

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE FÍSICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ANÁLISE DA RELAÇÃO DOS ESTUDANTES COM
AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE
ELETROMAGNETISMO UTILIZANDO O VÊ DE
GOWIN EM CONTRAPOSIÇÃO AO RELATÓRIO
TRADICIONAL.**

ÂNGELO MOZART MEDEIROS DE OLIVEIRA



**PORTO ALEGRE
2011**



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Acadêmico em Ensino de Física



**ANÁLISE DA RELAÇÃO DOS ESTUDANTES COM AS
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE
ELETROMAGNETISMO UTILIZANDO O VÊ DE GOWIN
EM CONTRAPOSIÇÃO AO RELATÓRIO TRADICIONAL.**

Ângelo Mozart Medeiros de Oliveira

Dissertação de Mestrado, realizada sob a orientação do Prof. Dr. Marco Antonio Moreira, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Porto Alegre
2011**

Ficha catalográfica

*Dedico este trabalho à toda minha família que sempre me deu apoio nos momentos
mais difíceis da minha vida.*

*Ao Sr. Antonio Ângelo de Oliveira, meu pai, pela dedicação e pelos ensinamentos
sobre a vida.*

*À Sra. Nilva Medeiros de Oliveira, minha mãe, que sempre me deu muito carinho,
atenção e amor.*

*À Janaína Feil de Oliveira, minha irmã, a pessoa que mais se parece comigo neste
mundo, que sempre lutou por mim incondicionalmente.*

Com todos eles aprendi a ser uma pessoa de bem.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Marco Antonio Moreira, meu orientador, que me acolheu no Grupo de Ensino de Física, oferecendo-me a oportunidade de entrar em contato com uma pessoa de notório saber e reconhecimento internacional em ensino de Física. Durante suas aulas pude melhorar minha visão sobre ensino de ciências, assim como o próprio desenvolvimento do conhecimento científico.

Aos Profs. Ives Solano Araújo e Eliane Ângela Veit, meus professores, pelo grande incentivo e pelo muito que aprendi sobre modelagem computacional.

Ao Prof. Fernando Lang da Silveira, meu professor, que muito me ensinou sobre estatística e ensino de física.

À Prof.^a Fernanda Ostermann, que conseguiu minha bolsa de estudos sem a qual não eu teria a mesma dedicação. Na mesma oportunidade, agradeço a ela e ao Prof. Cláudio José de Holanda Cavalcanti, por terem cedido seu material ainda não publicado referente à epistemologia.

Ao Prof. Paulo Pureur Neto, que me recebeu de bom grado nos laboratórios de Física e com quem aprendi muito sobre a prática experimental no ensino.

Ao Prof. Silvio Cunha, meu segundo chefe, pessoa extremamente dedicada ao ensino e aos colegas de ofício.

Ao Prof. Antonio Endler, meu terceiro chefe, pessoa que me mostrou como é possível fazer muitas coisas em um curto espaço de tempo.

Aos meus colegas do Zumbi dos Palmares e do projeto Pré-Vestibular Popular (o “Popular”), onde eu aprendi cidadania e coleguismo ao longo desses 10 anos de convivência.

Aos meus ex-alunos de Popular e que hoje são alunos da UFRGS, são eles que provam que eu estou no caminho certo.

Aos meus ex-colegas do Banrisul, que me apoiaram nas minhas ausências enquanto ainda estava fazendo as disciplinas da pós-graduação.

Aos meus colegas de sala O210: Eliane Cappelletto, Alex, Chuck, Zorak, Paulo, Pedro, Rafael Brandão, Érika, Andrea, Maria Cecília, Leonardo, Glauco, Mara, Nathan, Roberta, Elias, Jorge, Diomar, Ricieri, pelo companheirismo nas disciplinas e no Grupo de Ensino de Física.

Aos outros colegas do Departamento de Física Everton “Magnata” e Alex.

Aos laboratoristas Nico, Claudinho, Júlio e o Eloir, meu colega de graduação, de profissão, e agora meu aluno.

Aos meus queridos ex-alunos das atividades experimentais.

Aos meus amigos da vida, que sempre me trazem as melhores recordações de um passado muito feliz.

A minha namorada Trakinas, pelo amor e compreensão.

Ao IF-UFRGS pelas disciplinas e pela infra-estrutura.

À CAPES pelos períodos que recebi bolsa.

A todos esses o meu mais profundo carinho e respeito.

Electricity – OMD – 1979

Our one source of energy

The ultimate discovery

Electric blue for me

Never more to be free

Electricity

Nuclear and H.E.P.

Carbon fuels from the sea

Wasted electricity

Our one source of energy

Electricity

All we need to live today

A gift for man to throw away

The chance to change has nearly

gone

The alternative is only one

The final source of energy

Solar electricity

electricity (5x)

“Sem música, a vida seria um grande erro.”

Maestro Antonio Ângelo de Oliveira

RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma investigação desenvolvida ao longo do ano de 2009 em uma disciplina de Física Básica de Eletromagnetismo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O objetivo foi analisar as visões de mundo e a relação dos estudantes com o relatório tradicional e com o laboratório de ensino. Dentro desta estratégia de pesquisa foi utilizado o Vê de Gowin, um instrumento heurístico muito utilizado para explicitar o processo de produção do conhecimento. Nesse contexto ele foi utilizado em contraposição ao relatório tradicional. Entendemos por relatório tradicional aquele que os alunos já estão acostumados a realizar em semestres anteriores. A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel foi utilizada para avaliar os roteiros já disponíveis para as atividades experimentais. Ainda nessa perspectiva, vimos a estreita relação que a teoria educativa de Gowin tem com a teoria da aprendizagem significativa, o que nos possibilitou uma visão ainda mais aprimorada dos roteiros. Destacamos que para avaliar a relação dos estudantes com as atividades experimentais, utilizamos como referencial epistemológico a contribuição de Thomas Khun. Os resultados mostram que os alunos possuem boa aceitação ao novo método de avaliação, que também conseguiu explorar de forma mais objetiva os aspectos essenciais à formação do futuro físico no que se refere ao papel da atividade experimental. Contudo, vemos que o aproveitamento dos alunos permanece constante frente à mudança avaliativa. Isto significa que a introdução do Vê não prejudica o desempenho dos alunos. Por fim, especulamos que características próprias de nossa comunidade são refletidas pelos alunos nos relatórios.

Palavras-chave: Ensino de Física. Eletromagnetismo. Relação Teoria-Prática. Diagramas Vê. Regras Khunianas.

ABSTRACT

This dissertation presents a research carried out during 2009, in the discipline of Electromagnetism at introductory college level, at the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Brazil. It aimed at analyzing the students' worldviews and their reaction to the standard lab report model and to the lab classes. Within this research strategy, Gowin's Vee, which is a heuristic instrument that can make explicit the knowledge production process, was used. In this context, this instrument was utilized as a counterpoint to the traditional lab report model. In our view, this traditional report is the one students are familiar with, since they have already made reports in previous semesters. Ausubel's meaningful learning theory was used to evaluate the available guides for experimental activities. Under this perspective, we verified the close relationship that exists between Gowin's educating theory and Ausubel's meaningful learning theory, and this has provided us with a more refined view of such guides for experimental activities. We emphasize that, in order to evaluate the students' relation with the experimental activities, we applied Kuhn's contributions as part of the theoretical framework of this research. Findings indicate that students seem to react positively to the new evaluation method, and, moreover, that they seemed to explore in a more objective way the essential aspects related to the formation of the future physicist, in what concerns the role of experimental activity. Nevertheless, it was possible to notice that students' performance remained constant in regard to this evaluative change. This might mean that the introduction of the Vee does not hinder students' performance. Finally, it was explored to which extent the community's main features were reflected on the students' reports.

Keywords: physics teaching; electromagnetism; theory-practice relationship; Vee diagrams; Khunian rules.

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 – Diagrama esquemático da teoria da assimilação.....	27
Diagrama 2 – Fluxo da relação triádica: professor (T) – material didático (ABC) – aluno (S).....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Um V simplificado (Jamett, 1985, p.23).....	32
Figura 2 – V de Gowin para preparação de projetos de pesquisa (Cappelletto, 2009).....	33
Figura 3 – Figura que representa aplicação do paradigma em manuais do período de ciência normal (Khun, 1977, p. 227).....	42
Figura 4 – Trecho recortado do roteiro sobre campo elétrico.	46
Figura 5 – Vê epistemológico de Gowin ou diagrama Vê (Gowin, 1981; Gowin e Alvarez, 2005; Moreira, 2006)	49
Figura 6 – Exemplo típico de Vê construído por um aluno da disciplina, para o experimento “Circuito RLC Ressonante”	50
Figura 7 – O aluno faz uma exposição teórica.	56
Figura 8 – Descrição dos objetivos e equipamentos.....	57
Figura 9 – Gráfico das linhas de campo muito bem desenhadas apesar de os dados obtidos não serem muito bons.....	58
Figura 10 – Conclusões do aluno. Observa-se que foi feita uma correção da frase escrita pelo aluno com o objetivo de aumentar a clareza.....	58
Figura 11 – O aluno expõe a teoria, mas de forma bem direta.	59
Figura 12 – Discussão realizada pelo aluno apenas para o caso do cilindro entre as placas.	60
Figura 13 – Linhas do campo elétrico apresentadas pelo aluno.	60
Figura 14 – A conclusão do aluno menciona apenas alguma constatação da experiência, sem relacionar com a teoria.....	61
Figura 15 – De forma bem resumida, o aluno expõe alguns itens de um relatório.....	62
Figura 16 – Gráfico para o campo produzido quando é colocado cilindro entre as placas: note-se que quase nada foi escrito.	63
Figura 17 – Uma parte da introdução teórica desenvolvida pelo aluno.....	64

