

# AVALIAÇÃO DO APRENDIZADO DO CONTEÚDO DAS DISCIPLINAS DE FÍSICA EXPERIMENTAL I E II DO INSTITUTO DE FÍSICA DA USP

\*Paulo R. Pascholati [pascholati@if.usp.br]  
Josiane V. Martins [josimartins@usp.br]

Instituto de Física da Universidade de São Paulo

## RESUMO

Esta contribuição descreve parte do projeto *Avaliação do Aprendizado do Conteúdo de Laboratório de Física Experimental I e II do Instituto de Física* do Programa Ensinar com Pesquisa da Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo. As disciplinas de Física Experimental I e II fazem parte da grade dos alunos de primeiro semestre de bacharelado em Física e Meteorologia e do terceiro semestre do bacharelado em Geofísica, esses dois últimos do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. O número de vagas para cada um dos cursos é 160, 40 e 30, respectivamente, o que corresponde a uma população é de 220 alunos que se matricula nas disciplinas, em princípio. A abordagem metodológica adotada é a de verificar o desempenho dos alunos nas provas aplicadas ao final de cada semestre das disciplinas. Inicialmente, foi escolhida uma questão de fácil caracterização dos itens como acertos, erros e brancos. Nessa questão são abordados: a confecção de gráfico dilog, obtenção e interpretação dos resultados e comparação com os valores esperados pelo modelo correspondente. Os dados conseguidos referem-se à prova aplicada a 129 alunos matriculados na disciplina de Física Experimental I do ano de 2007. Os itens pontuados nas respostas foram: escolha adequada das escalas, a grandeza dos eixos e sua unidade, colocação dos pontos experimentais e suas respectivas incertezas, o ajuste visual de uma reta ( $y=ax+b$ ) a esses pontos obtendo os parâmetros  $a$  e  $b$  e suas respectivas incertezas, e a análise e discussão desses parâmetros em função do tema abordado na questão. Os resultados foram analisados com o auxílio de gráficos ternários e histogramas. No gráfico ternário os itens avaliados se concentram na região de acertos maiores que 30%, erros menores que 25% e os brancos menores que 50%. Dos histogramas de acertos, erros e em branco podemos concluir que os alunos do período diurno apresentam melhor desempenho do que aqueles do período noturno. Entretanto a comparação entre os resultados obtidos pelos alunos no exame vestibular - para a primeira fase, segunda fase e Matemática e Física da segunda fase, não mostra diferença significativa entre os alunos dos períodos, pontuação de 62% e 59%. Uma hipótese para o melhor desempenho dos alunos do período diurno é, de modo geral, disporem de mais tempo para estudar do que os alunos do noturno. Os alunos apresentam maior dificuldade em se apropriar dos conceitos de incertezas e menor na escolha da função que lineariza os dados e algarismos significativos. No futuro, pretende-se estender essa análise para todas as questões das provas das disciplinas de 2006 até o presente e tratar individualmente cada um dos bacharelados. Os dados obtidos do exame vestibular FUVEST deixa claro que o perfil das populações é diferente. Do total de 290 pontos, os alunos do bacharelado em Física obtiveram 215 (diurno) e 174 (noturno), enquanto que aqueles do bacharelado em Geofísica 146 e em Meteorologia 148.

## INTRODUÇÃO

Esta contribuição descreve parte do projeto *Avaliação do Aprendizado do Conteúdo de Laboratório de Física Experimental I e II do Instituto de Física* do Programa Ensinar com Pesquisa da Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo. Os alunos matriculados na disciplina Física Experimental I – FEP113 são do curso de bacharelado do Instituto de Física – IF (primeiro semestre) ou do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG (primeiro semestre do curso de Meteorologia e do terceiro semestre do bacharelado em Geofísica). A maioria

desses alunos raramente teve experiências de laboratório de física no ensino médio fazendo com que a novidade de ter mais que pensar do que ler e resolver exercícios propostos os intimida. O objetivo da disciplina de obter bons resultados de experimentos simples, utilizando métodos elaborados de análise requer deles uma postura mais crítica em relação à atividade que desenvolvem para obter e tratar os dados dos experimentos, e a análise, interpretação e discussão dos resultados.

