de alguns minutos de debates em grupo, cada aluno resubmete individualmente sua resposta. Por fim, o professor explica, então, a resposta correta. O ciclo da figura recomeça com a exposição de um novo tópico.

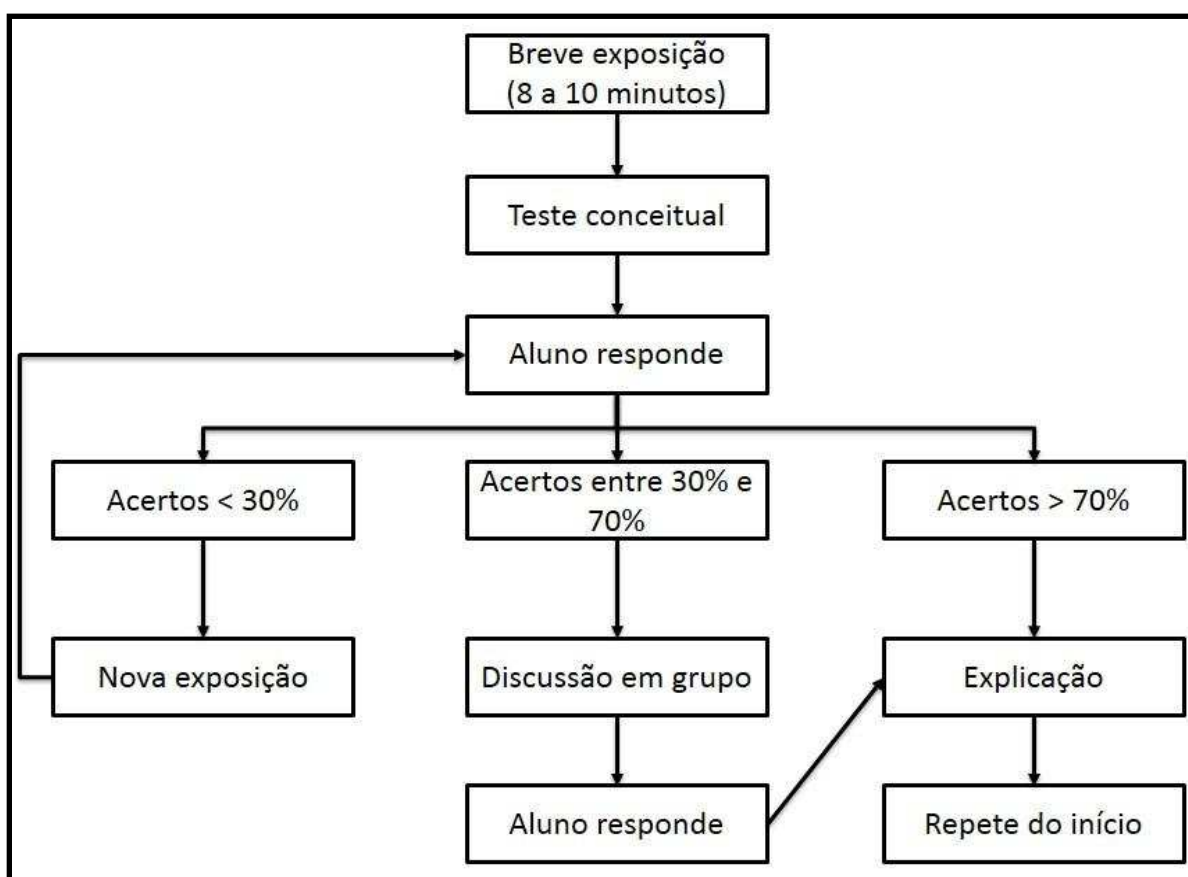


Figura 1: Fluxograma da aula com a metodologia IpC. Adaptado de Lasry (2008).

A seguir, é descrito o tempo demandado para trabalhar com cada teste conceitual (Mazur, 1997). Essa descrição é compatível com a implantação bem sucedida do IpC na Universidade Federal de Viçosa (LOPES, 2016). Nessa instituição, foram utilizados 6 a 7 testes conceituais numa aula de 100 minutos, dos quais, 10 minutos são despendidos em preparação do equipamento e coletar respostas dos alunos dos *quizzes*.

- 1) Breve exposição do professor----- 8 a 10 minutos;
- 2) Apresenta-se o teste conceitual----- 1 minuto;
- 3) Os alunos elaboram a sua resposta----- 1-2 minutos;
- 4) Os alunos respondam individualmente o teste conceitual;
- 5) Os alunos discutam suas respostas com seus vizinhos (*Peer Instruction*)--1-4 minutos;
- 6) Os alunos submetem as respostas revistas;
- 7) Retorno das respostas para o professor: Registro das respostas;
- 8) Explicação da resposta correta----- 2 minutos;

Nessa metodologia ativa, o professor tem um retorno imediato sobre a efetividade da sua exposição e da leitura pré-aula que é exigida dos alunos, possibilitando intervenções pedagógicas em tempo real. Além do mais, o aluno também tem retorno rápido sobre a sua compreensão do conteúdo e sobre a eficácia do seu estudo prévio. Supõe-se que esses retornos são de grande importância, úteis para aprendizagem. Ressalta-se ainda que a metodologia IpC envolva estudo prévio (antes da aula) e trabalho em grupo (na aula). Naturalmente, trata-se de práticas de suma importância para qualquer profissional.

2.2 Testes Conceituais

Ao utilizar a IpC, o professor é frequentemente tentado a aplicar o protocolo de fazer alternadamente exposições e perguntas, delineado na seção, por vezes, perdendo de vista os fundamentos que tornam essa metodologia eficaz. É preciso que o instrutor se conscientize de que o principal componente do método são as discussões que provêm à instrução mútua entre os colegas. O ponto de partida para discussões profícuas são testes conceituais interessantes, engajadores e, sobretudo que enderecem questões importantes para a formação dos alunos. Em suma, os testes conceituais

("ConcepTests") constituem a pedra angular da metodologia Instrução pelos Colegas. Há recomendações na literatura para a elaboração de testes conceituais efetivos (CROUCH, et al., 2007; SCHELL, 2015). Segue abaixo uma lista dessas diretrizes, suplementada por outras sugeridas pelo professor Álvaro Neves.

Um bom teste conceitual deve:

8. Focar um único conceito.
9. Requerer pensamento, não mera aplicação de fórmulas.
10. Ser claro e conciso.
11. Ter um nível de dificuldade mediano.
12. Endereçar dificuldades comuns dos estudantes e/ou habilidades que se deseja desenvolver.
13. Ser concreto aos olhos do estudante, se possível ter relação com situações que ele já tenha vivenciado.
14. Ser interessante e estimulante para o estudante.