Figura 18 – Exposição muito clara dos objetivos e equipamentos utilizados.....	65
Figura 19 – A clareza da exposição facilita o entendimento do que é feito, não importando se existe um posicionamento mais adequado.	66
Figura 20 – Análise dos resultados mistura-se com a apresentação dos gráficos, mas pela forma clara da exposição, a compreensão não é prejudicada.	67
Figura 21 – Infelizmente o aluno não discute as propriedades interessantes dos resistores LDR e NTC.	68
Figura 22 – Introdução e objetivos que desta vez foram apresentados pelo aluno.	69
Figura 23 – Resultados e conclusão do aluno.....	70
Figura 24 – Introdução apresentada pelo aluno. Observe-se que as duas equações são exatamente iguais se não for mencionado que para a lei de Ohm a resistência é constante.	71
Figura 25 – Para este aluno, a lâmpada e o resistor VDR são lineares. Ele ainda comete mais um equívoco com relação ao conceito de resistor ôhmico.	71
Figura 26 – Conclusão do aluno 3.	71
Figura 27 – Primeiras quatro questões sobre circuito RC do Aluno 1.....	73
Figura 28 – A quinta questão respondida pelo aluno. Ela já indica que o aluno não terá muitos problemas de agora em diante.	74
Figura 29 – Resultados e teoria ficaram bem entrelaçados. Note-se que o aluno se equivocou ao usar o tempo de 226,46s, enquanto deveria ter utilizado o valor de aproximadamente 550s.	74
Figura 30 – Primeira vez que o aluno sugere uma nova atividade assim como questiona os valores obtidos.	75
Figura 31 – Veja que a experiência limita-se a uma boa ferramenta didática para entender a teoria.....	75
Figura 32 – Introdução do aluno é uma cópia do roteiro.	77
Figura 33 – Objetivo traçado pelo aluno. Registre-se que a frase poderia ser uma pergunta.....	77
Figura 34 – O procedimento só pode ser compreendido por uma pessoa que de fato conhece a atividade.....	78
Figura 35 – Gráfico para a carga e descarga de um capacitor do aluno2: não é feita referência aos possíveis valores de RC.	78
Figura 36 – Os objetivos traçados pelo próprio aluno não foram alcançados.....	79
Figura 37 – Relatório do aluno 4 apresenta os dados em primeiro lugar.	80

Figura 38 – Respostas do questionário do aluno 4: somente as três primeiras questões.....	80
Figura 39 – Gráfico para carga e descarga de um capacitor; mais uma vez sem qualquer referência.	81
Figura 40 – Respostas para as três primeiras perguntas.....	83
Figura 41 – Parte do desenvolvimento da resposta da quarta questão.....	83
Figura 42 – Resposta para a quinta questão.....	84
Figura 43 – Gráficos realizados para a primeira disposição de RC.	84
Figura 44 – Na sétima questão o aluno insiste em questionar a respeito de outras disposições.	85
Figura 45 – O aluno fornece uma utilidade para o circuito.	85
Figura 46 – Mais uma vez o aluno não formula uma questão-chave. Aqui é apresentada uma parte de sua resposta.	86
Figura 47 – O aluno não fornece os conceitos mais importantes da atividade: resistência e capacitância.	87
Figura 48 – Embora seja bastante resumido o aluno relaciona teoria com a prática.	87
Figura 49 – O aluno não consegue ver a utilidade-fim da experiência, pois para ele relacionar valores de resistência e capacitância com a frequência do circuito é meramente uma demonstração.	88
Figura 50 – Ao responder à última questão, o aluno quase encontra uma utilidade prática.	88
Figura 51 – Introdução apresentada não contempla os reais objetivos da experiência.	88
Figura 52 – Procedimento experimental que não informa os procedimentos, apenas afirma que foram realizadas “algumas conexões”.....	89
Figura 53 – Um olhar mais apurado verá que existem dois gráficos: um pouco mais acima está o gráfico para a voltagem de entrada no resistor; enquanto que mais abaixo está o do capacitor. Ambos totalmente fora de escala.	89
Figura 54 – Desenvolvimento incompleto da teoria em conclusões.	90
Figura 55 – Três primeiras questões muito bem desenvolvidas.	91
Figura 56 – Resposta para a quarta questão: o aluno ou se complicou um pouco nos cálculos ou a formatação das equações foi prejudicada.....	92
Figura 57 – Desenvolvimento da quinta questão.	93
Figura 58 – Resposta da sexta questão: dados tabelados e o campo magnético calculado.....	94
Figura 59 – Resposta para a sétima questão: o erro é reconhecido.	94

Figura 60 – Resposta para a oitava questão.....	95
Figura 61 – Parte final do desenvolvimento da primeira pergunta. Somente ao final é reconhecido o objetivo da atividade.	96
Figura 62 – Resposta para aquilo que seria a terceira questão: o aluno não colocou o conceito de corrente elétrica.	96
Figura 63 – Resposta da quinta questão muito bem desenvolvida.	96
Figura 64 – Primeira parte daquilo que seria a união da segunda e quarta questões.	97
Figura 65 – Respostas para as três últimas questões.	98
Figura 66 – Aluno 3 reconhece a questão-chave na introdução	99
Figura 67 – Procedimento experimental do aluno 3: bastante resumido.....	99
Figura 68 – Para o aluno a conclusão se resume à tabela.	100
Figura 69 – Respostas ao questionário conforme apresentado pelo aluno 4.....	101
Figura 70 – Tabela referente aos dados coletados pelo aluno 4.....	102
Figura 71 – Vê epistemológico sobre Fluxo Magnético apresentado pelo aluno 1.	104
Figura 72 – Gráficos apresentados pelo aluno: é possível notar a soma dos quadrinhos dentro da curva.....	105
Figura 73 – O Vê apresentado pelo aluno 2 é muito bem construído.	106
Figura 74 – Os gráficos apresentados pelo aluno 2. Agora eles estão posicionados corretamente, uma vez que o próprio Vê auxilia a construção.	107
Figura 75 – Vê apresentado pelo aluno 3 para a atividade de Fluxo Magnético.....	109
Figura 76 - Gráfico apresentado pelo aluno 3. O aluno não diferencia registros de transformações.....	110
Figura 77 - Um Vê de Gowin apresentado pelo aluno 4.....	111
Figura 78 – Discussão sobre o erro apresentado pelo aluno 4 no experimento de fluxo magnético	111
Figura 79 – Vê da atividade sobre a reatância capacitiva e indutiva do aluno 1.....	113
Figura 80 – Gráficos do aluno 1 para a relação entre a frequência e as reatâncias:.....	114
Figura 81 – Vê sobre a atividade sobre reatâncias apresentado pelo aluno 2.	115
Figura 82 – Gráficos da relação entre frequência e reatâncias apresentados pelo aluno 2. Os pontos foram destacados para melhorar a nitidez.....	116

Figura 83 – Tabela com os dados referentes à experiência sobre reatâncias apresentada pelo aluno 2.....	117
Figura 84 – Dados tabelados apresentados pelo aluno 4 como o seu relatório.....	118
Figura 85 – Tabela do aluno 1 com os valores obtidos da realização da experiência.	120
Figura 86 – Gráfico obtido pelo aluno. No destaque, o aluno indicou o ponto de ressonância do circuito RLC.....	121
Figura 87 – Vê sobre a atividade de circuito RLC apresentado pelo aluno 2.	122
Figura 88 – Tabela referente aos dados obtidos pelo aluno 2 sobre a atividade sobre circuito RLC.	123
Figura 89 – Gráfico apresentado pelo aluno 2 referente à atividade sobre circuito RLC.	123
Figura 90 – Vê apresentado pelo aluno 3 referente à atividade de circuito RLC.....	124
Figura 91 – Gráfico apresentado pelo aluno 3 referente à atividade sobre circuito RLC.	125
Figura 92 – Relatório apresentado pelo aluno 4 referente à atividade sobre circuito RLC.	126
Figura 93 – Exemplo de Vê construído por um aluno da disciplina, para o experimento “Fluxo magnético”.....	138
Figura 94 – Exemplo típico de Vê construído por um aluno, para o experimento “Indutância e circuito RL”.....	139
Figura 95 – Escala referente à atitude de relacionar teoria e experimentação.	142
Figura 96 – Outro aluno que desenvolveu completamente a teoria.....	145
Figura 97 – Respostas consideradas satisfatórias para as quatro primeiras perguntas.	146
Figura 98 – Vê de Gowin apresentado por outro aluno com ótimo desempenho.	147
Figura 99 – Questionário do campo magnético terrestre para um aluno de médio aproveitamento.	148
Figura 100 – Aluno com médio aproveitamento. Teoria desenvolvida em um tópico de introdução.....	149
Figura 101 – Vê de Gowin apresentado por outro aluno com médio aproveitamento.	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição dos experimentos conforme os instrumentos de avaliação.	45
Quadro 2 – Questionário (Questões de Gowin modificadas)	47
Quadro 3 – Trechos recortados de alguns relatórios entregues pelos alunos	133
Quadro 4 – Trechos recortados de relatórios sobre “campo elétrico” de dois alunos da mesma equipe.	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Notas dos alunos do primeiro semestre.	129
Tabela 2 – Notas dos alunos do segundo semestre.	129