No trabalho experimental em física são utilizados modelos, que não são um retrato exato da natureza, mas uma simplificação de alguns aspectos dela. Ao tratar com modelos, não é possível utilizar os mesmos critérios com que se tratam os objetos do dia-a-dia; estes em geral foram construídos e definidos fora do âmbito da ciência e carregam a conceituação do senso comum [1].

Neste trabalho realizamos um estudo do aprendizado dos alunos na análise de dados experimentais utilizando gráficos di-log, um dos conteúdos do programa da disciplina. O resultado do trabalho será colocado à disposição dos professores que ministram aulas para a disciplina de FEP113, podendo assim melhorar o planejamento da abordagem dos conteúdos da disciplina com o objetivo de preencher as lacunas detectadas no aprendizado dos alunos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi escolhida, para iniciar o trabalho, uma questão da prova da disciplina do ano de 2007, cujo conteúdo avaliava os conhecimentos apropriados pelo aluno sobre a confecção de gráfico di-log e a análise dos resultados obtidos no mesmo. Os itens utilizados na avaliação foram: escolha das escalas, grandezas, unidades, colocação de pontos e suas incertezas no gráfico, linearização, ajuste visual de reta, coeficiente angular e linear com suas respectivas incertezas (inclusive os Algarismos significativos) e interpretação dos resultados obtidos. Por meio da questão selecionada, foram anotados os dados sobre acertos, erros e itens em branco, que foram colocados em planilhas separadas por classe. A Tabela 1 mostra um exemplo de planilha. A análise desses dados foi realizada utilizando gráfico ternário e histogramas percentuais. No gráfico ternário cada ponto corresponde ao valor percentual de três variáveis (acerto, erro e branco).

Tabela 1. Parte da planilha com os dados coletados. Os valores significam: 0,5 acertou metade da questão, 1 acertou toda a questão (1 por cada ponto colocado corretamente do gráfico), -1 errou toda a questão e b significa questão em branco.

<b>Nº USP</b>	<b>5898770</b>	<b>5898710</b>	<b>5643618</b>	<b>5898112</b>	<b>5898492</b>	<b>5609706</b>
<b><u>Gráfico Di-log</u></b>						
<b>Linearização</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Escala</b>	1	b	b	1	b	1
<b>Colocação de pontos no gráfico</b>	5	-1	-1	5	b	5
<b>Incertezas no gráfico</b>	5	b	-1	5	b	b
<b>Coeficiente angular</b>	1	-1	-1	0,5	b	0,5
<b>Incerteza do coef. Angular</b>	1	b	-1	0,5	b	0,5
<b>Coeficiente linear</b>	1	1	1	1	b	1
<b>Incerteza do coef. Linear</b>	1	1	1	1	b	b
<b>Ajuste visual de reta</b>	1	0,5	1	1	b	1
<b>Unidades / grandeza</b>	0,5	0,5	b	0,5	b	0,5
<b>Interpretação dos dados obtidos</b>	1	b	-1	-1	b	b
<b>Algarismos significativos</b>	1	1	1	1	b	1
<b>Nota</b>	2,4	1,2	1	1,8	0,3	1,4

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento foi realizado com as provas de 129 alunos de 2007, os dados anotados estão apresentados em gráfico ternário na Figura 1. Da figura podemos concluir que 26% dos alunos colocaram incertezas nos pontos, 41% acertaram o coeficiente angular, 36% colocaram sua respectiva incerteza, 46% acertaram o coeficiente linear e mais de 22% colocaram a incerteza relativa a este coeficiente. Também, pode ser observado que 46% dos alunos colocam unidades ou grandezas, 53% colocaram escalas e 30% realizaram adequadamente a interpretação dos dados obtidos. Pela Figura 1, podemos também verificar que há maior concentração de pontos na região inferior à direita do gráfico (região delimitada pelo polígono parte em vermelho), o que corresponde a menos de 50% de respostas em branco, menos de 25% de respostas erradas e mais de 30% de respostas certas.