A seguir apresentamos alguns testes conceituais particularmente ilustrativos e discutimos sua utilização e resultados. Eles foram elaborados na UFV, pelo professor Álvaro Neves. Esse material é fruto de uma entrevista feita pelo autor com o docente. Os testes estão divididos por tema, em diferentes subseções.

- **Teste Conceitual 1**

Conteúdo:

Hidrostática, força e pressão num fluido.

No experimento que você acaba de observar, o ovo

- a. foi empurrado pelo ar para dentro do frasco.
- b. foi puxado pelo ar para dentro do frasco.
- c. foi empurrado e puxado pelo ar para dentro do frasco.
- d. caiu apenas pela ação do próprio peso.
- e. Não sei.

Resposta correta:

a

Distribuição de respostas:

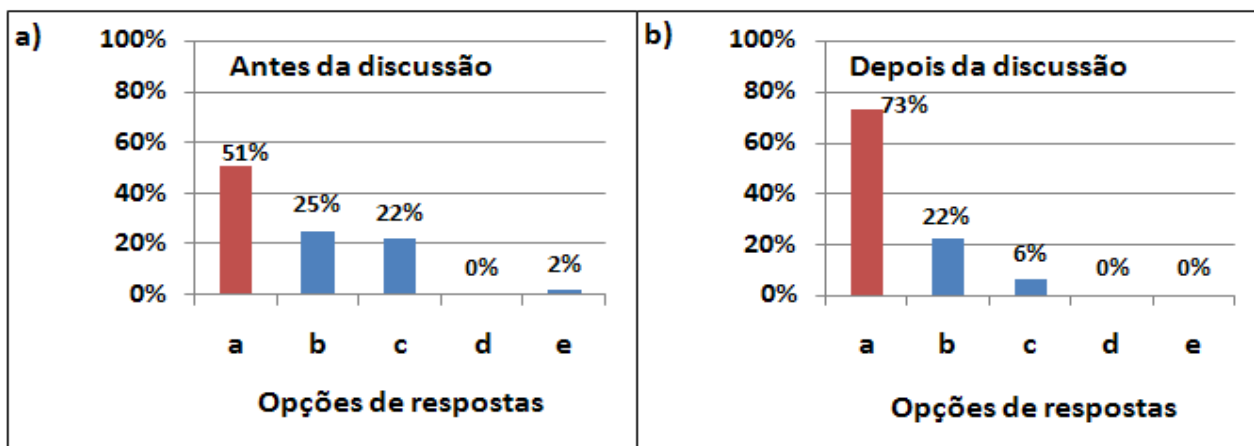


Gráfico 1: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Esse teste conceitual é antecedido pela experiência clássica (ou por um vídeo) onde um ovo cozido entra em uma garrafa depois que o interior dela é aquecido por uma chama.

O objetivo da questão é trazer à discussão a origem e as características das forças que os fluidos exercem em objetos no seu interior. Os livros-textos mencionam que essa força se origina das colisões das moléculas do fluido com os corpos dentro deles. Dessa forma, espera-se que o aluno compreenda o fato experimental de que essa força é normal ao objeto e que o fluido não puxa, mas empurra um corpo colocado no seu interior. A distribuição das respostas mostra que o estudo prévio pode não transmitir esses pontos efetivamente.

Na primeira rodada de respostas a maioria dos alunos se concentra nas alternativas a e b. Como discutido, é útil que o professor solicite a voluntários, ou aponte estudantes, para justificarem as suas respostas. Em meio a essa discussão, ele pode apontar (mostrando novamente o vídeo) que no experimento o ovo é engolido na sua porção inferior durante a entrada na garrafa, coerentemente com ideia de que esse corpo é sugado para dentro da garrafa. Por outro lado, aponta o instrutor, é difícil imaginar como

as moléculas de ar dentro da garrafa poderiam aderir ao ovo e puxá-lo para baixo. Em síntese, a situação requereria uma discussão científica cuidadosa entre os alunos. Como se viu acima, o debate promove um avanço substancial no nível de compreensão. Depois de construída a resposta correta o professor pode explicar que a deformação supracitada do ovo não se deve à sucção desse corpo para dentro da garrafa, mas a uma pressão no interior do ovo superior àquela dentro da garrafa.

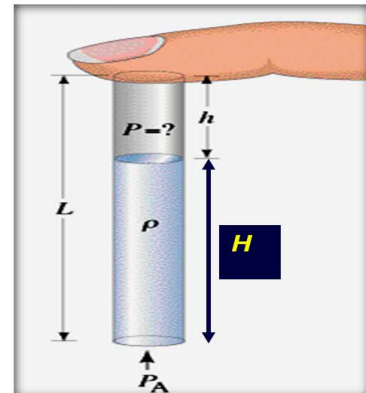
- **Teste conceitual 2**

Conteúdo:

Hidrostática, força e pressão num fluido.

Após inserir um canudo num copo de refrigerante, você veda a parte superior dele com o dedo. Quando o canudo é retirado do copo, sobra líquido dentro dele (figura). A relação entre a pressão atmosférica P_A e a pressão P na parte superior do canudo é

- a. $P > P_A$
- b. $P = P_A$
- c. $P < P_A$
- d. Não sei.



Resposta correta:

C

Distribuição de respostas:

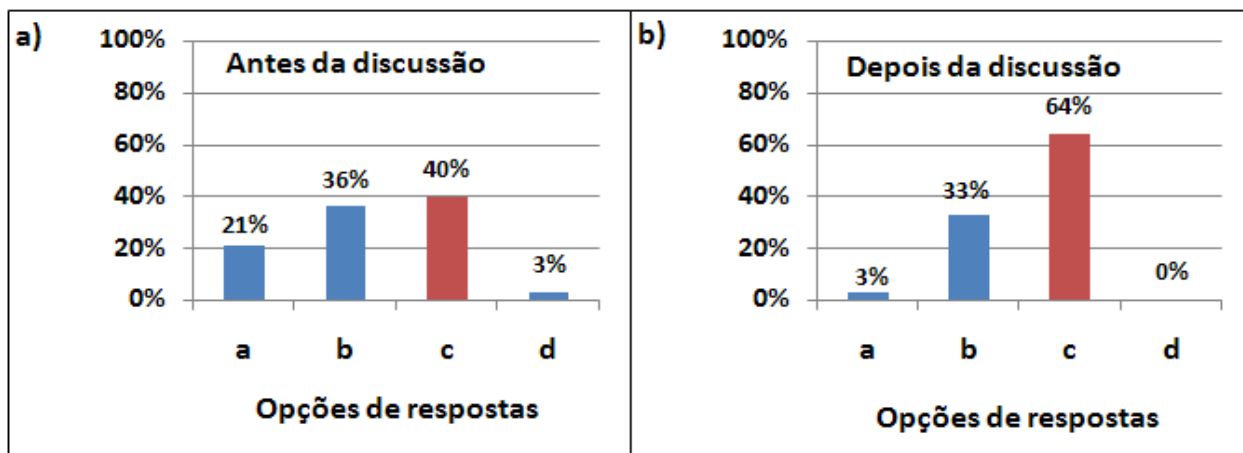


Gráfico 2: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Em primeiro lugar, o teste trata de uma situação cotidiana, vivenciada por todos os estudantes. Isso não só facilita a compreensão do problema, como também estimula a aplicação dos princípios físicos na análise do mundo real. O objetivo do teste é ajudar o aluno a estabelecer concretamente a relação entre a pressão e a força exercida por um fluido.

