

Existem Dificuldades dos Alunos na Interpretação da Interação Carga-Campo?

Antonio José Ornellas Farias

Departamento de Física

Universidade Federal de Alagoas

CEP 57072-970 - Alagoas - Brasil

E-mail: Ornellas@fis.ufal.br

Recebido em 2 de setembro, 1998

Avaliamos essas dificuldades com um grupo de 34 alunos de Engenharia, após terem cursado Física III e estarem cursando Física-Laboratório II (realizando um experimento que visava “efetuar o mapeamento” do campo elétrico usando a interação carga-campo). Para isso usaram-se fiapos de algodão bem leves, soltos nas proximidades de esferas condutoras fixas e “isoladas”, alimentadas por uma fonte de alta tensão (16 KV - 1 mA). Posteriormente na avaliação de aprendizado, solicitou-se ao aluno que justificasse, teoricamente, todo o comportamento observado no fiapo de algodão (atração e repulsão com as esferas, as trajetórias seguidas, etc.). A análise qualitativa dessa questão escrita sobre o experimento, mostrou que a grande maioria do grupo, não respondeu amplamente à questão com o uso da interação carga-campo (segundo os objetivos da atividade experimental). Porém, praticamente metade desses alunos, situaram suas respostas usando de forma restrita e incompleta a idéia de campo, deixando dúvidas no domínio e aceitação desse conceito. A outra metade procurou responder simplesmente, através da interação coulombiana carga carga de forma simplificada, procedimento este que pode indicar a existência de dificuldades em lidar com a teoria do campo eletrostático.

This paper consists of an evaluation of the difficulties presented by students when they, after concluding a theoretical course on electricity and magnetism (Física III), follow a laboratory course (Física Laboratório III). Our results, in disagreement with of the objective of the pedagogical experiment, clearly indicate that 50% of the explanations given by the students are centered on the concept of action at a distance (charge-charge direct interaction). The other 50% presented several levels of understanding of the concept of field. Due to a great lot of presented misunderstandings on the concept of field, we verify a clear existence of serious difficulties in learning this important concept of physics.

I Introdução

A experimentação constitui um importante recurso instrucional de ajuda à assimilação significativa de qualquer assunto, entre outros objetivos importantes [1]. O Laboratório possibilita o elo de ligação entre a teoria e a natureza física, mostrando quase sempre as dificuldades, limitações, e aproximações que se fazem necessárias nessa associação. Muitas vezes o conteúdo físico para uma assimilação significativa, exige introspectivamente, da mente do indivíduo, grande dose de abstrações e associações fora do universo concreto. Algumas pesquisas em ensino de Física [2,3] têm mostrado que muitos alunos do ensino médio, até das disciplinas do ciclo básico universitário, ainda não conseguem li-

dar devidamente com assuntos, que requerem o estágio das operações formais, em seu raciocínio lógico, devido a muitas abstrações, fora do nosso domínio concreto vivenciado no cotidiano. Isso tem dificultado o aprendizado significativo desses alunos e tem requerido maiores cuidados na elaboração da descrição teórica, do que as que estão contidas em algum dos livros textos convencionais [4,5,6]. Nesse contexto se coloca a atividade experimental, que desempenha uma função substancial em ajuda ao estudante [2,7].

No estudo da Teoria Eletromagnética, a descrição da eletrostática em si, na apresentação da carga elétrica (uma das propriedades fundamentais da matéria) e na apresentação do campo elétrico (uma grandeza física vetorial instituída para justificar a interação entre cargas

à distância), requer associações lógicas que não podem ser observadas ou experimentadas no domínio do nosso universo concreto.

O presente trabalho tem como objetivo verificar o nível de raciocínio usado pelo aluno na interpretação teórica de um fenômeno observado, experimentalmente, envolvendo as interações elétricas. A avaliação efetuada levou em consideração que os alunos já haviam cursado a disciplina teórica Física III (Eletricidade e Magnetismo) e se encontravam cursando a disciplina Física Laboratório II. Pelo que se tem conhecimento [8], poucos estudos preocuparam-se em averiguar o conceito e a aceitação da idéia de campo elétrico após o ensino formal.