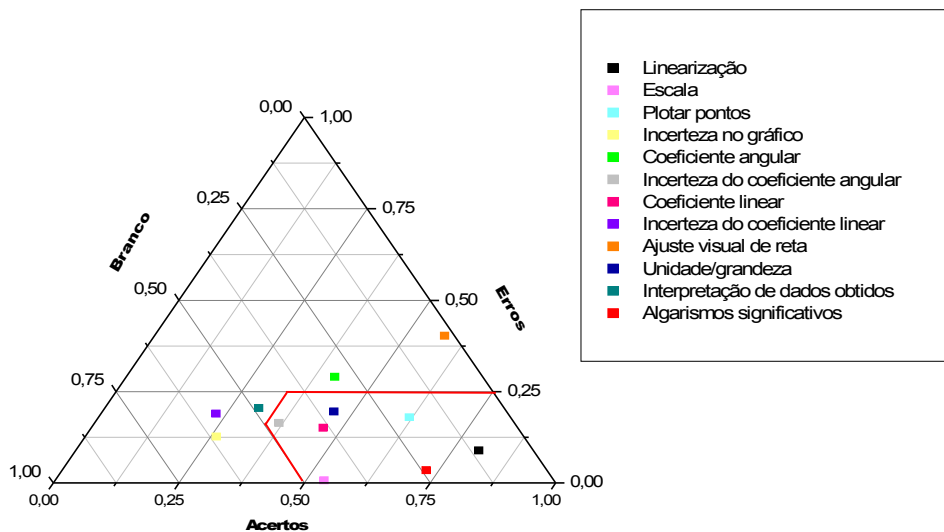


Figura 1- Resultados percentuais dos acertos, erros e em branco em gráfico ternário.

As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados de acerto, erro e branco para os itens: linearização, escala, colocação de pontos no gráfico, incertezas no gráfico, coeficiente angular, incerteza no coeficiente angular, coeficiente linear, incerteza no coeficiente linear, ajuste de reta, unidade/grandezas, interpretação dos resultados obtidos e algarismos significativos. A Figura 2 corresponde aos alunos do período diurno enquanto que a Figura 3 aos alunos do noturno. Analisando visualmente essas figuras podemos concluir que o desempenho dos alunos do período diurno foi melhor do que o desempenho daqueles do noturno nos itens avaliados e que há maior incidência de itens em branco no noturno.