Após a primeira rodada de repostas, o professor solicita que alguns alunos compartilhem com a turma a sua resposta e a justificativa para ela. Frequentemente a alternativa b é justificada com o argumento de que se a pressão de um lado (em cima, ou embaixo do líquido) for maior, o líquido será empurrado para o outro lado. Nesse caso o aluno parece estar utilizando o seu conhecimento factual sobre situações tradicionais, como a do manômetro, com um tubo em forma de U, com o fluido no mesmo nível dos dois lados do aparato. Outros alunos fazem uma análise do equilíbrio das forças que atuam no líquido, porém esquecendo-se do seu peso. O professor deve salientar que a primeira análise repousa sobre uma analogia algo obscura com outra situação. Ele pode acrescentar que apesar disso ser um bom começo, é necessário que se faça também uma análise científica da situação, baseando-se nas forças que determinam o movimento do corpo constituído pelo líquido. Muitos alunos escolhem a alternativa c com justificativas vagas. Esse grupo costuma dizer que é necessário haver vácuo, ou uma

pressão reduzida, na parte superior do canudo para que a “sucção” em cima compense o peso. O instrutor pode mencionar teste anterior (do ovo) como um obstáculo para essa visão. Ele deve também acrescentar que tem dificuldade em entender como a pressão poderia ter sido reduzida a partir do seu valor inicial (pressão atmosférica), visto que não se retirou ar da região entre o dedo e a superfície superior do líquido. Sintetizando as discussões, e encaminhando a segunda rodada de respostas, o professor deve solicitar que se procurem explicações científicas e que o caminho promissor para tanto é a análise das forças que agem no fluido. Ele sugere que se comecem identificando quais são as forças que atuam no fluido. Seguem-se a discussão em grupos e a segunda rodada de respostas. Em seguida, o professor constrói a resposta correta com a participação dos alunos.

É interessante, repetir uma dúvida mencionada pelo professor: “Como é possível que pressão na parte superior do líquido caia? Afinal, tínhamos ar atmosférico, à pressão ambiente. A colocação do dedo na parte superior do dedo não parece mudar a densidade do ar nessa região”. Os alunos tipicamente são capazes de explicar o fenômeno, especialmente se forem lembrados de que quando retiramos o canudo do copo o nível do líquido muda (cai).

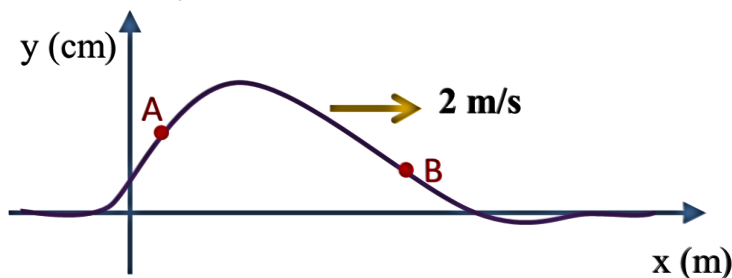
- **Teste conceitual 3**

Conteúdo:

Ondas mecânicas, velocidade de propagação x velocidade do meio.

A figura abaixo representa uma fotografia de uma onda que se propaga numa corda. Com relação ao movimento dos pontos A e B da corda, é correto afirmar que no momento da foto

- os pontos A e B se moviam para cima.
- os pontos A e B se moviam para baixo.
- o ponto A se movia para cima e o B para baixo.
- o ponto A se movia para baixo e o B para cima.
- os dois pontos estavam momentaneamente em repouso.



Resposta correta:

d

Distribuição de respostas:

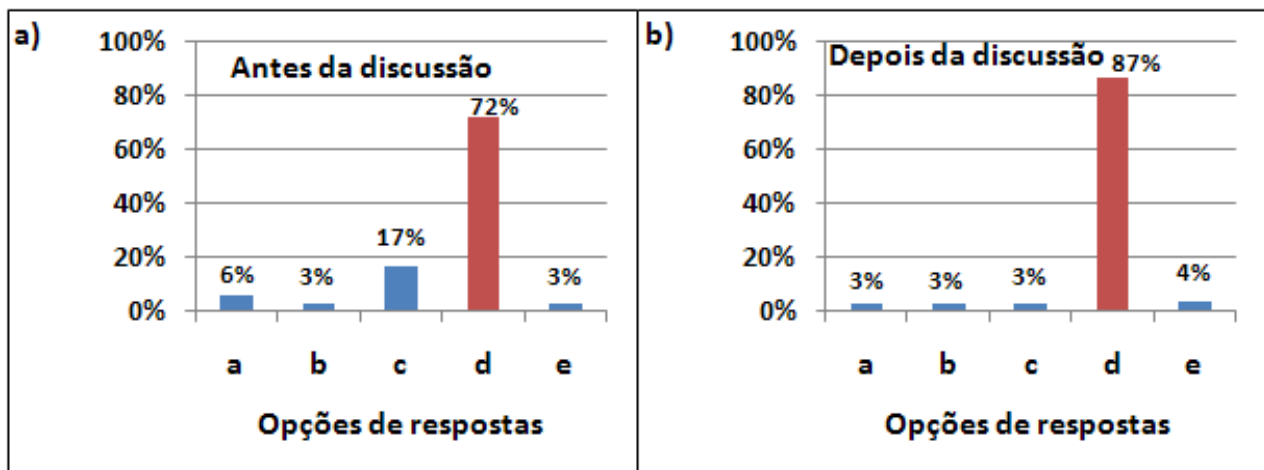


Gráfico 3: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Este teste trata de uma dificuldade conceitual importante e muito frequente entre os estudantes – a diferença entre a velocidade de propagação de uma onda progressiva e as velocidades com as quais se movem o meio onde está a onda. Anteriormente a esta questão, foi discutido e abordado em testes conceituais o comportamento de uma onda progressiva. Foram feitas demonstrações e simulações enfatizando a diferença do movimento da perturbação e o movimento das partículas do meio material onde se propaga a onda. Tais testes conceituais revelam que praticamente todos os alunos incorporaram a ideia de que nessa questão (teste conceitual 3) os pontos da corda se movem na direção do eixo y . Entretanto, cerca de um terço deles ainda tem dificuldade de utilizar esse conceito para prever o movimento de um ponto da corda. Dada à dominância das respostas certas, o professor pode solicitar que se faça a discussão em grupo, sem maiores explicações. Alternativamente ele pode sugerir que se tente determinar que valor do deslocamento transversal esteja presente nos pontos A e B, um tempo infinitesimal após o instante capturado na fotografia da questão. Mais uma vez, a discussão amplia o percentual de respostas corretas. Idealmente o professor deve solicitar que um aluno explique a resposta correta, ou deve construir essa resposta com a participação da turma.