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. SOBRE AS AULAS DE LABORATÓRIO NO ENSINO DE FÍSICA	22
3. REFERENCIAIS TEÓRICOS	26
3.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	26
3.2 A TEORIA EDUCATIVA DE GOWIN	31
3.2.1 <i>O que é o Vê?</i>	31
3.2.2 <i>Teoria Educativa</i>	34
4. REFERENCIAL EPISTEMOLÓGICO.....	38
5. METODOLOGIA.....	44
6. RESULTADOS.....	54
6.1 LABORATÓRIO 1: CAMPO ELETROSTÁTICO	55
6.1.1 <i>Aluno 1</i>	55
6.1.2 <i>Aluno 2</i>	59
6.1.3 <i>Aluno 3</i>	61
6.2 LABORATÓRIO 2: LEI DE OHM.....	63
6.2.1 <i>Aluno 1</i>	64
6.2.2 <i>Aluno 2</i>	68
6.2.3 <i>Aluno 3</i>	70
6.3 LABORATÓRIO 3: CIRCUITO RC	72
6.3.1 <i>Aluno 1</i>	73
6.3.2 <i>Aluno 2</i>	76
6.3.3 <i>Aluno 4</i>	79
6.4 LABORATÓRIO 4: CIRCUITO RC COMO DIFERENCIADOR E INTEGRADOR	81
6.4.1 <i>Aluno 1</i>	82
6.4.2 <i>Aluno 2</i>	86
6.4.3 <i>Aluno 3</i>	88
6.5 LABORATÓRIO 5: DETERMINAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE LOCAL	90
6.5.1 <i>Aluno 1</i>	90
6.5.2 <i>Aluno 2</i>	95
6.5.3 <i>Aluno 3</i>	98
6.5.4 <i>Aluno 4</i>	100
6.6 LABORATÓRIO 6: FLUXO MAGNÉTICO	102
6.6.1 <i>Aluno 1</i>	103
6.6.2 <i>Aluno 2</i>	106
6.6.3 <i>Aluno 3</i>	108
6.6.4 <i>Aluno 4</i>	110
6.7 LABORATÓRIO 7: REATÂNCIAS CAPACITIVA E INDUTIVA	112
6.7.1 <i>Aluno 1</i>	112
6.7.2 <i>Aluno 2</i>	114
6.7.3 <i>Aluno 4</i>	117
6.8 LABORATÓRIO 8: CIRCUITO RLC RESSONANTE	119
6.8.1 <i>Aluno 1</i>	119
6.8.2 <i>Aluno 2</i>	121
6.8.3 <i>Aluno 3</i>	124
6.8.4 <i>Aluno 4</i>	125
7. ANÁLISE DOS RESULTADOS	128
7.1 SOBRE A RECEPÇÃO AO VÊ E OS ROTEIROS	128
7.2 QUESTÃO EPISTEMOLÓGICA.....	133
7.3 APROVEITAMENTO DOS ALUNOS.....	144

7.4 RELATÓRIOS INCOMPLETOS	150
8. CONCLUSÃO	152
REFERÊNCIAS	155
ANEXOS	158
A – ROTEIRO DA PRÁTICA DE LABORATÓRIO SOBRE CAMPO ELETROSTÁTICO.....	158
B – ROTEIRO DA PRÁTICA DE LABORATÓRIO SOBRE LEI DE OHM	161
C – ROTEIRO DA PRÁTICA DE LABORATÓRIO SOBRE CIRCUITO RC EM SÉRIE	164
D – ROTEIRO DA PRÁTICA DE LABORATÓRIO SOBRE CIRCUITO RC COMO DIFERENCIADOR E INTEGRADOR	167
E – ROTEIRO DA PRÁTICA DE LABORATÓRIO SOBRE CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE	170
F – ROTEIRO DA PRÁTICA DE LABORATÓRIO SOBRE FLUXO MAGNÉTICO.....	172
G – ROTEIRO DA PRÁTICA DE LABORATÓRIO SOBRE REATÂNCIAS CAPACITIVA E INDUTIVA	174
H – ROTEIRO DA PRÁTICA DE LABORATÓRIO SOBRE RLC RESSONANTE	176
I – TEXTO DE APOIO	178
J – CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DOS VÊS	182
H – UMA VISÃO ESQUEMÁTICA DA DISSERTAÇÃO ATRAVÉS DE UM VÊ DE GOWIN.....	184

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho pretende ser uma extensão da pesquisa realizada por Cappelletto (2009). No qual foi utilizado o Vê de Gowin para avaliar tanto a aprendizagem como a visão de ciência dos alunos de uma disciplina de Física Básica. Naquele trabalho procurou-se entender os aspectos mais gerais que poderiam existir ao utilizar tal instrumento de avaliação, por essa razão foi utilizada diversas metodologias durante a pesquisa.

Diferentemente, neste trabalho procuramos analisar aspectos mais específicos, tais como o entendimento do aluno da relação teoria-experimentação que existe em Física e o potencial de aprendizagem associado aos roteiros de laboratórios de ensino.

Este trabalho começou em março de 2009 quando surgiu a oportunidade de ministrar aulas de laboratório de Eletromagnetismo para uma turma de alunos graduandos em Física, constituída de estudantes tanto de bacharelado como de licenciatura, uma vez que até o presente período de formação, as duas ênfases compartilham o mesmo currículo. O número de alunos é bem reduzido frente ao total de alunos da disciplina, uma vez que é costume duas turmas de laboratório formarem uma turma completa para as aulas expositivas de uma disciplina de Física Básica da UFRGS.

A pesquisa foi fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, o modelo de ensino-aprendizagem de D. Bob Gowin e, como fundamentação epistemológica, utilizou-se o autor Thomas Khun.

Embora a forma como a oportunidade de ministrar as aulas de laboratório surgiu não tenha favorecido uma profunda reflexão prévia sobre as atividades experimentais, a teoria da aprendizagem significativa foi utilizada para investigar como as aulas de laboratório poderiam ser melhoradas em seu aspecto didático. Por essa razão não se tem a pretensão de verificar a ocorrência de aprendizagem significativa, contudo, isto não nos impede de articular alguns pensamentos sobre que medidas poderiam ser tomadas no futuro com o intuito de verificá-la.

Para analisar as atividades foi utilizado o diagrama Vê, ou Vê epistemológico, ou ainda, Vê de Gowin em contraposição ao relatório tradicional. Conhecido no meio acadêmico como um dispositivo heurístico capaz de relacionar os aspectos teóricos com os

metodológicos de uma pesquisa, vem sendo utilizado para as mais diversas aplicações. Gowin o utilizou para analisar o *curriculum* (Gowin, 1981), mas também pode ser utilizado para se analisar um trabalho de pesquisa ou organizar uma metodologia. Com ele podemos também resumir livros, artigos, matérias e etc. Sendo assim, aqui ele será utilizado para avaliar as atividades experimentais dos alunos, que tradicionalmente realizam relatórios na forma de artigos de pesquisa.

No próximo capítulo, discutiremos alguns artigos que consideramos relevantes para o presente trabalho. Por essa razão, nossa revisão da literatura teve como alvo pesquisas que versavam sobre o ensino de Física em atividades experimentais e que, de alguma forma, tivessem relação com a nossa pesquisa. Diferentemente de uma revisão exaustiva da literatura, que também é um procedimento adequado, foram selecionados apenas alguns artigos que possuem resultados importantes e até motivadores em relação ao presente trabalho. Ao final, segue-se um resumo do trabalho realizado pela Professora Eliane Cappelletto (2009), que tornará clara a escolha de nossos referenciais teóricos, metodológicos e epistemológicos.

Em seguida discutiremos a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria educativa de Gowin. Isto se faz necessário para que possamos entender o processo de aprendizagem, assim como verificar a qualidade dos roteiros utilizados no laboratório. Seguindo a mesma idéia, discutiremos também o nosso referencial epistemológico, uma vez que, se tratando de ensino de Física com o uso de atividades experimentais, trabalha-se com as visões de ciência dos alunos. Por essa razão o referencial epistemológico também nos ajudará a entender esse processo.

Nosso referencial epistemológico encontra diversos críticos na literatura. Thomas Khun é um filósofo da ciência bastante conhecido devido a sua obra *A Estrutura das Revoluções Científicas* (1962), a qual defende as principais ideias pelas quais ele é conhecido. Conceitos como ciência normal, regras e, principalmente, incomensurabilidade e paradigmas encontraram forte resistência por parte de alguns filósofos de peso como Karl Popper, Imri Lakatos entre outros (Lakatos e Musgrave, 1970). O autor por algumas vezes teve que escrever outras obras para esclarecer estes aspectos de sua obra. Contudo para este trabalho adotaremos alguns desses conceitos da forma que Khun os complementa no posfácio da sua obra (Khun, 1962). Mesmo que não seja alvo deste trabalho qualquer

discussão sobre a natureza desses conceitos, precisaremos deles para entender como é na visão desse autor o processo pelo qual o futuro físico aprende seu ofício.