II Procedimento e Resultados obtidos

Trabalhamos no laboratório com um grupo de 34 alunos dos cursos de Engenharia Civil e Química UFAL. O experimento usado nesse trabalho solicitava que o estudante efetuasse o mapeamento do campo elétrico criado nas proximidades das esferas fixas, condutoras, carregadas e “isoladas”. O experimento visava efetuar o “mapeamento” do campo elétrico através da força elétrica observada em um objeto de prova (monopolo ou dipolo elétrico), com base na definição de campo: $\vec{E} = \vec{F}/q_o$, em cada ponto do espaço. Para isso, eram usados fiapos de algodão bem leves, soltos nas proximidades das esferas, que eletrizados funcionavam como carga de prova dos efeitos desse campo. Inicialmente observou-se o comportamento do fiapo, em volta de uma esfera carregada. Depois usou-se, duas esferas carregadas com polaridades opostas, para o mesmo fim. As esferas eram alimentadas por uma fonte de alta tensão com baixa potência (C.C. de 16 KV - 1,0 mA). No roteiro experimental, era solicitado ao aluno que justificasse teoricamente, os deslocamentos e as trajetórias seguidas pelos fiapos, nas interações elétricas sofridas. Na primeira verificação de aprendizado escrita da disciplina, uma das perguntas era ligada ao experimento e continha o seguinte enunciado: Justifique teoricamente todo comportamento assumido pelo fiapo de algodão nas interações elétricas com as campânulas.

O objetivo específico desse trabalho foi analisar as respostas dadas pelos alunos do grupo a essa questão.

Em função desse resultado, procurou-se saber a forma e o nível de aprendizado do conteúdo em questão, levando-se em conta que o aluno vivenciou dois sucessivos processos de aprendizagem (um teórico e outro experimental). A finalidade dessa pesquisa foi averiguar a existência e a forma com que a concepção do campo eletrostático se apresenta na mente do aprendiz após essa atividade experimental. Não se procedeu nessa pesquisa à aplicação de um pré-teste, que avaliasse as concepções de campo trazidas, antes da atividade experimental. Queremos ainda, acrescentar que por limitações de ordem experimental, não foi possível explorar amplamente a interação carga-campo. Isso porque não tratamos de questões, como as relativas ao fato da força entre cargas a distância, não ser uma ação instantânea.

A tabela a seguir, expressa uma classificação das respostas obtidas do grupo de forma sistematizada. Foi efetuada com base no que era esperado como resposta correta e no comportamento das respostas assumidas pelo mesmo. Assim, o aluno poderia justificar corretamente o comportamento observado no fiapo de algodão de duas formas: 1) Dar a resposta, usando apenas a interação Coulombiana entre as cargas (carga-carga)[4], auxiliado pelo princípio da superposição de força (quando necessário), e associada aos processos de eletrização do fiapo; 2) Dar a resposta usando as interações: carga com o campo elétrico existente no local (carga-campo)[4], e a Coulombiana carga com carga (carga-carga), associadas aos processos de eletrização do fiapo. As demais classes de respostas são tentativas que se aproximam de uma ou de outra forma apresentada como correta (com alguma imprecisão e/ou inadequação, e/ou ainda de forma incompleta). Existe ainda a classe das respostas erradas, onde os erros e inadequações preponderam sobre qualquer sentido lógico correto mostrado. Efetuamos uma análise estatística, com o teste χ^2 [9], aplicado aos parâmetros classificação versus frequência, com o objetivo de averiguar se o resultado apresentado poderia ser uma amostragem de uma distribuição uniforme (que tomamos como hipótese nula, H_0). Após a tabela, apresentamos algumas respostas dadas como ilustrações, com a respectiva classificação, para se ter uma idéia de como o aluno procedeu na resposta, o que pode ser observado experimentalmente, algumas limitações experimentais, etc.

Tabela de Resposta Sistematizadas do Grupo Com as Respectivas Freqüências.