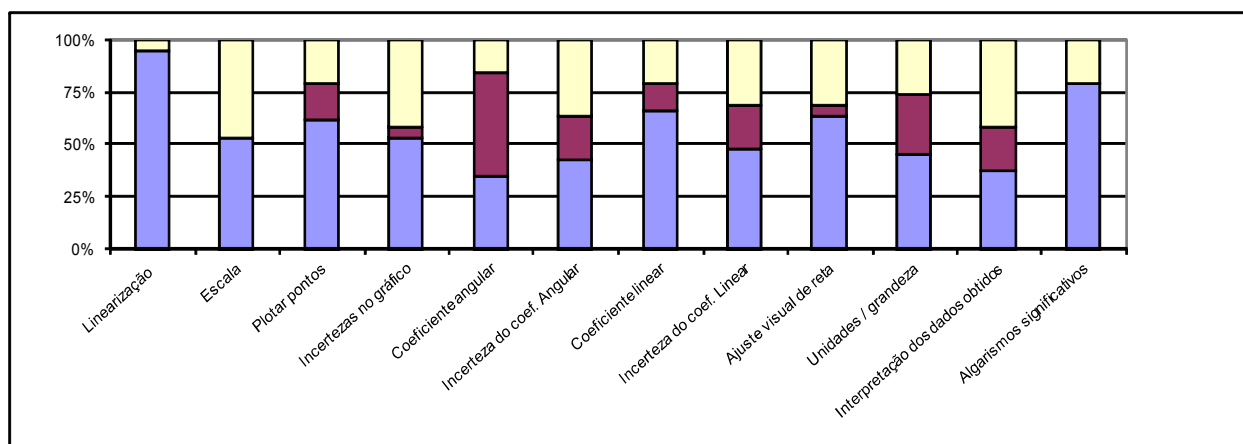


Figura 2 – Resultados percentuais de acerto, erro e branco na questão de gráfico para a prova aos alunos do diurno. Os acertos estão em cor azul, os erros em vermelho e os brancos em creme.

Da Figura 2 podemos observar que os erros e em branco para os alunos do período diurno estão abaixo de 25% para os itens: linearização e Algarismos significativos; entre 25% e 50% escala, incerteza dos pontos no gráfico, coeficiente linear, ajuste visual, unidades/grandezas, interpretação dos dados obtidos e colocar os pontos no gráfico.

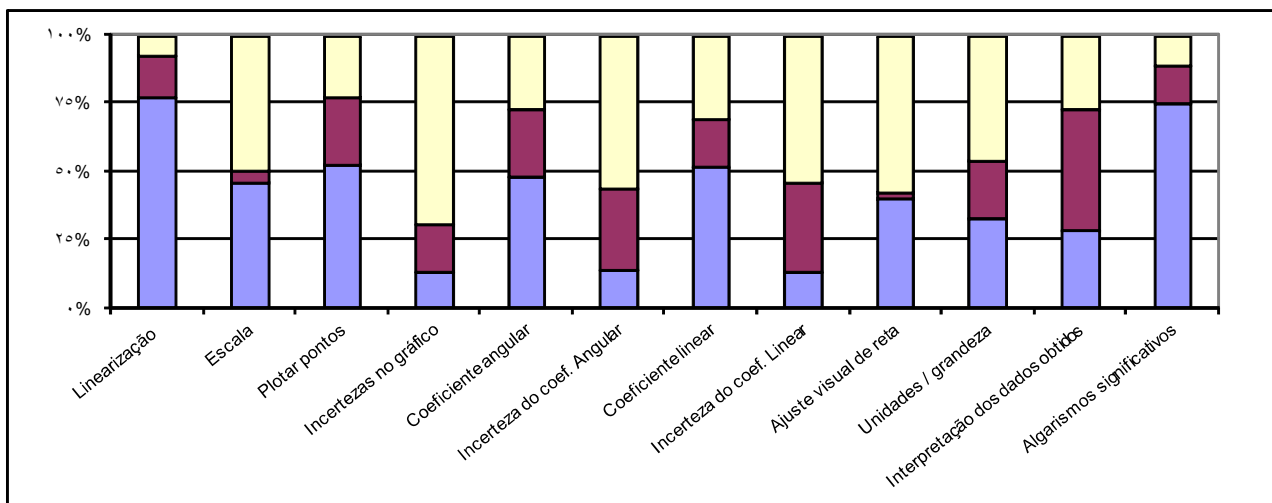


Figura 3 – Resultados percentuais de acerto, erro e branco na questão de gráfico dilog para os alunos do período noturno. Os acertos estão em cor azul, os erros em vermelho e os brancos em creme.

Da Figura 3 podemos observar que os erros e em branco para os alunos do período noturno estão abaixo de 25% para o item linearização, entre 25% e 50% para os itens: colocar pontos no gráfico, coeficiente linear e interpretação; entre 50% e 75% escala, coeficiente angular, unidades/grandezas e ajuste visual; e acima de 75% estão os itens incerteza dos pontos no gráfico, incerteza no coeficiente angular e incerteza no coeficiente linear.

A Figura 4 apresenta os resultados de acertos, erros e brancos de todos os itens para o período diurno (azul) e período noturno (vermelho), o que mostra claramente um desempenho melhor para os alunos do período diurno em relação aos alunos do período noturno.