Como será visto, adotou-se uma metodologia de pesquisa bastante simples, qual seja a avaliação das atividades experimentais com o uso do Vê de Gowin. Os alunos estão bastante acostumados a realizar relatórios, uma vez que a disciplina de Eletromagnetismo é parte integrante do terceiro semestre do currículo. Aproveitamos essa questão para confrontarmos a forma como os alunos vêm construindo seus relatórios com um novo tipo de avaliação. Ainda que simples, foram obtidos quase 140 trabalhos de apenas 18 alunos.

Com isso, apresentar os dados de maneira cronológica nos parece mais natural, ou seja, apresentamos o laboratório e em seguida são apresentados os trabalhos dos alunos. Uma alternativa seria apresentar todos os trabalhos de um determinado aluno, e logo em seguida de outro, no entanto não poderíamos oferecer uma noção do desenvolvimento global da disciplina.

Frequentemente pesquisadores de outros institutos questionam a falta de autorização por escrito dos alunos para terem suas atividades publicadas. Devemos lembrar que é de costume do Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da UFRGS utilizar os trabalhos dos alunos omitindo-se os nomes, ao invés de solicitar essa autorização por escrito, dessa forma, entende-se que não há qualquer problema com a exposição indevida ou outros problemas éticos.

2. SOBRE AS AULAS DE LABORATÓRIO NO ENSINO DE FÍSICA

Muito se discute sobre a importância e também as dificuldades associadas ao ensino de atividades experimentais. Sua importância se deve em função de ser peça chave para o aprendizado de Física. As dificuldades apresentadas pelos alunos vão além da simples atribuição à displicência ou à falta de prática em realizar os cálculos quando necessários.

Para Marineli e Pacca (2006) as dificuldades apresentadas pelos alunos devem ser entendidas como a falta de compreensão entre teoria e realidade, ou seja, a relação estreitíssima que existe entre essas duas perspectivas. É muito comum o aluno considerar que um determinado fenômeno seja totalmente apreendido por um modelo teórico. Sendo assim, essa crença aumenta à medida que resultados teóricos concordem com os resultados obtidos. Os autores acreditam que essa crença é tão forte que, mesmo que o aluno encontre discordância entre os resultados com a previsão teórica, ele atribui a si mesmo o erro como uma espécie de “falha humana”.

Por essa razão os mesmos consideram que as dificuldades enfrentadas pelos alunos durante as atividades de laboratório tenham origem em uma concepção inadequada sobre a própria Física, como ciência que estuda e modela a natureza. Isso pode ser muito mais forte do que as simples dificuldades estatísticas enfrentadas pelos alunos no laboratório.

Saraiva-Neves, Caballero e Moreira (2006) realizaram um estudo junto a professores e alunos com a finalidade de levantar situações promotoras de aprendizagem em sala de aula, no domínio da Física, baseadas em trabalho experimental. Das entrevistas realizadas percebe-se que em geral os professores consideram que os trabalhos experimentais favorecem a aprendizagem, desde que devidamente orientados. Além de criticarem os roteiros do “tipo receita”, foram lembradas certas dificuldades que condicionam a pouca aprendizagem dos alunos, como a quantidade de material disponível pelo pouco tempo de laboratório e também a elevada quantidade de alunos por turma. Tanto os professores como os alunos mencionaram ser essencial dispor-se de boa fundamentação teórica que suporte o trabalho de laboratório.

Araújo e Abib (2003) realizaram uma pesquisa para avaliar as tendências da pesquisa em Ensino de Física que possuem o enfoque nas atividades experimentais. Os dados revelam que a experimentação continua sendo tema de grande discussão e interesse dos pesquisadores, apresentando uma ampla gama de enfoques e finalidades. Ainda que seja consenso entre pesquisadores o potencial da experimentação para a aprendizagem significativa, as discussões tomam diferentes caminhos metodológicos, geralmente representando visões distintas sobre o seu significado em diferentes contextos. Algumas pesquisas concebem o trabalho de laboratório como uma atividade de mera verificação de leis e teorias, outras, propiciam atividades que forçam o aluno a repensar o seu entendimento com relação aos fenômenos observados.

Dias da Silva (2002) propõe uma abordagem diferente para o laboratório de Eletromagnetismo. Ela é baseada em uma proposta investigativa, onde o trabalho experimental é dividido em três etapas: uma discussão sobre o tema em sala de aula, uma atividade de laboratório sobre o tema discutido e, por fim, uma discussão em sala sobre as conclusões da atividade. Assim, procurou-se levar em conta que a inadequada complexidade dos experimentos propostos, associada ao pouco tempo dedicado para a reflexão sobre a teoria e a interpretação dos resultados leva a poucos avanços no aprofundamento do entendimento dos conceitos por parte dos estudantes. Esta proposta implica num número menor de experimentos, porém percebe-se que isso não diminui o número de temas abordados uma vez que a proposta coloca o aluno mais próximo do objetivo do laboratório: promover a oportunidade do estudante em confrontar seus conceitos de física com os resultados dos experimentos.

Embora não seja objetivo do presente trabalho avaliar aspectos especificamente cognitivos dos alunos, é interessante reconhecer os resultados obtidos por Andrés et al. (2006), que construíram um modelo interpretativo baseado na teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud (TCC) para tentar compreender a atividade cognitiva dos estudantes durante as aulas experimentais. No início dessas aulas, os alunos tendem a lançar mão de uma grande diversidade de esquemas para tratar as situações, e que muitas delas não são científicas. Com o auxílio de tutoriais alguns alunos mostram algum desenvolvimento em seus conceitos, convergindo para aqueles que são cientificamente aceitos. No entanto, embora dominem os conceitos, outros alunos não conseguem utilizá-los para responder um

questionário sobre o assunto. O que fica evidente é que nem todos os alunos conseguem aprender com este tipo de atividade.

O presente trabalho é fortemente influenciado pelo trabalho de Cappelletto (2009). Por essa razão se faz necessário um pequeno resumo do que consistiu aquele trabalho com o intuito de iluminar as decisões aqui tomadas. Trata-se da dissertação para a obtenção do título de mestre da Prof.^a Eliane Cappelletto, e se constitui um dos trabalhos mais completos em matéria do uso do diagrama Vê, uma vez que a pesquisa envolveu grande quantidade de alunos e foi desenvolvida tanto uma análise qualitativa dos dados como também uma análise quantitativa ao longo de 3 anos.

Em um primeiro estudo, denominado “estudo preliminar”, alunos de engenharia da Universidade Federal de Rio Grande (FURG) participaram das atividades de um curso típico de Mecânica. Como um estudo exploratório, tratou de reconhecer os procedimentos assim como a cultura do ambiente da faculdade, identificando diversas dificuldades logísticas, operacionais e também com o relacionamento com os outros profissionais do curso, como os laboratoristas. Também procurou reconhecer os anseios dos alunos em relação à aprendizagem, tendo em vista que as diversas turmas que foram analisadas possuíam professores diferentes, implicando regras de avaliações diferentes. Um dado marcado pelo estudo foi que das 10 turmas dessa disciplina houve um índice de apenas 30% de aprovação naquele ano¹.

No segundo semestre do mesmo ano foi introduzido o Vê como instrumento de avaliação dos laboratórios em duas turmas experimentais, sendo que uma terceira turma serviu de grupo de controle, na qual foram utilizados relatórios tradicionais. Nesse estudo ficou muito evidente a dificuldade em introduzir um delineamento quantitativo, pois as provas de laboratório possuíam baixo coeficiente de fidedignidade. No entanto as médias apresentadas entre os Vês e os relatórios tradicionais possuíam boa correlação. As correlações dos Vês e dos relatórios tradicionais com as provas da disciplina possuíam diferenças, mas como não havia controle sobre o que realmente se mediu pelas provas, nenhuma análise positiva pôde ser feita.

¹ Naquela universidade as etapas dos cursos são oferecidas anualmente.

Em um segundo estudo se decidiu trabalhar especificamente com o Vê, e também foi utilizado um questionário sobre concepções para avaliar a atitude dos alunos sobre Mecânica (Silveira et al. apud Cappelletto, 2009). Sobre esta etapa foram obtidos os seguintes resultados:

- no início do semestre, os estudantes sentiam dificuldades em compreender a estrutura do Vê; alguns chegaram a afirmar “detestei esse Vê”.
- alguns estudantes relataram que pelo menos com o relatório não tinham que pensar... era só copiar... Depois retificaram: Bem, na verdade aprendi bastante, o que não tinha ocorrido no semestre anterior...
- a apresentação dos Vês com subtítulos já escritos (p. ex., conceitos, eventos, questão-foco, asserção de valor) contribuía para que ele fossem “preenchidos” ao invés de serem “construídos”;
- a falta de compreensão de palavras como “asserção” e “epistemológico” gerava uma espécie de bloqueio nos alunos;
- os roteiros de laboratório já existentes entravam em conflito com a proposta;
- havia uma tendência de encarar o Vê como um relatório em formato diferente (especialmente pelos alunos repetentes);
- a própria linguagem utilizada no laboratório (“descobrir”, “resultar”, “conclusões”, etc.) conflitava com a proposta epistemológica do Vê e da pesquisa;
- alguns alunos demonstravam grande preocupação em listar o material utilizado, os procedimentos e as fontes de erro, seções corriqueiras de relatórios, mas inexistentes nos Vês;
- a turma de controle, por possuir alunos mais preparados, apresentou um melhor desempenho final que a turma experimental;
- contudo, numa avaliação global, o Vê em nada se mostrou pior que o relatório tradicional (Cappelletto, 2009, p.129)

Finalmente, na terceira e última etapa, o Vê foi introduzido gradativamente com o auxílio das questões de Gowin, com a finalidade de vencer a dificuldade enfrentada pelos alunos na segunda etapa. Este procedimento é válido, pois nas palavras da professora:

Por outro lado, como conduz o aluno a explicitar aspectos que não são evidentes, o Vê é um instrumento um pouco difícil de ser trabalhado. Exige que o aluno vá além do superficial, que ele capte informação nas entrelinhas do texto, que ele veja além do óbvio na experiência. Construir o Vê de um texto ou de uma experiência exige que o aluno pense, reflita sobre a atividade. É, sem dúvida, uma tarefa não-trivial (Op. Cit., p. 138).