Respostas Sistematizadas	Freqüência nº de alunos
Apresenta o processo de eletrização do fiapo, o deslocamento e a trajetória seguidos.	1) Segundo interação: carga=carga e usando o princípio da superposição da força elétrica corretamente.
	Nenhum
	1') Segundo a interação: carga=carga somente com inconsistências e inadequações.
	14
	2) Segundo as interações: carga=carga e carga=campo de forma correta.
	02
	2') Segundo a interação carga=carga e carga=campo com inconsistência e inadequações, ou incompleta.
	10
3) Faz referência à interação carga=campo somente, sem usar a definição de campo, e sem justificar o processo de eletrização e as trajetórias seguidas.	03
4) Apresenta as respostas erradas, inconsistentes e sem sentido lógico que possa se adequar às opções acima.	05
Dados estatísticos: $\chi^2_{obtido} = 24,8$ $\chi^2_{0,05} = 11,07$, g.l. = 5 $\chi^2_{obtido} > \chi^2_{0,05} \rightarrow$ rejeita-se H_0	

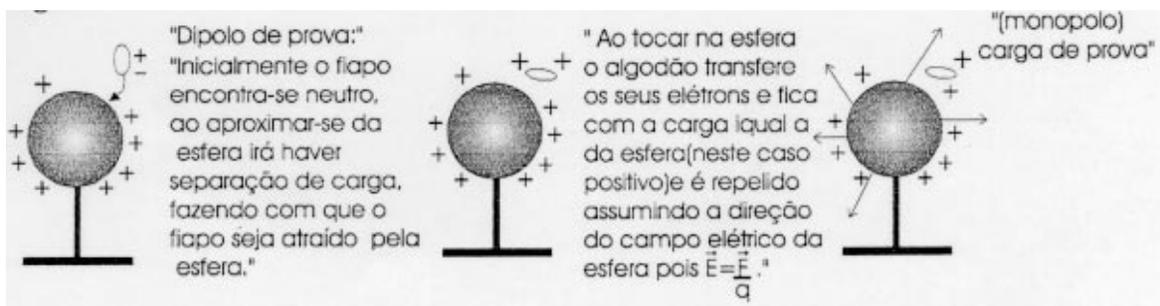
Exemplos ilustrativos das respostas dadas por nove alunos com suas respectivas classe que foram associados:

Observações: A classificação efetuada traz em si uma certa dose de subjetividade, que em algumas respostas pode haver dúvidas, quanto a situar-se em uma ou outra classe adotada. Não procederemos nenhum comentário individualizado sobre as respostas no trabalho. A análise será efetuada, genericamente, em torno

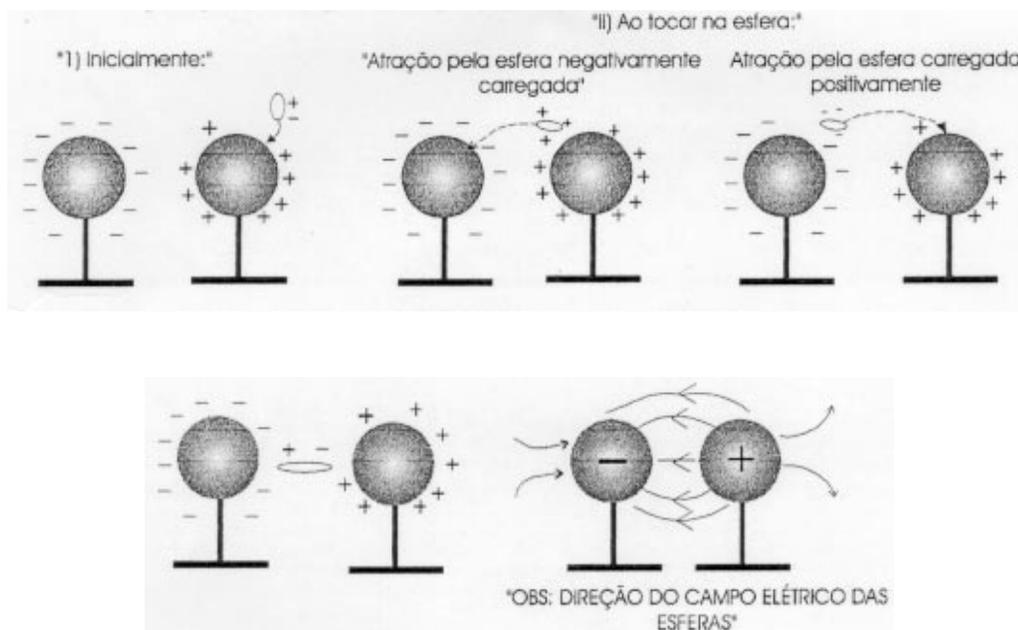
da classificação. As respostas aqui apresentadas foram reproduzidas na íntegra. As nove respostas apresentadas (das 34 analisadas), foram distribuídas por todas as classes, levando-se em conta a freqüência, por isso foram colocadas mais respostas (3 de cada) nas classes (1') e (2').