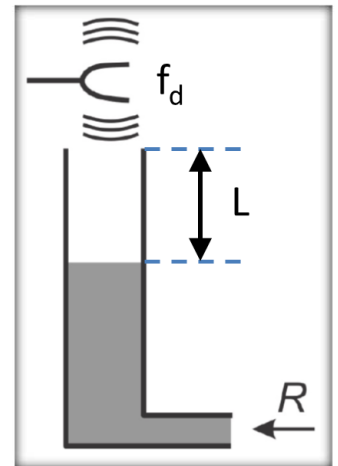
- **Teste conceitual 4**

Conteúdo:

Ondas mecânicas, som, ondas estacionárias e ressonância.

A figura mostra um longo tubo no topo do qual há um diapasão emitindo uma frequência f_d . A medida que introduzimos água lentamente na parte inferior, ouviremos um som

- progressivamente mais grave.
- progressivamente mais agudo.
- com frequência constante.
- com frequência alternadamente crescente e decrescente.
- Não sei.



Resposta correta:

c

Distribuição de respostas:

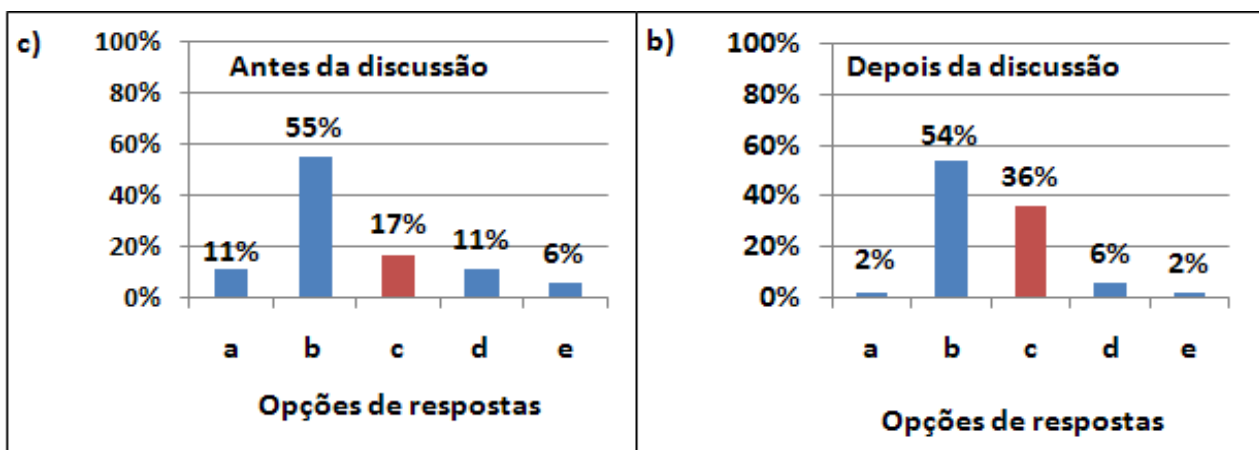


Gráfico 4: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Esta questão já foi utilizada em seis semestres letivos, sempre proporcionando o que primordialmente se deseja com um teste conceitual – engajamento e discussões intensas entre os estudantes. Como se vê a opção b, segundo a qual a frequência ouvida aumentaria, tem forte apelo. Dada a primeira resposta (individual), vários alunos explicam convictamente essa posição: *“As frequência de ressonância de um tubo com uma extremidade aberta e outra fechada são dadas por $f = \frac{v}{4L}n$, com $n = 1, 3, 5, \dots$ e v sendo a velocidade do som no ar. Como L diminui, as frequências aumentam.* Em todos os semestres alguns estudantes espontaneamente reforçam essa visão com um resultado experimental de peso. Eles descrevem que ao lavarem uma garrafa, perceberam que o som produzido tornava-se mais agudo à medida que nível da água subia. Os discentes costumam consultar-se mutuamente e concluir que essa observação é correta. Nesse estágio, o professor se mostra convencido da força dos argumentos teórico e experimental, que ele recapitula para a turma. Entretanto, ao final dessa revisão ele existe e expressa uma dúvida incômoda – *“O diapasão tem um objetivo de vida que é tocar sempre a mesma frequência. Ele nasceu para isso. Se a frequência ouvida aumenta, quem estaria produzindo essa vibração de maior frequência? Com certeza, não pode ser o diapasão!”*. Os alunos especulam que talvez a coluna de água pudesse vibrar numa frequência maior que a do diapasão. Contudo, o professor se mostrar em dúvida. Ele pensa em voz alta: *“A 3ª lei de Newton requer que a água empurre o ar com a mesma frequência com que é empurrada pela onda sonora incidente. Não sei se funciona...”*. Criadas essas dúvidas, o professor solicita que se proceda à discussão em grupo. A distribuição de respostas demonstra que é difícil demover o aluno da sua crença inicial. De fato, os argumentos em seu favor são fortes. Contudo, a discussão orientada pelo professor faz dobrar o número de respostas corretas. A divulgação da resposta certa cria surpresa e interesse. Tratando-se de um curso introdutório, o professor deve enfatizar que a constância da frequência é um resultado experimental, não uma opinião, ou uma teoria. Na sua explicação, ele pode começar perguntando o estaria errado na equação para as frequência de ressonância do tubo, evocada pelos alunos. Ele deve mostrar que apesar de correta, essa expressão não responde ao problema em discussão – as ondas sonoras produzidas pelo diapasão não precisam estar em ressonância. De

fato, a vibração do diapasão é fruto das suas propriedades mecânicas, que obviamente independem do nível da água no tubo. Originalmente esta lição (“fórmulas por si só não respondem a coisa alguma”) foi o objetivo desta questão.