É por essa razão que tomamos por bem utilizar o mesmo delineamento utilizado na terceira etapa da pesquisa de Cappelletto, pois é consistente utilizar um questionário preparatório para a utilização de um Vê, uma vez que este novo instrumento solicita ao aluno uma reflexão maior sobre a atividade.

3. REFERENCIAIS TEÓRICOS

3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa

O conceito chave da teoria de David Ausubel é a aprendizagem significativa. Ele preocupou-se principalmente com a função do professor e do aluno durante este processo, além de ressaltar a importância que existe no material didático. O conhecimento prévio é a chave para a aprendizagem significativa. Também existe a possibilidade dessa estrutura cognitiva inicial ser alterada pelo novo conhecimento, ou seja, a aprendizagem não só ocorre com a aprendizagem de novos conceitos, mas também com a reformulação de conhecimentos prévios.

Seguindo as palavras do autor, podemos entender quando ocorre a aprendizagem significativa:

A aprendizagem receptiva significativa implica a aquisição de novos conceitos. Exige tanto uma disposição para a aprendizagem significativa como a apresentação ao aluno de material potencialmente significativo. Esta última posição pressupõe, por sua vez, (1) que o material de aprendizagem por si só pode ser relacionado a qualquer estrutura cognitiva apropriada (que possua um sentido “lógico”), de forma não arbitrária (plausível, sensível e não aleatória) e substantiva (não literal), e (2) que as novas informações podem ser relacionadas à(s) ideia(s) básica(s) relevantes já existentes na estrutura do aluno (Ausubel, 1980, 34).

Podemos entender que para ocorrer a aprendizagem significativa é essencial que as novas ideias, expressas simbolicamente, possuam relação com as informações adquiridas previamente. Dessa forma, é necessário que o novo conhecimento possa ser relacionado com uma base de conhecimentos já adquirida pelo aluno. Essa relação com aspectos relevantes da estrutura cognitiva deve ser não arbitrária e substantiva.

Por não arbitrária e substantiva podemos entender não só a presença de uma estrutura adequada para relacionar a nova informação com as ideias já adquiridas pelo aluno, mas também que a nova informação deve possuir suficiente correspondência com tal estrutura. Geralmente, exemplos, assuntos derivados ou generalizações podem se constituir como um conjunto de ideias mais relevantes, ou seja, ideias mais amplas podem oferecer um ancoradouro de informações mais coerente para o aluno. Este conjunto de informações pré-existent e relevantes dentro da estrutura cognitiva é chamado de “subsunoeres”.

Em contrapartida à aprendizagem significativa, Ausubel define o conceito de aprendizagem mecânica. Para ele, neste tipo de aprendizagem as novas informações possuem pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aluno. Logo, as novas informações são armazenadas de forma literal e arbitrária. Não existe uma diferença dicotômica entre aprendizagem mecânica e significativa, uma vez que para Ausubel existem casos intermediários entre as duas formas de aprendizagem. Segundo Moreira (1999, p.154), podemos citar como exemplo a necessidade da aprendizagem mecânica quando o indivíduo adquire informações totalmente novas de sua área. Logo o indivíduo usa essas informações como subsunçores para novas informações tornando-os cada vez mais elaborados e capazes de ancorar novas informações.

Para melhor entender esse processo, Ausubel propôs o que ele chamou de teoria da assimilação, isto por que a interação da nova informação com um subsunçor implica na modificação de ambos. Podemos representar tal interação com o Diagrama 1.

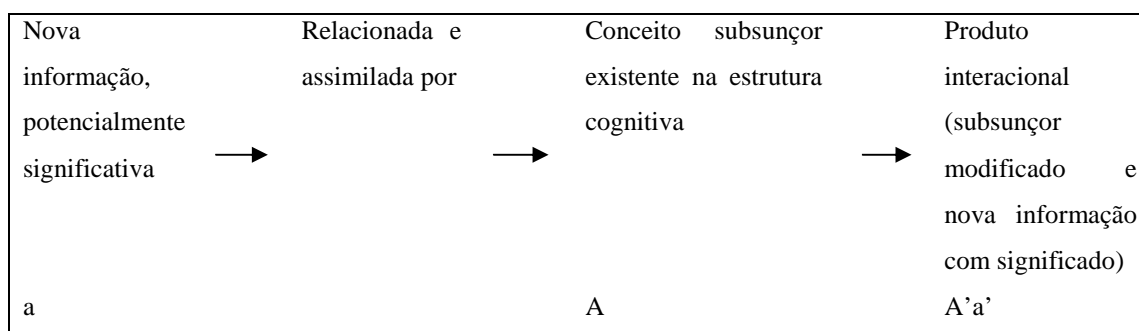


Diagrama 1 – Diagrama esquemático da teoria da assimilação de Ausubel.

Dessa forma, a assimilação pode ser entendida como um processo que ocorre quando uma nova informação potencialmente significativa *a*, é assimilada por um conceito subsunçor mais inclusivo *A*. Como podemos ver, nessa interação tanto o conceito subsunçor como a nova informação são modificados. O diagrama demonstra que por certo tempo a nova informação fica associada ao conceito subsunçor. Dessa maneira, seu novo significado depende agora tanto do seu significado original como também de sua relação com o subsunçor, apresentando também uma modificação em sua estrutura.

O produto *A'a'* pode ser dissociável durante certo tempo, o que explicaria o fato de que as novas informações ainda permanecem disponíveis. Dessa forma, a assimilação ou

ancoragem possui um período de retenção, ou seja, é possível a dissociação em A' e a' . Além de favorecer a retenção de a' , nesse período pode ocorrer ganho de novos significados e perda da capacidade de reproduzir ideias subordinadas. Por essa razão a assimilação dificilmente termina em si mesma, mas continua após a aprendizagem significativa.

Ausubel (2003) afirma que os materiais aprendidos por simples memorização são transformados e organizados de maneiras diferentes da forma significativa. Esta auxilia a aquisição e compreensão de novos significados de várias formas significativas, tais como as subordinadas, derivativas e correlativas, superordenadas e combinatórias. Por outro lado, os materiais apreendidos por memorização formam entidades discretas e relativamente isoladas de toda a estrutura cognitiva do aluno de forma arbitrária e literal, por essa razão não há como ocorrer as relações citadas.

O próximo estágio da assimilação ocorre quando não for mais possível a dissociação $A'a'$, ocorre assim a assimilação obliteradora, restringindo-se o produto a A' . Com isso, o resíduo da assimilação obliteradora é um subsunçor modificado mais estável do que $A'a'$, melhorando assim o processo de assimilação de novas informações.

Ocorre aprendizagem superordenada quando para o aluno é apresentado um conceito ou proposição potencialmente significativo A , e que é mais inclusivo do que os conceitos e proposições existentes na estrutura cognitiva do aluno. Além disso, ideias que já existem na estrutura cognitiva do aluno também podem ser reconhecidas como relacionadas, provocando uma reorganização desta estrutura, trazendo como consequência a aquisição de novos significados.

Na combinatória, o processo de aprendizagem não guarda uma relação de superordenação ou subordinação entre as proposições e conceitos com a estrutura cognitiva do aluno. Ela ocorre através de uma relação mais geral, como se a nova informação fosse potencialmente significativa para ser relacionada com a estrutura cognitiva como um todo (Moreira, 1999). Em outras palavras, é potencialmente significativa, pois pode relacionar-se de modo não arbitrário ao amplo armazenamento de conteúdo. Então, na aprendizagem combinatória os conteúdos não são relacionáveis a ideias relevantes particulares da estrutura cognitiva. Segundo Ausubel (1980), este é o tipo de aprendizagem que ocorre na maioria das generalizações novas que os estudantes aprendem em ciências, matemática, estudos sociais e ciências humanas (op. cit., p.50). Como exemplo, podemos citar as relações entre massa e

energia, calor e volume, estrutura genética e variabilidade que, mesmo pertencendo ao tipo de aprendizagem combinatória, e que por sua natureza apresenta maior dificuldade em relação às aprendizagens subordinada e superordenada, uma vez adquirida de forma satisfatória, adquire a mesma estabilidade interna.