1) Classificada em (2):

“Usando-se apenas 1 esfera eletrizada, o comportamento do fiapo de algodão foi o mostrado a seguir



“No caso de duas esferas, acontece basicamente a mesma coisa, entretanto se as esferas estiverem próximas a ponto de que o fiapo encoste simultaneamente nas duas, então haverá separação de cargas no fiapo (dipolo)(fig.III).”



2) Classificada em (2')

"2o. Caso"

“O fiapo de algodão inicialmente está neutro, quando ele entra no campo elétrico produzido no campo pelo dipolo elétrico (que são as campânulas carregadas com cargas iguais e sinais opostos) há um reagrupamento nas cargas nele existentes fazendo com que haja uma força maior de atração que de repulsão. O fiapo então é atraído por uma das campânulas e ao tocar nelas assume a mesma carga desta campânula havendo com isso repulsão. Ocorre esta repulsão, o fiapo está com carga igual à da campânula que o repeliu mas com carga oposta à outra campânula, acarretando com isso uma atração e quando o fiapo esta campânula que está lhe atraindo todo o processo se repetirá, ficando em um movimento de vai-vem.”

"1o. Caso"

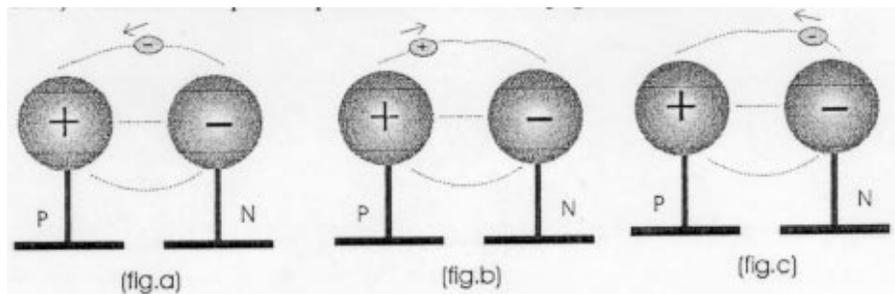
“O fiapo está inicialmente neutro e quando entra no

campo do monopolo elétrico há um reagrupamento das cargas fazendo com que as cargas iguais a do monopolo fiquem mais afastadas ocorrendo com isso uma força de atração maior do que de repulsão. O fiapo é então atraído e quando toca na campânula assume a carga desta e é repelido.”

3) Classificada em (2')

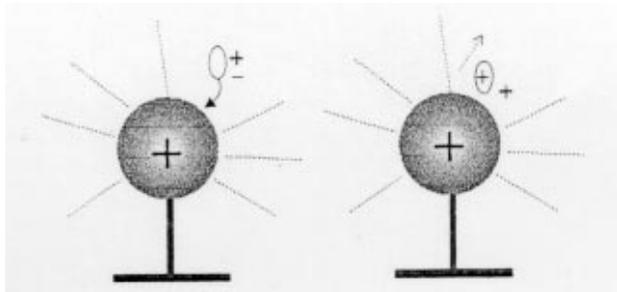
"1o. caso 2 campânulas carregadas"

“No primeiro instante, quando o fiapo de algodão é atraído pela campânula carregada positivamente (fig.a) o fiapo de algodão se carrega positivamente e nesse instante passa a se repelir, ao entrar no campo da campânula P é atraído justamente porque tem sua face carregada positivamente voltada para a campânula carregada negativamente (fig.b). Ao ficar carregado negativamente o fiapo de algodão passa a ser repelido, por ter carga igual a da campânula, voltando a repetir o processo como um jogo de tênis.”