Encerrada esta discussão, é comum que a classe tenha se esquecido da observação relativa à lavagem de uma garrafa. Nesse caso, o professor deve incitar a curiosidade dos seus alunos – *“Por que o resultado do experimento com o diapasão seria diferente daquele com a garrafa?”* Contudo, é produtivo adiar essa discussão. É interessante tratar antes de mais um problema com um diapasão. A ideia é projetar uma questão semelhante à da figura anterior, porém indagando como varia a intensidade do som que vem do tubo. Ela aumenta, diminui, ou alternadamente aumenta e diminui, à medida que a água sobe? Nesse contexto, os alunos relembram o que ocorre com o conjunto das frequências de ressonância quando o comprimento do tubo diminui. Em particular, eles devem ser levados a discutir o que se ouve quando uma das frequências desse conjunto se torna igual à frequência fixa do diapasão. Em suma, o instrutor deve ajudar o estudante a construir por si a ideia de que ele ouvirá alternadamente um som mais e menos intenso à medida que a água entra no tubo. Vencido esse degrau, a questão da lavagem da garrafa, conhecida de muitos, pode ser reapresentada – *“Por que o som se torna mais agudo à medida que a água sobe?”*. Acreditamos que sempre é mais efetivo para o processo de aprendizado que o aluno construa (cientificamente) a sua resposta. Aqui o professor deve sutilmente sugerir que a queda desordenada do líquido dentro da garrafa produz um som diferente daquele do diapasão – trata-se de um “ruído branco”, contendo essencialmente todas as frequências. Deve-se guiar o aluno para utilizar o aprendizado da questão anterior sobre a variação da intensidade. Ele deveria compreender que das frequências produzidas pela queda d’água, aquelas iguais às frequências de ressonância do tubo têm sua intensidade amplificada. Assim, à medida que a água sobe, as frequências amplificadas assumem valores mais elevados. Consequentemente, ouvimos um som progressivamente mais agudo. Um diagrama contendo um eixo no qual estão marcadas as frequências de ressonância auxilia na explicação. Podemos mencionar que essas marcas correspondem às frequências que serão mais claramente ouvidas, por adquirirem maior amplitude. Quando a altura da água aumenta, as marcas a deslocam-se para valores mais elevados.

É importante observar que praticamente todas as questões podem ser interpretadas por alguns alunos de uma maneira diferente da imaginada pelo professor. Neste caso, alguns estudantes invocam o efeito Doppler relacionado com o movimento da interface água-ar para explicar um aumento na frequência do som. Evidentemente o efeito existe, mas não é o que o professor deseja que o aluno pratique naquele momento. Se o ponto surgir, o instrutor pode solicitar que se considere que velocidade da interface é muito pequena, ou mesmo que a interface é colocada, imóvel, em diferentes alturas. Evidentemente é importante ter enunciados claros e fazer o estudante tratar do tema pretendido. Todavia, a nossa experiência indica que não vale a pena alongar demasiadamente um enunciado para torná-lo imune a questionamentos, ou desvios. É mais produtivo que professor circule entre os grupos no período de discussão e, quando necessário, reoriente os esforços dos estudantes. Em casos excepcionais, o instrutor pode reexplicar um teste conceitual para toda a turma. Dessa forma, o estudante exercita a “musculatura cerebral” pretendida sem se embaraçar em enunciados longos e difíceis.

- **Teste conceitual 5**

Conteúdo:

Ondas, interferência, experiência de Young.

Duas fontes idênticas, em posições diferentes, produzem ondas periódicas na superfície da água. Nos pontos onde há interferência construtiva, a água tem o tempo todo o deslocamento máximo?

- a. Sim.
- b. Não.
- c. Depende da distância entre as fontes.
- d. Não sei.

Resposta correta:

b

Distribuição de respostas:

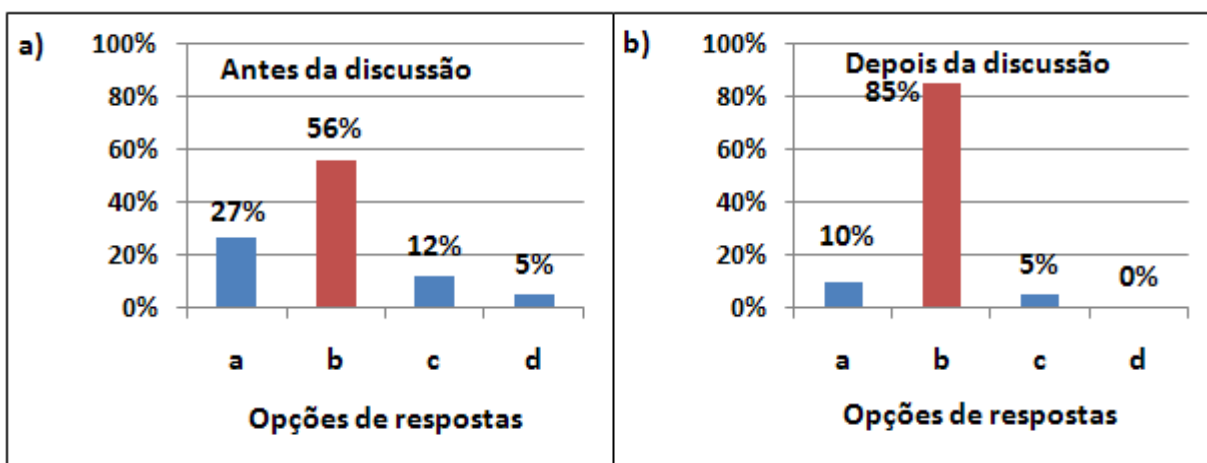


Gráfico 5: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Este teste conceitual é parte de uma preparação para o estudo de interferência com ondas eletromagnéticas, em especial para a discussão da experiência de Young. Antes dele foi apresentado um vídeo de uma experiência em uma cuba de ondas. Nela, duas pequenas esferas tocam simultânea e repetidamente a superfície da água, produzindo ondas circulares. Segue-se uma discussão, que inclui um teste conceitual, sobre a existência das “linhas nodais”, em cujos pontos a água permanece em repouso, devido à interferência destrutiva das ondas produzidas pelas duas esferas. Em sequência é introduzida a ideia de que há pontos onde essa interferência é construtiva. Nesse contexto é a apresentado o teste conceitual acima. O seu objetivo é ajudar os alunos na compreensão da experiência de Young e de outras situações onde há superposição de várias ondas. É comum entre os estudantes acreditar nos pontos de intensidade máxima no experimento de Young há um campo elétrico comparativamente grande. Muitos não percebem que nesses pontos o campo oscila, com amplitude especialmente elevada, passando por instantes em que o seu módulo é alternadamente grande, pequeno, e mesmo nulo. Entre outras dificuldades, esse equívoco conceitual torna difícil o entendimento (e resolução) de quaisquer problemas envolvendo o cálculo da intensidade resultante da superposição de várias ondas. Em particular, torna-se difícil entender a utilização do método de fasores nesses problemas. Isso requer que o estudante

compreenda que, exceto nos pontos as ondas se cancelam completamente, há uma variação temporal do campo elétrico e que a amplitude dessa variação é que determina intensidade luminosa.

O resultado da primeira resposta (gráfico 5) mostra o equívoco mencionado acima, no contexto de ondas na água. Nesse caso, não se solicitou que os estudantes defendessem suas respostas. Partiu-se diretamente para discussão em grupo. O professor apenas sugeriu que o princípio da superposição e a dinâmica das ondas de cada esfera deveriam levar à resposta ao problema. Como sugere o resultado da segunda resposta, isso é suficiente para que os alunos tenham uma discussão profícua.