A ocorrência processo de aprendizagem subordinada uma ou mais vezes leva a uma diferenciação cada vez maior do conceito subsunçor presente na estrutura cognitiva do aluno. Por esse motivo, este processo é chamado de diferenciação progressiva do conceito subsunçor. Assim, as novas informações são aprendidas de forma mais eficaz quando na estrutura cognitiva do aluno já existem ideias mais inclusivas e relevantes. Por essa razão, a abordagem de um determinado conteúdo de uma disciplina que segue o princípio da diferenciação progressiva, deve inicialmente apresentar aquelas ideias mais gerais e inclusivas para depois serem diferenciados progressivamente em termos de detalhe e especificidade. Acredita-se que essa seja a ordem natural de aquisição de consciência cognitiva e de sofisticação, quando somos expostos a determinados conteúdos (Ausubel apud Araújo, 2005). Dessa maneira, Ausubel se baseia em duas hipóteses:

- É mais fácil para os seres humanos captar aspectos diferenciados de um todo, anteriormente apreendido e mais inclusivo, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas;
- A organização do conteúdo de uma determinada disciplina na mente de um indivíduo é uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e progressivamente incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (Araújo, 2005).

Por outro lado, na aprendizagem superordenada e combinatória, as novas informações forçam a reorganização da estrutura cognitiva com o intuito de gerar novas estruturas de significados, e a esse processo de reorganização Ausubel chama de *reconciliação integradora*. Podemos dizer que esses dois processos estão relacionados com a aprendizagem significativa, ou seja, durante a aprendizagem significativa ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora de forma dinâmica, ao passo que ela pode ser ora subordinada, superordenada ou combinatória (Moreira, 1983).

Para verificar a aprendizagem significativa o indivíduo deve apresentar de forma clara e precisa a posse dos significados dos novos conhecimentos. No entanto, deve-se ter cuidado com testes que visam avaliar o conhecimento do aluno pois durante a sua formação científica o aluno pode se habituar a realizar exames, com isso acaba decorando fórmulas, exemplos ou explicações. Com a finalidade de avaliar o real aprendizado de um aluno, deve-se apresentar situações novas e não familiares, de tal forma que ele consiga transferir o seu conhecimento (Moreira, 1999).

Um exemplo que poderia ilustrar as ideias aqui apresentadas é o conceito de força nuclear. Quando o aluno que já possui o conceito de força bem estabelecido em sua estrutura cognitiva, este se apresentará como um conceito mais inclusivo. Dessa forma o conceito de força forte será assimilado, ocorrendo aprendizagem subordinada. Por outro lado a força nuclear é de curto alcance, ao passo que as forças até então conhecidas pelo aluno são de longo alcance, logo tanto a força nuclear como o conceito geral de força será modificado tornando-se mais inclusivo (op. cit.).

Podemos concluir que para a ocorrência da aprendizagem significativa devemos apresentar ao aluno um material potencialmente significativo, ou seja, que proporcione uma aprendizagem não arbitrária e não literal da nova informação. Além disso, para facilitar a ocorrência da diferenciação progressiva, é necessário que aspectos mais amplos e relevantes do conteúdo sejam trabalhados desde o início, de forma a diferenciar em profundidade e especificidade. Assim, a reconciliação integradora deverá ser explorada através da busca de relações entre os conceitos ou proposições, de tal forma a apontar similaridades ou as suas diferenças (ibid., p. 161).

3.2 A Teoria Educativa de Gowin

3.2.1 O QUE É O VÊ?

Dentro de uma determinada cultura é impossível ter o controle sobre tudo que cerca o homem, por essa razão o professor não pode ser o único responsável pela aprendizagem do aluno, pois ensinar e aprender não possuem uma relação causal. Ensinar e aprender são o mesmo processo, isto implica que aquele que deseja ensinar deve aprender o que o aluno já sabe. Então, para um professor duas coisas se fazem necessárias: saber o que a pessoa já sabe e aquilo que ela quer saber.

Nesse trabalho, vamos tentar avaliar a visão dos alunos sobre as atividades experimentais a partir de relatórios tradicionais, e serão avaliados alguns dos relatórios entregues pelos alunos em forma de Vê epistemológico de Gowin (V). Para isso, analisaremos a visão desse autor sobre pesquisa científica.

Sobre a investigação científica, Gowin diz o seguinte:

O processo de pesquisa deve ser visto como uma estrutura de significados. Os elementos dessa estrutura são eventos, fatos e conceitos. O que a pesquisa faz através de suas ações é estabelecer conexões específicas entre um dado evento, ou registros feitos desse evento, os julgamentos factuais derivados do estudo desses registros, os conceitos que focalizam regularidades nos eventos e os conceitos e sistemas conceituais utilizados para os julgamentos factuais a fim de chegar à explicação do evento. Criar essa estrutura de significados em uma certa investigação é ter feito uma pesquisa coerente (Gowin apud Jamett, 1985).

Dessa maneira, o autor entende que uma pesquisa bem sucedida depende da coerência que existe entre aquilo que é feito (experiência) com aquilo que se pensa (conceitos). Fica claro que para a realização de um experimento coerente, se faz necessário a articulação estruturada entre os conceitos com a finalidade de validar ou dar significado aos resultados obtidos a partir do determinado evento.

Por exemplo, para analisar um circuito RLC ressonante é necessário o conhecimento teórico prévio da relação entre potencial elétrico e carga elétrica para um capacitor, assim como da relação entre frequência da fonte de tensão e as reatâncias capacitivas e indutivas. Dessa forma, para uma análise coerente do que se faz, conceitos e sistemas de conceitos devem ser reunidos e avaliadas as suas relações com os novos eventos.

Agora, em uma visão geral, podemos entender a conexão dos eventos fatos e conceitos como um Vê, da forma apresentada na Figura 1. Do lado esquerdo do Vê temos o sistema conceitual, onde podemos representar não só os conceitos, mas toda a fundamentação para o evento. Do lado direito, temos o método utilizado para registrar os resultados e também analisar o evento. É fundamental que ocorra a interação entre o sistema conceitual e o método para que a experiência faça sentido.

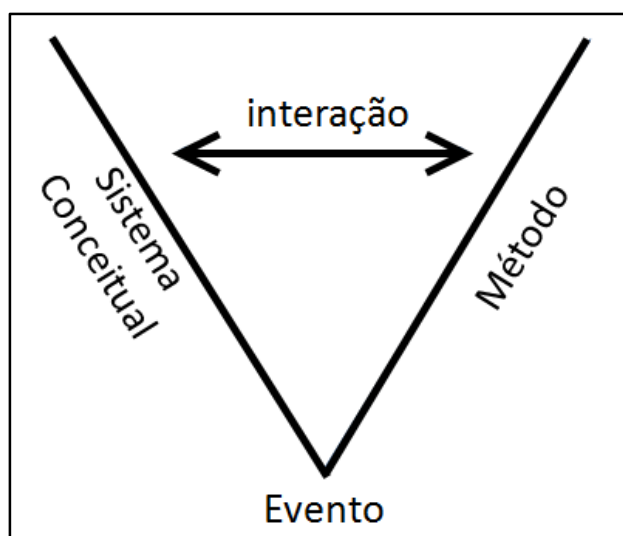


Figura 1 – Um Vê simplificado (Jamett, 1985, p.23)

Segundo Cappelletto (2009), uma das formas mais comuns de se usar um Vê é na preparação de projetos de pesquisa, na forma como pode ser vista na Figura 2.

O Vê começa com uma pergunta chamada de questão-foco. Essa pergunta se refere imediatamente ao evento de interesse, por essa razão, e pelo próprio formato do Vê, esta(s) pergunta(s) aponta(m) para o tópico Evento/Objeto.

Nenhuma pergunta é feita, ou evento planejado, estudado ou interpretado isoladamente. Toda ação do cientista depende de sua filosofia de trabalho, das teorias envolvidas, dos princípios e dos conceitos. O lado esquerdo do Vê desafia o pesquisador a ser mais explícito sobre a forma como seu pensamento influi sobre sua pesquisa. Muitas vezes essa etapa é negligenciada, ou não é dado o devido espaço em sua argumentação, que é de fundamental importância para o entendimento do lado direito do Vê.

No lado direito se encontram aqueles elementos mais familiares em pesquisa: os registros, as transformações, os dados, e as asserções de conhecimento e de valor. Os registros são obtidos em sua forma bruta, por isso qualquer alteração em sua ordem, deve estar em dados. As transformações podem ser vistas como uma organização mais elaborada dos dados com vista a realizar alguma análise. Por isso, é muito comum a apresentação dos dados na forma de tabelas ou gráficos. As asserções de conhecimento são as conclusões ou as interpretações dos dados transformados, à luz das teorias, princípios e conceitos, de tal forma que possam responder todas as questões-foco propostas. As asserções de valor devem nos dizer a importância das conclusões da pesquisa, ou seja, o seu valor para o meio acadêmico, para a sociedade, para a educação, etc.



Figura 2 – Vê de Gowin para preparação de projetos de pesquisa (Cappelletto, 2009).

3.2.2 TEORIA EDUCATIVA

Para Gowin o evento educativo é mutável e artificial por ser uma construção humana, ou seja, existe uma dependência da vontade do homem para a sua existência dentro de uma cultura. Artificial é o oposto de evento natural (o biológico ou psicológico) (Gowin, 1981, p. 123). O homem por vontade própria deseja controlar esses eventos, mas dependem de certos agentes que o tomam como o próprio objeto.