“2o. caso 1 esfera carregada”

“Com uma esfera carregada, e convencionando-se que sua carga é positiva e a face do algodão voltada para a campânula é negativa, os dois se atraíram, ao se aproximar da campânula o fiapo vai se carregando positivamente, e quando estiver todo carregado positivamente, o fiapo se afastará até o momento em que ficará com sua face voltada para a campânula com carga negativa, passando a se aproximar novamente. Tal qual o movimento de “iôio.”

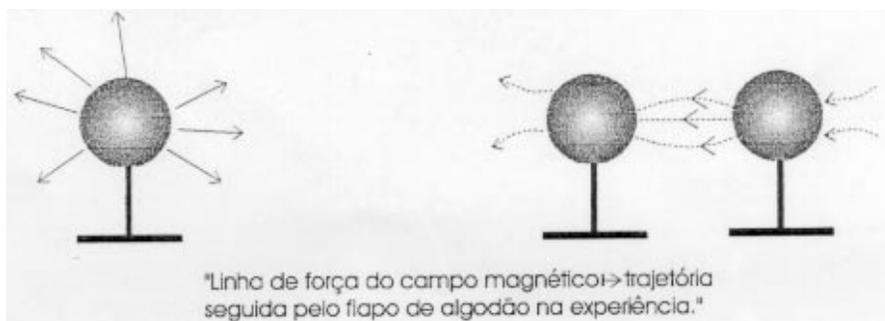


4) Classificada em (2')

“O fiapo de algodão neutro inicialmente era polarizado elétricamente por indução ao se aproximar das campânulas e então atraídos por elas.”

“Quando havia apenas uma campânula o fiapo de algodão defletido ou refletido, melhor dizendo sempre na direção radial quando tocava na campânula. Essa repulsão devido à transferência de elétrons entre o algodão e a campânula fazendo com que o algodão adquirisse a mesma carga da campânula e então fosse repellido.”

“Na presença de duas campânulas o algodão era defletido de uma para outra segundo a direção das linhas de campo. Se o algodão fosse colocado no meio das duas campânulas, ele ficava ricocheteando entre uma e outra devido à rápida transferência de cargas entre o algodão e cada campânula. Ao tocar uma delas ele adquiria a carga da mesma e iniciava a volta para primeira campânula quando reiniciava todo o processo.”

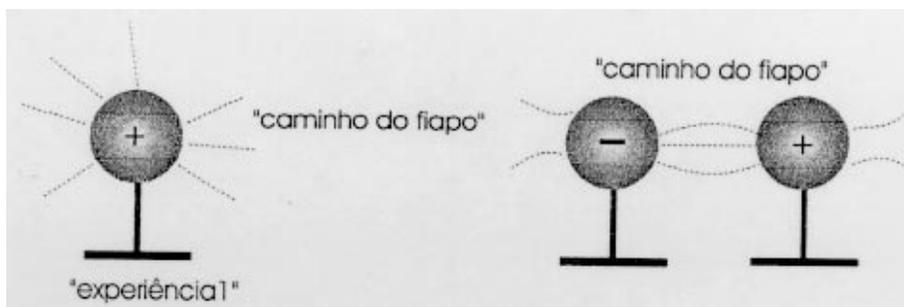


5) Classificada em (3)

“Pegamos um fiapo de algodão e soltamos em cima de uma esfera de alta voltagem e vemos que ele fica oscilando radialmente na mesma direção até uma certa distância da esfera, isto é, traçando as linhas do campo elétrico da esfera. Depois pegamos as duas esferas e juntamos, ambas separadas por uma pequena distância e soltamos o fiapo de algodão para ver qual seria o seu

comportamento. Daí vimos que o fiapo traçava as linhas de campo elétrico entre as duas esferas, isto é, o caminho que ela percorria de uma esfera para outra era o mesmo caminho, tanto de ida como o de volta, cujo o caminho era em forma de curva. Com o uso do fiapo de algodão, vimos o comportamento do campo elétrico entre as esferas carregadas.”