Para relacionar a experiência da cuba com a de Young, seguiu-se um teste conceitual onde o aluno deveria prever como variaria a amplitude de oscilação da água ao longo de uma linha paralela à linha definida pelas duas esferas que produziam as ondas na água.

- **Teste conceitual 6**

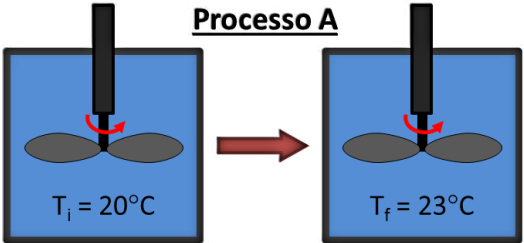
Conteúdo:

Termodinâmica, calor, trabalho e processos termodinâmicos.

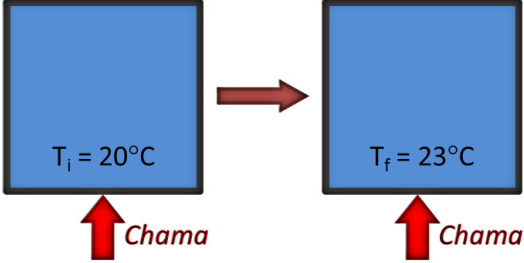
Considere os dois processos abaixo, nos quais uma mesma quantidade de água, inicialmente à 20°C , termina à 23°C .
Em qual deles o calor absorvido pela água é maior?

a. No processo **A**.
b. No processo **B**.
c. Igual nos dois.
d. Não sei.

Processo A



Processo B



Resposta correta:

b

Distribuição de respostas:

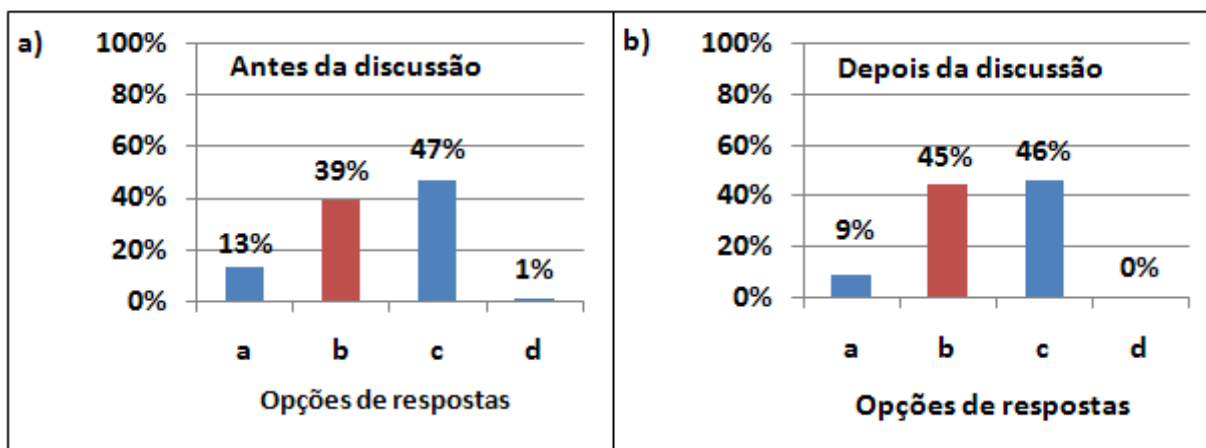


Gráfico 6: Respostas dos alunos: **a)** antes das discussões entre os colegas; **b)** após as discussões entre os colegas. Os números acima das colunas representam o percentual de alunos que indicaram as respostas com a opção correspondente.

Explicação e utilização:

Antecede este teste conceitual uma discussão sobre calor e trabalho como maneiras de um sistema trocar energia com a sua vizinhança. Os alunos enfrentam dificuldades em aplicar esses conceitos em processos específicos. Essa dificuldade fundamental leva a uma série de problemas mais adiante. Por exemplo, muitos alunos ao tentar calcular a eficiência de um ciclo, ou a variação de entropia num processo, não conseguem identificar em que etapas o sistema recebe, ou cede energia pela troca de calor. O teste conceitual 6 é um exemplo de uma série de questões que visam enfrentar esse problema na origem. O seu enunciado sintético é complementado oralmente pelo professor. Ele enfatiza que os estados iniciais e finais do sistema água são os mesmos nos dois processos. O professor explica que no processo A a água numa caixa de isopor é agitada por uma hélice, o que faz subir a sua temperatura. No processo B, a parede metálica do fundo da caixa é colocada em contato com uma chama, fazendo subir a temperatura da água. O enunciado por si só ajuda a tornar concretos alguns conceito novos para o aluno como sistema, estado e processo.

Como se vê pela distribuição inicial das respostas no gráfico 6, 60% dos estudantes não consegue distinguir claramente calor e trabalho, mesmo tendo estudado o assunto e passado pela discussão desses conceitos em sala de aula. Cerca de metade dos alunos acredita que o calor absorvido pela água é igual nos dois processos. A interação do professor com os alunos na etapa de discussão em pequenos grupos revela que frequentemente essa resposta incorreta é justificada com base na equação $Q = mc \Delta T$. A distribuição de respostas final apresenta uma elevação pequena (6%) no número de respostas corretas. O argumento fundamentado na equação anterior em grande medida sobrevive à discussão entre alunos. No encerramento desse teste conceitual, o professor explica que essa equação não se aplica ao processo A. Essa relação, que define o calor específico, refere-se exclusivamente a processos nos quais uma amostra de uma substância recebe calor e em resposta a sua temperatura aumenta. O professor acrescenta que há processos, como as mudanças de fase, nos quais o sistema recebe calor, mas a sua temperatura não muda. Ele pode antecipar, deixando os detalhes para outra ocasião, que há também casos, como a compressão adiabática de um gás ideal, nos quais ocorre um aumento de temperatura, sem que haja troca de calor. Em ambos os casos, a referida equação não se aplica.

Uma vez mais, nota-se a tendência de se substituir entendimento e análise, pela mera aplicação de uma equação, no caso, fora do contexto apropriado. Um aspecto importante da Instrução pelos Colegas é a possibilidade de se detectar esse problema em ocorrências específicas e de se trabalhar repetidamente neles. Entretanto, como ilustra esse teste, levar o aluno a aperfeiçoar a sua abordagem dos problemas físicos é uma tarefa longa. Ela precisa ser repetida em circunstâncias diversas.