Moreira (1999, P. 167) chama de *modelo de Gowin* a relação triádica entre o Professor (T), Materiais Educativos (ABC) e o Aluno (S). A interação professor-aluno através de um episódio de ensino-aprendizagem se caracteriza pelo compartilhamento de significados por materiais educativos (diagrama 2). Conforme Gowin:

[...] então o problema da aprendizagem pode ser simplesmente definido como: fazer conexões entre aquilo que deve ser apreendido (o que os alunos precisam saber) e aquilo que eles já sabem.² (Gowin, 1981, p.124).

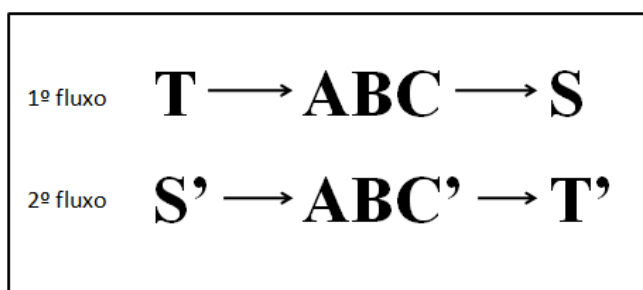


Diagrama 2 – Fluxo da relação triádica: professor (T) – material didático (ABC) – aluno (S).

Classicamente em um episódio de educação podemos alegar que cabe ao professor a tarefa de ensinar, pois sabemos que ensinar exige autoridade. No entanto, Gowin nos diz que o ensino é o ponto onde é alcançado o compartilhamento de significados no contexto da educação. Por essa razão, ensinar ganha uma conotação diferente da clássica, pois ensinar é a congruência que professor e aluno tentam buscar a partir da utilização dos materiais educativos, como se o professor e aluno estivessem lado-a-lado. Em um cenário de aprendizagem, o professor atua intencionalmente com o intuito de alterar o significado da

² Tradução nossa.

experiência do aluno. Por sua vez, o aluno presta atenção no professor e nos materiais para captar os significados. Esta dinâmica entre professor e aluno pode ser muito breve ou pode durar um longo intervalo de tempo e, nesse período, tanto o professor como o aluno possuem responsabilidades bem definidas. O professor deve verificar se o aluno captou o significado do material o aluno, por sua vez, deve verificar se os significados captados são aqueles que o professor pretendeu ensinar, dando origem a um terceiro ou mais fluxos. Por essa razão, o professor não pode ser responsável pelo compartilhamento de significados se o aluno não participar. Então, após o ensino ter resultado em significados compartilhados, cabe ao aluno decidir aprender e esta decisão é única do próprio aluno (Diagrama 2).

Curriculum, segundo Gowin (ibid.), é a coisa material que existe associada à experiência das pessoas. Geralmente os materiais existem sob a forma de textos, filmes ou programas. Logo, *curriculum* se refere à reconstrução desses materiais a partir dos significados de um corpo de conhecimento contendo certo critério de excelência, para serem utilizados em ensino e aprendizagem. O *curriculum* deve ser/possuir, pelo menos, cinco valores:

1. Um veículo de critério de excelência;
2. Registros de eventos anteriores para tornar possível novos eventos;
3. Autoridade dos registros;
4. Organizador conceitual;
5. Multiplicador de significados.

Sobre o critério de excelência, os materiais devem passar através de um julgamento para determinar se o mesmo possui de fato aquilo que almeja. Não se deve pensar unicamente em um critério estético, mas sim em um julgamento sobre a *educabilidade* que o material deve possuir.

Como registros de eventos anteriores, os materiais devem servir para organizar os próximos eventos educativos. O autor lança o exemplo de atirar ossos frescos para um cachorro, isso porque, depois de roído, o osso não servirá mais para ser roído por outro cachorro. Um material de ensino apresenta uma característica diferente, porque depois de realizado o evento educativo, os materiais podem ser utilizados para guiar um evento educativo seguinte.

Quando existir dúvidas, ou mesmo para resolver conflitos entre alunos e professor sobre o que é certo ou não, os materiais devem possuir autoridade sobre interpretações, servindo como um meio de conduzir as decisões humanas.

Nós aprendemos a compreender uma grande quantidade de informações a partir de poucas informações, então deve ser muito eficiente a seleção de materiais. Usando do princípio dos materiais como organizadores conceituais, eles devem possuir essa importante característica com o intuito de aumentar a experiência humana. Em um Vê podemos dizer que as questões-foco e os conceitos são elementos que servem de organizadores conceituais.

Uma pessoa não precisa necessariamente repetir o mesmo caminho que outras pessoas para adquirir o aprendizado. Por isso, novas informações devem ajudar a reorganizar o significado daquilo que já se sabe, para que ocorra um acréscimo de significado. Para se tornar educado, os estágios de ensino não são como um crescimento constante, como o desenvolvimento físico, ou seja, a continuidade que existe entre os estágios não significa que sejam iguais qualitativamente. Então, fica claro que a aprendizagem significativa é uma reconstrução (multiplicação de significados) da experiência humana à medida que aquela experiência muda.

Dentro daquela relação triádica existem algumas inter-relações, tais como a relação entre professor – materiais educativos, professor – aluno e aluno – materiais educativos.

A relação entre professor e materiais didáticos deve ser considerada um dos fatores mais importantes, e segundo o autor, essa relação deve ser “empolgante”. Sabemos que um professor leva muito tempo para se tornar mestre em um determinado campo. No entanto não se tem uma medida exata do quanto tempo ele gastou para transformar um material do tipo XYZ (assunto em sua forma bruta) em um material sob a forma ABC (que pode ser usado para propósitos educativos). Esse processo de transformação de materiais primários em materiais educativos é o centro da relação professor – materiais educativos.

A interação do aluno com os materiais educativos tem a mesma natureza da relação anterior, ou seja, é necessário que o aluno tenha o interesse em aproveitar o conhecimento veiculado pelos materiais com a mesma intensidade que o professor deve ter para prepará-los. Uma forma de degenerar tal relação seria o ato de utilizar os materiais de

forma instrumental apenas para ser aprovado na disciplina mais facilmente. Um exemplo que podemos citar está no fato de um aluno *enganar*³ em um relatório em Física do que usar o laboratório como um lugar onde se exploram os limites de uma teoria frente à realidade (Ibid., p.76).

Com tudo que foi exposto, vemos que podemos melhorar a análise de como o conhecimento é construído, assim como a visão de mundo de quem o constrói através de um Vê de Gowin. E para nossas futuras análises vimos que a relação triádica professor – materiais educativos – alunos, deve ser levada em consideração, principalmente em uma disciplina de atividades experimentais. Ainda que a inter-relação professor – aluno seja de fato muito importante, na maior parte do tempo os alunos, assim como o professor, entrarão em contato com os materiais educativos, nossa análise será focada nessas duas relações. Para que um evento educativo se torne satisfatório é necessário a constante avaliação dos alunos, para que se verifique se houve o compartilhamento de significados, que é o centro da teoria educativa de Gowin.

³ Tradução nossa do inglês *To fudge*

4. REFERENCIAL EPISTEMOLÓGICO

Inevitavelmente para uma discussão apropriada sobre as visões de ciência e, conseqüentemente, sobre a postura dos alunos de graduação em relação ao laboratório de ensino, se faz necessário uma abordagem à luz de uma teoria epistemológica. Isto porque nessas últimas décadas têm crescido as preocupações com a visão dos alunos sobre ciências, além daquelas referentes ao modo como se podem utilizar a epistemologia em sala de aula.

É pacífico que questões que envolvem história e filosofia da ciência trazem importantes implicações para o ensino de ciências (Windschitl, 2004; Windschitl, Thompson e Braaten, 2008). No entanto, a adequada transposição da filosofia para uma situação de sala de aula não é trivial (Mortimer, 1996), embora saibamos que é importante enculturar os estudantes com uma visão mais apropriada de ciência.

Uma das abordagens adotadas, ainda que controversa, é o paralelismo indireto entre epistemologia e ensino conforme Ostermann e Cavalcanti (2010)⁴. Em outras palavras, usar o pensamento de como a ciência é construída na visão de Popper, Lakatus ou Laudan no sentido de entender como funcionaria a mudança conceitual.

Em especial, Zylberstajn (1991) nos revela uma sugestão de prática de ensino ao fazer a analogia entre as concepções alternativas apresentadas por alunos de ciências com paradigmas na perspectiva de Thomas Khun. Dessa maneira o aluno, seria ora tratado como um cientista em um período de ciência normal ora um cientista em um período de ciência extraordinária. Logo, o aluno ao entrar em sala de aula seria dotado de um conhecimento prévio de ciências, e que esse mesmo conhecimento pode entrar em conflito com o novo conhecimento. O novo conhecimento seria levado ao aluno através das teorias científicas, que por analogia, seriam agora considerados como novos paradigmas.

Diferente daquela proposta, nós vamos nos concentrar naquilo que T. Khun entende sobre como se daria o ensino de ciências. Embora seja reconhecido que o autor se manifesta sobre a formação de um futuro pesquisador e não de um aluno de ciências, podemos adotá-lo uma vez que estamos dentro de um processo de formação científica.

⁴ Ostermann e Cavalcanti (UFRGS). Epistemologia, aplicações para o ensino de ciências. Porto Alegre: 2010.