“Veja nas figuras, a experiência’



“fiapo de algodão tem como comportamento traçar as linhas do campo elétrico.”

6) Classificada em (1’)

“Utilizamos um fiapo de algodão na experiência de interações elétricas com as campânulas em dois casos diferentes, no primeiro caso, foi ligada apenas uma campânula. Vimos que ao aproximarmos o fiapo de algodão, por ser neutro, era inicialmente atraído pela campânula, ao tocá-la havia uma indução de carga onde parte da carga da campânula passa para o fiapo de algodão.”

“Em conseqüência disto ocorre uma repulsão, pois a campânula e o fiapo passam a ter a mesma carga, saindo assim o fiapo de algodão na direção radial por outro lado, ao tocar a mão, ocorre uma troca de carga que faz com que o algodão, seja novamente atraído pela campânula.”

“No segundo caso ligamos as duas campânulas à fonte, uma campânula no positivo e outra no negativo.”

“Neste outro caso ao soltarmos o fiapo de algodão, um movimento de vai e vem foi executado entre as duas campânulas, pois por ser o fiapo de algodão neutro este é atraído por uma das campânulas, ao tocá-la este passa por indução de cargas a possuir a mesma carga, ocorre aí uma repulsão, onde passará a outra campânula que possui carga de sinal contrário, a atrair o fiapo de algodão eletrizado.”

“Ao tocar a campânula oposta, ocorre novamente a troca de cargas, ocasionando novamente a repulsão e a atração pela outra campânula, ficando, assim o fiapo de algodão sempre nesse movimento.”

7) Classificada em (1’)

“O fiapo de algodão ao ser aproximado de um monopolo é repellido radialmente, uma vez que o algodão apesar de ser um corpo neutro, ao entrar em contato com o monopolo é eletrizado e ambos (monopolo e algodão) passam a apresentar a mesma carga elétrica sendo por isso repellidos.”

“No caso de um dipolo, podemos usar o mesmo raciocínio sendo que neste caso trata-se de campânulas de cargas diferentes o fiapo de algodão ao ser posto entre elas é atraído por uma e repellido pela outra, de acordo com a carga que apresentarem.”

8) Classificada em (1’)

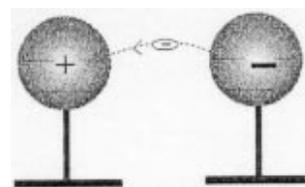
“Analisando primeiramente uma campânula isolada, observamos um movimento radial do fiapo como visto na figura:

“O fiapo é neutro quando o aproximamos da campânula ele é atraído, passando a ter carga igual a da campânula. A partir daí ocorre repulsão (cargas iguais) fazendo com que o fiapo volte a posição de origem. Quando o tocamos novamente, ele troca carga repetindo todo o processo.”



“No segundo caso, dispomos de duas campânulas, neste caso a configuração é a seguinte.”

“O fiapo fica oscilando de uma campânula para outra, como dito anteriormente e o fiapo é neutro, sendo atraído inicialmente por uma das duas campânulas. Em seguida ele se eletriza, sendo então atraído pela campânula de carga contrária repetindo várias vezes este processo até que, pela ação da gravidade desce.”



9) Classificada em (4)

“Sendo o fiapo de algodão um corpo neutro e, com massa muito pequena para que a força gravitacional fosse desprezível e que não influísse no seu movimento ocasionado pelas as interações com as campânulas.”

“O fiapo sendo um corpo neutro, ao se interagir com a campânula carregada, sofria uma separação de cargas, sendo repellido pelo campo elétrico produzido por esta.”

III Análise do resultado e conclusões

A análise estatística dos resultados da tabela (classificação versus freqüência), usando χ^2 , para mostrar se as respostas dos alunos para cada uma das classes, era uma distribuição uniforme, apresentou conforme a tabela: $\chi^2_{(obtido)} > \chi^2_{0,05}$ esse resultado mostra, com muita boa exatidão superior ao usual, que as freqüências às respostas não apresentam uma distribuição uniforme (rejeita-se H_0). Fica assim caracterizado que a atividade experimental realizada condicionou as respostas dos estudantes. Caberá, porém, a análise qualitativa a seguir, com base na freqüência e no relacionamento entre a classificação e a questão pesquisada, responder sobre a existência ou não de dificuldades.