3 QUESTIONÁRIOS PRÉ-AULA

Como foi explicado anteriormente, o método Instrução pelos Colegas pressupõe que os alunos se preparem para cada aula, estudando antecipadamente os tópicos que serão cobertos nela. A dissertação associada a esse guia didático (LOPES, 2016) demonstra que questionários curtos (cerca de duas perguntas), com questões específicas e desafiadoras é um instrumento poderoso para promover esse estudo pré-aula. A seguir apresentados e discutidos alguns questionários efetivos. Novamente as informações vêm de uma série de entrevistas com o professor Álvaro Neves, orientador deste trabalho.

- **Questão 1**

Conteúdo:

Ondas mecânicas, velocidade de propagação, ondas periódicas e ondas transversais numa corda.

Pergunta:

Por um lado, você estudou que a velocidade de propagação de uma onda transversal numa corda é determinada exclusivamente por propriedades do meio, isso é, da corda. Por outro lado, você viu que a velocidade de propagação de uma onda periódica é igual ao produto do seu comprimento de onda e da sua frequência. Ou seja, a velocidade é determinada por características da onda.

Como você pode explicar essa aparente contradição? Afinal, a velocidade de propagação de uma onda periódica transversal numa corda depende apenas do meio, ou do seu comprimento de onda e frequência? Explique a sua resposta.

Comentários:

Nesse ponto da disciplina, o aluno já estudou, porém não assimilou solidamente, o comportamento de uma onda progressiva e o significado da sua velocidade de propagação. A aula que se segue a este questionário inclui a dedução da velocidade de propagação de uma onda transversal numa corda elástica e o tratamento de onda periódica. Trata-se de uma pergunta difícil para a maioria dos alunos. A sua resposta não se encontra no livro-texto e tampouco pode ser respondida por meio de algebrismos. O aluno deverá ler mais de uma vez o material, refletindo sobre o seu significado. Esse é o

objetivo central de todos os nossos questionários pré-aula. Os propósitos específicos desta questão são os seguintes. Almeja-se levar o aluno a examinar criticamente as deduções das expressões para a velocidade de propagação em função da frequência e do comprimento de onda e também como função da tração na corda e da sua densidade linear de massa. Além disso, ao refletir sobre o domínio de validade de cada expressão, ele será alertado para o fato de que nem toda onda é periódica. Note-se que a proposição da questão é vaga, no sentido de que ela menciona, mas não traz explicitamente as equações para a velocidade de propagação. Esse expediente visa dirigir o aluno para o texto, para a localização e exame das relações mencionadas.

É sempre recomendável que o professor aborde explicitamente o questionário na aula que se segue a sua entrega. Nesse caso, ao fazê-lo ele deverá recapitular o domínio de validade das equações supracitadas para a velocidade de propagação, mostrando que ambas deveriam valer para uma onda periódica transversal que se propaga numa corda elástica. Alternativamente poderia se indagar sobre essa validade num teste conceitual, proposto depois da recapitulação. De todo modo, o professor deverá utilizar o conhecimento sobre a propagação de uma onda em uma dimensão para mostrar que as duas equações são corretas, para uma onda periódica transversal numa corda. Em particular, ele deverá mostrar que, dado um meio, a frequência e o comprimento de onda não são variáveis independentes. Em suma, na resposta à questão e na sua discussão, o professor pode levar o estudante a trabalhar concretamente com a essência da propagação ondulatória, com os conceitos de velocidade de propagação, comprimento de onda e frequência. Ademais, será reforçada a ideia de que nem toda onda é periódica, ou transversal.

- **Questão 2**

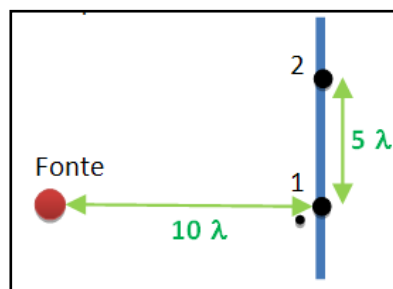
Conteúdo:

Ondas eletromagnéticas, comprimento de ondas e diferença de fase.

Pergunta:

Uma fonte puntual emite luz monocromática com comprimento de onda λ , iluminando o anteparo à sua frente (vide a figura a seguir). As ondas eletromagnéticas produzidas

nos pontos 1 e 2 do anteparo estão totalmente em fase, completamente fora de fase, ou numa situação intermediária? JUSTIFIQUE.



Comentários:

O questionário com esta pergunta antecedeu uma aula cujo conteúdo incluía a experiência de Young. O objetivo original da questão era chamar a atenção dos estudantes para a diferença de fase produzida pela diferença nos caminhos percorridos por dois feixes luminosos. Em particular, pretendíamos que o aluno tivesse que pensar sobre quais seriam os comprimentos relevantes no problema. Todavia, as respostas dos alunos revelaram muitos outros pontos importantes, que mereceram debate em sala de aula. Seguem algumas que exemplificam a maneira de pensar de uma fração substancial dos estudantes.

“As ondas chegam em fase, pois a diferença de caminho entre o ponto 1 e 2 é de 5λ , que é um múltiplo inteiro de λ .”

“No ponto 1, a onda chega em fase, pois a distância de 1 até a fonte é de 10λ , que é um múltiplo inteiro de λ , havendo interferência construtiva. Já no ponto 2, a onda chega num estado intermediário, pois a distância da fonte até o ponto 2 é de $11,2\lambda$, que não é nem múltiplo inteiro nem semi-inteiro de λ .”

“Como não há fendas, só haverá um máximo (em fase) no ponto 1 com interferência construtiva. Em qualquer outro ponto a onda chega fora de fase, por que ...”

A primeira resposta mostra que, provavelmente por não terem compreendido o mecanismo pela qual se dá a defasagem entre as ondas, os alunos não puderam identificar o parâmetro determina a diferença de fase, a saber, a diferença das distâncias percorridas pelos dois raios. A segunda resposta trabalha com essas distâncias, porém o aluno acredita de a diferença de fase é um conceito absoluto, que se aplicaria a cada onda individualmente. Essa ideia aparece também na terceira resposta. Além disso, ela

revela que o aluno não relaciona a interferência com a superposição de várias ondas num ponto.

Essa questão ilustra que os questionários pré-aula, além de promoverem o estudo antecipado, são instrumentos poderosos para sondar as concepções alternativas dos alunos. Ele permite ao professor identificar temas que devem ser abordados em classe.

4 TECNOLOGIA INTERATIVA

Como foi destacado na seção 2.1, uma das vantagens da metodologia “Instrução pelos Colegas” é o retorno imediato que ela proporciona ao professor e aos estudantes, por meio das respostas dadas aos testes conceituais. Existem vários expedientes e tecnologias para a submissão. A seguir apresentamos vários deles que foram descritos na literatura (ARAÚJO, MAZUR, 2013).