De modo geral, todos os alunos apresentam dificuldades nos mesmos itens, sendo mais acentuado para os alunos do período noturno. Os itens onde ocorre o menor número de acerto são aqueles cujo conteúdo se refere a incertezas: colocar incertezas dos pontos no gráfico, calcular a incerteza no coeficiente angular e no coeficiente linear. Os alunos do período diurno acertaram menos calcular o coeficiente angular do que aqueles do período noturno. No quesito ajuste visual de reta os alunos do período diurno apresentam maior número de acertos do que aqueles do período noturno. O mesmo ocorre com a colocação de unidades e grandezas nos eixos do gráfico. O item Algarismos significativos tem o mesmo nível de acertos, notando que os alunos do período diurno erram menos do que os do noturno. Os alunos do diurno conseguem assimilar melhor o conceito da escolha da função que linearize os pontos colocados no gráfico, já no noturno há uma parcela dos alunos que cometem mais erros.

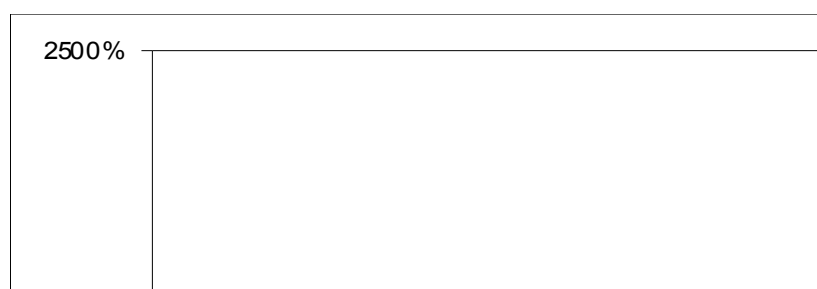


Figura 4 – Comparação de acertos, erros e brancos entre os alunos do período diurno (azul) e alunos do noturno (vermelho).

Na Tabela 2 são apresentadas as médias de pontos obtidas pelos alunos no vestibular FUVEST2007 matriculados em primeira chamada nos cursos de bacharelado em Física e Meteorologia e no vestibular FUVEST2006 para o curso de bacharelado em Geofísica<sup>1</sup>. Os pontos correspondem à primeira fase do vestibular, segunda fase e as disciplinas específicas de Física e Matemática da segunda fase [2] e [3]. Os cursos de bacharelado do IAG são no período diurno enquanto no IF são nos períodos diurno e noturno. Na última coluna da direita da tabela foram agrupados todos os cursos do período diurno com o valor sendo calculado pela média ponderada pelo número de alunos de cada curso porque as provas avaliadas não foram separadas por curso. Pode-se verificar claramente que em ordem decrescente de pontuação tem-se o bacharelado em Física do período diurno, em seguida o do noturno e depois do bacharelado em Geofísica e o bacharelado em Meteorologia, estes dois indistinguíveis estatisticamente. Na comparação da média dos períodos diurno e noturno, o primeiro deles tem valor de 179 enquanto que o segundo 174 (62% e 59% do máximo de pontos - 290, respectivamente), não se pode, devido a diferença de 3%, concluir de que período os alunos são melhor preparados.

Tabela 2 – Médias de pontos obtidas pelos alunos no vestibular FUVEST2007, matriculados em primeira chamada nos cursos de bacharelado em Física, Geofísica e Meteorologia. Os pontos correspondem à primeira fase do vestibular, segunda fase e as disciplinas específicas de Física e Matemática da segunda fase [2] e [3].

Bacharelado		Física	Geofísica	Meteorologia	Física	Todos*
Período		Diurno	Diurno	Diurno	Noturno	Diurno
	Total de pontos					
Vagas		60	30	40	100	130
1a. Fase**	90	67,8	54,3	55	59,9	60,7
2a. Fase	120	83,4	53,5	54,7	65,8	67,7
Matemática	40	30,3	17,5	17,3	21,4	23,3
Física	40	33,9	20,7	21,3	26,4	27,0
Soma de pontos	290	215	146	148	174	179

\* Foi calculada a média ponderada da média de pontos com peso igual ao número de vagas.