Os resultados da tabela anterior mostram que apenas 02 alunos tiveram respostas associadas à categoria (2) de correta e mais 10 estudantes responderam nessa linha de forma aproximada (2’), e mais 03 na classe (3).

Temos, assim, um total de 15 estudantes que se mostraram preocupados em responder usando a interação carga-campo, dentro das limitações contidas na classificação efetuada. Nenhum aluno respondeu amplamente a questão pela interação carga-carga, da classe (1), porque não usou, principalmente, o princípio da superposição, quando necessário, para justificar a trajetória seguida pelo fiapo de uma esfera para a outra. Porém, foi nessa linha, na forma restrita da classe (1') que se teve maior incidência de respostas, 14 estudantes. Responderam incorretamente 05 alunos com pouca ou nenhuma fundamentação teórica, perfazendo, assim, um total de 32 alunos que não atenderam aos objetivos da atividade experimental contidos na classe (2) que era justificar os fenômenos usando principalmente a idéia do campo.

O resultado mostrado pela tabela caracteriza ou, pelo menos, deixa grande suspeita de que o duplo processo de aprendizagem em diferentes formas de abordagem do conteúdo (teórico e experimental), em disciplinas com diferentes professores, não foi suficiente para muitos alunos descreverem o fenômeno observado atendendo principalmente para a idéia do campo. A dúvida fica e: esse procedimento deve-se a limitações de ordem cognitivas, a nível de raciocínio abstrato, ou, se existiu uma falta de aplicação ou de conhecimento, ou ainda, de interpretação na elaboração das respostas (principalmente desses 14 estudantes entre os demais que não responderam favoravelmente ao desejado pelo processo de aprendizagem). Assim procedendo, não estenderam suas respostas aos objetivos do experimento, talvez "fugindo" do compromisso de abordar as abstrações trazidas pela interação carga-campo, o mais importante dentro do que pretendíamos avaliar no experimento. Por outro lado será que a observação experimental do assunto em questão, não favoreceu aos alunos, nesse caso, para uma visão mais ampla do que foi tratado? A experiência que acumulamos ao longo do tempo, em ministrar disciplinas experimentais, no acompanhamento e avaliação do aprendizado do estudante, indica que, havendo interesse, o laboratório de um modo geral, pode ajudar tanto na formação dos conceitos quanto na visão de relacionamento observação experimental e conhecimento teórico, desde que a base cognitiva esteja preparada para isso. Daí, acreditamos que os alunos que responderam restritamente à questão, classificados em 1', talvez não apresentassem os subsunçores adequados, para tratar da concepção abstrata do campo eletrostático. Assim, a ligeira passagem pelo experimento (com suas limitações ao universo concreto), pode não ser o suficiente, nesse caso, para o aluno construir e dominar os conceitos teóricos em questão. Por outro lado, muitos alunos que responderam, preocupados em referir-se ao campo, classificados em (2') e (3), deixam dúvidas, quanto a se dominam amplamente essa idéia.

Como já dissemos, não foi feito nenhum comentário individualizado sobre as respostas dos alunos nesse tra-

balho. Acreditamos, porém, que, de certo modo, a análise efetuada, em torno da classificação já atende nossos objetivos de averiguar nas respostas escritas dos alunos, a existência e a forma com que a concepção do campo se apresenta, em função das interações elétricas experimentadas. Em nossa avaliação como apenas 2 estudantes atenderam plenamente aos objetivos da atividade experimental, concluímos que a maioria dos estudantes do grupo mostraram dificuldades, diferenciadas na forma e no grau, em lidar com a interação carga-campo.