Levantar as mãos. O aluno ergue a mão, mostrando um número de dedos correspondente à alternativa que considera a resposta correta à questão de múltipla escolha apresentada. Esse procedimento simples e barato dá rapidamente ao professor uma noção do nível de compreensão dos alunos sobre o conceito trabalhado em cada teste conceitual. Há, entretanto, as seguintes desvantagens; quando os alunos levantam suas mãos, eles tendem a influenciar as repostas de outros e também a possível discussão subsequente. Há também alunos que se sentem constrangidos em responder publicamente aos testes conceituais.

“Flashcards” ou simplesmente cartões. Cada estudante tem um conjunto de cartões de cartolina com letras de A até F. Durante a coleta dos dados, o professor pede para que os alunos levanten simultaneamente o cartão com a resposta que julgam ser a correta. A vantagem deste procedimento é o seu baixo custo. Entretanto, a principal desvantagem é a falta de registro permanente das respostas dos alunos.

Clicker. Clickers é um equipamento eletrônico educacional que fica à disposição do professor, e através de transmissores sem fio infravermelho ou de radiofrequência transmite a resposta do aluno para um computador, que processa as informações recebidas da turma. A principal vantagem desse sistema é o recebimento imediato das informações das respostas dos testes conceituais através de gráfico de histograma. Ademais, esse equipamento armazena as informações para análises futuras. Entretanto, é importante não mostrar o resultado para os alunos antes de eles interagirem com seus colegas e responderem pela segunda vez (CROUCH *et al.*, 2001). A principal desvantagem é o custo elevado do equipamento.

Dispositivos com acesso a internet. Recentemente foram desenvolvidos aplicativos para qualquer dispositivo que tem acesso à internet (tablets, notebooks e

smartphones) (ARAÚJO, MAZUR, 2013). Uma das principais vantagens é que geralmente esse tipo de equipamento os alunos já possui. Além disso, esses equipamentos possuem as mesmas vantagens que proporcionam os “clicker”. No entanto, nem toda escola possui internet sem fio à disposição da turma. Ademais, outra desvantagem é que os alunos podem interagir através de aplicativos de bate-papo passando a informações entre si antes de responderem a primeira sessão do teste conceitual, influenciando na resposta.

Urna de votação. A urna é uma tecnologia que pode ser utilizada em consórcio com o procedimento de levantar as mãos. Os seus objetivos são dois – criar um registro permanente das respostas e também evitar que os alunos adiem suas respostas até conhecerem as dos colegas. São utilizados cartões que contêm o número de matrícula, número do teste conceitual e um espaço para respondê-lo. Para otimizar o tempo, esses cartões de respostas são distribuídos aos estudantes no início das aulas. O aluno marca no cartão a sua resposta ao teste conceitual e deposita-o na “urna de votação”, feita com uma caixa de sapatos. Entretanto, o professor não despenderá tempo de aula examinando-as em classe. Depois de recolhidas às respostas, ele apenas solicita que aos alunos as mostre com os dedos. Dessa forma, ele rapidamente pode avaliar o percentual de respostas corretas e definir que procedimento deve se seguir. Essa tecnologia permite que as repostas sejam registradas e tem como vantagem o baixo custo. . Entretanto, a sua utilização exige mais agilidade para recolher as respostas dos alunos (OLIVEIRA, 2009).

É importante salientar que, no método Instrução pelos Colegas, o tipo de tecnologia não interfere na aprendizagem conceitual dos alunos (LASRY, 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem em física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362-384, ago. 2013.

BARROS, J. A. *et al.* Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, são Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172004000100011&script=sci_artt_ext>. Acesso em: 27 out. 2015.

BORREGO, M. *et al.* Faculty use of research based instructional strategies. In: **Proceedings of the Australasian Association for Engineering Education Conference 2011: Developing Engineers for Social Justice: Community Involvement, Ethics & Sustainability 5–7 December 2011, Fremantle, Western Australia**. Barton, ACT: Engineers Australia 2011: p. 448-453. 2011

CROUCH, C. H. *et al.* Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once. **Research-Based Reform of University Physics**, v. 1, n. 1, p. 40-95, 2007. Disponível em: <mazor.harvard.edu/sentFiles/Mazurpubs_537.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2015.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E., Peer Instruction: Ten years of experience and results. **Am. J. Phys.** v. 69, n. 9, September, 2001.

DINIZ, A. C. **Implementação do método peer instruction em aulas de física no ensino médio**. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Viçosa. 2015.

FAGEN, A. P. “**Assessing and enhancing the introductory science course in physics and biology: Peer instruction, classroom demonstrations, and genetics vocabulary**,” Ph.D. thesis, Harvard University (2003), and references therein. Harvard U. P., Cambridge, MA, p.186, 2003.

FAGEN, A. P.; CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: Results from a range of Classrooms. **Phys. Teach.**, v. 40, n. 4, p. 206-209, 2002. Disponível em: <<http://mazor.harvard.edu/publications.php?function=searchbyid&author=21>> Acesso em: 29 nov. 2015.

HALLOUN, I.; HESTENES, D.: ‘The initial knowledge state of college physics students’, **American Journal of Physics**, v. 53, n. 11, p. 1043-1055, 1985a.

HALLOUN, I.; HESTENES, D. Common sense concepts about motion, **American Journal of Physics** , v. 53 n. 11, p. 1056-1065, 1985b.

HENDERSON, C.; DANCY, M., The impact of physics education research on the teaching of introductory quantitative physics in the United States. **Physical Review Special Topics: Physics Education Research**, v. 5, n. 2, 020107, 2009.

HESTENES, D. Toward a modeling theory of physics instruction. **American Journal of Physics**, v. 55, n. 5, p. 440-454, 1987.

LASRY, N., **Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference?**, Phys. Teach v. 46, p. 242-244, 2008.

LOPES, A. M. **Combinando metodologia de ensino Peer Instruction com Just-in-Time Teaching para o ensino de Física.** Viçosa. 2016. 146f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

MAZUR, E. Education: Farewell, lecture? **Science**, v. 323, p. 50-51, 2009. Disponível em: <<http://mazur.harvard.edu/publications.php>>. Acesso em: dia 19 de jul. 2014.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A User's Manual.** Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997. 253 p.

MÜLLER, M. G., **Metodologias interativas na formação de professores de física: um estudo de caso com o *peer instruction*.** 2013. 226 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013.

OLIVEIRA, A. S., **Peer Instruction.** 2009. 44 f. monografia (Licenciatura plena em Física) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009.

SANTOS, Z. O. **A utilização da metodologia da Instrução pelos Colegas na aprendizagem do conceito de força em turmas das áreas de ciências exatas e engenharia.** Itajubá. 2015. 179 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2015.

SCHELL, J. **Turn to Your Neighbor. The Official Peer Instruction Blog.** 2015. Disponível em:< <http://blog.peerinstruction.net/>>. Acesso em: 29 de nov. 2015.