\*\* A nota da primeira fase do curso de Geofísica foi normalizada para o total de 90 pontos porque no vestibular 2006 o número de pontos da primeira fase foi de 100.

Percebe-se dos resultados obtidos na Figura 4 não acompanham aqueles apresentados na Tabela 2. Todos os alunos têm um desempenho equivalente no exame vestibular (pontuação de 62% - diurno - e 59% - noturno), mas na prova os alunos do período diurno apresentam melhor desempenho do que aqueles do período noturno. Uma possível justificativa para esse fato seria que os alunos do período noturno, por exercerem em sua maioria uma atividade no período diurno, dispõem de menos tempo para se dedicar às disciplinas do curso. Os resultados, mostrados na Tabela 2, sugerem que a avaliação deve ser tratada separadamente para cada um dos bacharelados, pois do total de 290 pontos os alunos do bacharelado em Física obtiveram 215 pontos (diurno) e 174 pontos (noturno), enquanto que aqueles do bacharelado em Geofísica obtiveram 146 pontos e em Meteorologia 148 pontos.

<sup>1</sup> A disciplina de Física Experimental I é do terceiro semestre da grade curricular para os alunos de bacharelado em Geofísica, portanto eles correspondem aos ingressantes do vestibular FUVEST2006.

## CONCLUSÕES

Os alunos encontram mais dificuldades em tratar do conteúdo incerteza, tanto de colocá-la no gráfico como de calculá-la para os parâmetros a partir do ajuste visual de reta aos pontos do gráfico. Menor dificuldade é encontrada na escolha da função que linearize os pontos no gráfico e Algarismos Significativos. Obter os parâmetros do modelo pelo gráfico, colocar escala nos eixos e colocar os pontos no gráfico, a dificuldade é média. O ajuste visual tem uma dificuldade menor do que a esperada pelos professores, enquanto que era esperado que os alunos não apresentassem grande dificuldade em colocar unidades e grandezas, este último pode-se creditar a falta de cuidado na confecção do gráfico. O resultado para a interpretação dos resultados obtidos está dentro da expectativa tida pelos professores. Acreditamos que as dificuldades dos alunos nos tópicos apresentados devem a uma concepção inadequada de como deva ser o aprendizado no laboratório didático. Os resultados obtidos neste trabalho mostram que os professores devem colocar maior ênfase no conteúdo incertezas e exigir mais atenção dos alunos para a escolha das escalas dos eixos e a colocação de unidades e grandezas nos mesmos.

No futuro, pretende-se estender essa análise para todas as questões das provas das disciplinas de 2006, inclusão das provas de 2007 e 2008 e tratar individualmente cada um dos bacharelados. Do total de 290 pontos, os alunos do bacharelado em Física obtiveram 215 pontos (diurno) e 174 pontos (noturno), enquanto que aqueles do bacharelado em Geofísica obtiveram 146 pontos e em Meteorologia 148 pontos. O perfil dos ingressantes dos cursos diurno é sem dúvida diferente, em especial aqueles do IF e do IAG, para serem tratados como uma mesma população.

## Referências

[1] F. Marineli e J. L. de Almeida Pacca

Rev. Bras. Ens. Fis. v. 28, n. 4, p. 497-505,(2006).

[2] Vestibular FUVEST 2007, Estatísticas, [www.fuvest.br/scr/perfilingressantes.asp?anofuv=2007](http://www.fuvest.br/scr/perfilingressantes.asp?anofuv=2007), acessado em 5/10/2008.

[3] Vestibular FUVEST 2006, Estatísticas, [www.fuvest.br/vest2006/download/pingr.pdf](http://www.fuvest.br/vest2006/download/pingr.pdf), acessado em 5/10/2008.