IV Comentários finais e recomendações

Observamos no grupo avaliado que muitos estudantes mostraram dificuldades e até deixaram de tratar teoricamente a observação experimental se atendo às idéias do campo, após um duplo processo de aprendizagem sobre o tema. Torna-se, assim, importante finalizar esse trabalho, efetuando um breve comentário, sobre a adequação do tratamento teórico e prático desse assunto com as dificuldades, ao nosso ver, de ordem cognitiva apresentadas pelos estudantes. Acreditamos que a Física III (apesar de não se ter acompanhado a passagem do grupo pela disciplina), talvez, por se preocupar mais com a operacionalização formal matemática, se descuide de trabalhar devidamente com os conceitos e com a fenomenologia (os próprios livros-textos mostram essa característica [3,4,5]). Não querendo entrar no mérito do laboratório, precedendo à disciplina teórica (na grade curricular do nosso curso de engenharia), pois é normal se proceder a um trabalho integrado em paralelo. Pensamos, porém que essa disposição não interferiu no que pretendíamos avaliar. Ao nosso ver, o certo é que, os estudantes que mostraram dificuldades em lidar com a interação carga-campo, necessitam de mais atenção e disponibilidade para o aprendizado em um processo diferenciado, a fim de que possam atingir o nível de conhecimento requisitado pelo ensino universitário. Apesar de alguns estudos indicarem dúvidas em relação ao papel do laboratório [10], acreditamos que para suprir as deficiências aqui levantadas, haveria necessidade de se explorar ainda mais a atividade experimental. Mesmo nesse caso, onde o experimento não se concretiza no espaço o fenômeno campo eletrostático, mas o fato de mostrar seu efeitos, possibilita muitas chances para que a mente do aluno possa construir e idealizar essa importante entidade da Teoria Física, em princípio, de caráter abstrato. Como se pode observar, muitos alunos podem estar "avançando" na grade curricular (aprovado nas disciplinas) com essas deficiências, ao nosso ver, de ordem cognitiva que comprometem um domínio mais amplo do conhecimento científico. Normalmente, o tempo disponível junto à necessidade de se cumprir o conteúdo programático, pode dificultar um

trabalho diferenciado em favor desses estudantes. É nossa opinião que, mesmo para um curso de engenharia, existe a necessidade de se abrir um espaço dentro da atual estrutura curricular, para que se possa incorporar essa realidade, sem o prejuízo do nível de formação e dos objetivos do curso.

References

- [1] FARIAS, A .J. Ornellas. "A Construção do Laboratório na Formação de Física", Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis: **9** (3), dez. 1992.
- [2] QUEIROZ, G.R.P.C., URE, M.C.D. - "Uma Experiência de Ensino na 1a. Cadeira de Física Básica na Universidade", Rev. de Ens. de Fís. **3**(4), (1981).
- [3] BRAGA I, Luiz, "Os melhores alunos que saem do ensino médio estão preparados para prosseguir estudos universitários na área de Ciências Físicas e Matemáticas?" - Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, **4** (1), aler.1987.
- [4] HALLIDAY, D. RESNICK, R. & WALKER J., *Fundamentos de Física 3 Eletromagnetismo*, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A . - 3a. edição 1994 - Rio de Janeiro.
- [5] TIPLER, Paul A., *Física Pra Cientistas e Engenheiros*, Vol. 3, 3a. edição - 1991 - Livros Técnicos e Científicos Editora S. A . - 1995 - Rio de Janeiro.
- [6] SEARS, F.; ZEMANSKY, M. W. & .; YOUNG, H.D. - *Física 3*, 2a edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A ., 1985 - Rio de Janeiro.
- [7] SANDOVAL, Julia Salinas De - "Las experiencias De Búsqueda de Relaciones entre Magnitudes como Herramientas para Incorporar al Aula la Metodologia de la Investigación Científica", Rev. de Ens. De Física, Vol, 12, Dez/1990.
- [8] DOMINGUEZ, M.E. & MOREIRA, M.A. - "Significados Atribuidos aos Conceitos de Campo Elétrico e Potencial Elétrico por Estudantes de Física Geral", Rev. de Ens. de Fis., **10**, dez/1988.
- [9] SIEGEL S., *Estatísticas Não - Paramétricas* Editora Mc Graw - Hill, São Paulo, 1975.
- [10] BLOSSER, Patricia E. - O Papel do Laboratório no Ensino de Ciências - Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 5(2), agosto/1988.