Assim, as aulas de laboratório podem ser entendidas como o cerne da aprendizagem do ofício do futuro físico. Nessa perspectiva, iremos nos concentrar apenas naquilo que T. Khun chama de “ciência normal” e seu desenvolvimento, o que inclui a formação de cientistas. Por essa razão não vamos entrar nos domínios de ciência revolucionária, de paradigmas, de incomensurabilidade, pois os significados destes termos ainda são focos de controvérsias (Msatermann, 1970), e que também não serão o foco de nosso estudo.

Então, para este trabalho aceita-se como significado de paradigma as teorias, métodos, assim como os problemas legítimos praticados em um determinado campo científico por seus pesquisadores. O termo ganha outras conotações ao longo de sua obra e que podem gerar alguma confusão. No entanto o autor afirma que paradigma é algo que a comunidade científica compartilha e, se entendermos dessa forma, possui um caráter circular, ou seja, a própria comunidade se consiste como um meio que compartilha paradigmas.

O período caracterizado como “ciência normal” é o momento da ciência em que os esforços dos cientistas estão direcionados na adequação dos problemas e observações às teorias vigentes (paradigmas). Embora seja uma das características principais da obra de T. Khun a não-cumulatividade do conhecimento científico, esse período é regido pela constante atualização de fatos e previsões do paradigma, caracterizando assim um período de cumulatividade de conhecimentos. Dessa maneira é certo dizer que o cientista dedica boa parte de sua vida com operações de acabamento, que nas palavras do autor:

[...] esse empreendimento parece ser uma tentativa de forçar a natureza a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos e relativamente inflexíveis fornecidos pelo paradigma. (Khun, 1962, p. 44)

Dentro do período normal o cientista deve entrar em ressonância com os limites impostos pelo paradigma seguindo alguns procedimentos específicos. O autor lança mão da analogia com um jogo de quebra-cabeça, pois assim como nesse jogo é necessário seguir algumas *regras*, o cientista em seu trabalho também deve seguir algumas. O conceito de regras possui vários níveis de significados de acordo com a tarefa desempenhada pelo pesquisador, e que muitas vezes podem se confundir com o próprio conceito de paradigma. No entanto, em um sentido mais restrito, envolve a própria prática de fazer ciência, que se manifesta em adequar a observação experimental a uma teoria para que a própria observação tenha sentido. Conforme o próprio autor:

Por exemplo, os índices máximos de dispersão de elétrons que mais tarde seriam vistos como índices do comprimento de onda dos elétrons não possuíam nenhuma significação aparente quando foram observados e registrados pela primeira vez. Antes de se tornarem medida de alguma coisa, foi necessário relacioná-los a uma teoria que predissesse o comportamento ondulatório da matéria em movimento. (Ibid., p. 62)

Nesse mesmo sentido, podemos entender a própria visão do autor com relação ao papel da teoria e da experimentação. Os epistemólogos contemporâneos divergem em muitos aspectos, no entanto, todos eles concordam em rejeitar a visão empirista-indutivista, ainda largamente vigente no ensino de ciências. Pelo visto, uma observação sobre a natureza só tem sentido, ou representaria a medida de alguma coisa, quando fundamentada em uma teoria, que nesse nosso caso, é um paradigma. Assim, uma das principais funções de uma teoria científica é reduzir a dispersão de resultados, caracterizando uma regra.

Para melhor adequar nossa fundamentação, lembraremos do significado de regra, como a adequação dos fatos a uma teoria, como sendo “regra tipo I”. Isto se faz necessário na medida em que o autor destaca outro significado mais concreto do termo regra (tipo II): a atitude frente a instrumentos preferidos ou a maneira de usá-los.

Outro tipo de regra está em um nível mais elevado, o qual o autor credita um componente quase metafísico (tipo III), que seria a crença dos cientistas em algo ainda não comprovado que fundamentaria toda a sua pesquisa. Um exemplo para isto seria a crença no caráter corpuscular da matéria, ainda que não comprovado. Esta crença fundamentou uma série de metodologias além de indicar quais os problemas que deveriam ser pesquisados.

Com isto, entendemos que regra seria uma característica do meio acadêmico que deve ser apreendida pelos alunos de tal forma a conduzirem suas atividades por ela. As regras são características do próprio meio acadêmico (local), que possui um caráter mais subjetivo, do que aquele apresentado por um paradigma, que é restrito e imutável, compartilhado por toda a comunidade científica (geral).

Ainda sobre o período normal devemos destacar as palavras do autor:

A investigação histórica cuidadosa de uma determinada especialidade num determinado momento revela um conjunto de ilustrações recorrentes e quase padronizadas de diferentes teorias nas suas aplicações conceituais, instrumentais e na observação. Esses são os paradigmas da comunidade, revelados nos seus manuais, conferências e exercícios de laboratório. Ao

estudá-los e utilizá-los na prática, os membros da comunidade aprendem seu ofício. (Ibid., p. 67)

Sendo assim, um futuro pesquisador formado pela universidade deve passar pelas aulas de laboratório, pois essas atividades se manifestam como uma das fontes dos conhecimentos aceitos, além das regras; e desta forma o aluno aprende como é a atividade de um físico.

Em grande parte, esses conhecimentos, assim como as regras, são aprendidos nos manuais, que possuem a função de fornecer ao leitor uma exposição sobre aquilo que a comunidade científica acredita saber, assim como as suas aplicações. Khun não considera os aspectos cognitivos de aprendizagem ao mencionar que aprender uma determinada matéria requer a sua apresentação conectada com alguma aplicação prática. Dessa forma, o aprendizado de uma teoria depende dos estudos de suas aplicações, na prática de resolução de problemas, seja com lápis e papel ou através de experiências dentro de um laboratório. Dessa forma, segundo o autor, o enfoque abrangente de uma determinada matéria manifestada na sua aplicação teria um papel mais epistemológico do que didático.

Agora que entendemos a função dos manuais nessa perspectiva, podemos avançar no entendimento do papel da medição, presente nos manuais, no período normal da ciência. Entender o processo de medição é entender o ofício de um físico, mas um pensamento um pouco mais descuidado pode ser conduzido a entender que a medida é tudo. Ocorre nos manuais um procedimento muito comum que pode ser representado pela Figura 3.

Assim, Khun apresenta aquilo que seria o mais próximo de um livro texto. A Figura 3 nos diz que, geralmente, os paradigmas são apresentados através de uma série de proposições teóricas, semelhantes a leis. Nem sempre as proposições que formam uma teoria possuem essa forma, mas as particularidades não serão retratadas. Ao centro da imagem temos um artefato que caracteriza as manipulações lógicas e matemáticas empregadas. Assim, os enunciados alimentam o funil situado na parte superior dessa máquina, que são acrescentadas juntamente com as condições iniciais que caracterizam a situação em que a teoria será aplicada. Através dessas manipulações podemos preencher uma tabela contendo os dados numéricos teóricos e experimentais. Esses quadros deveriam ensinar que a

atividade de um pesquisador é encontrar uma concordância razoável entre esses dois domínios, e de forma alguma representa uma concordância absoluta.

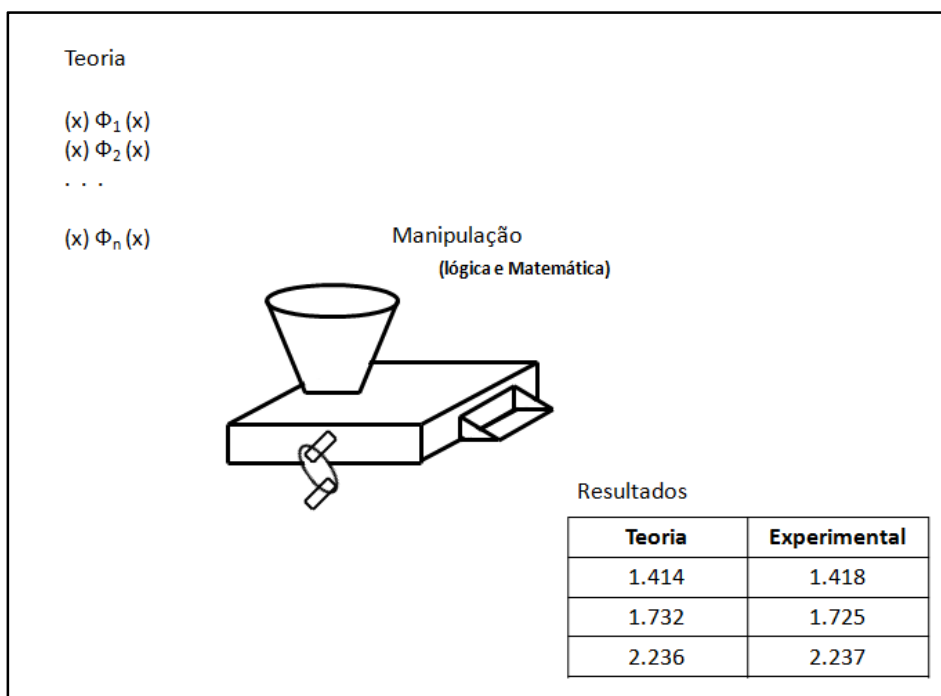


Figura 3 – Figura que representa aplicação do paradigma em manuais do período de ciência normal (Khun, 1977, p. 227)

No entanto, pela maneira como são expostos, os paradigmas parecem fatos que são aceitos e não levam em consideração o processo pelo qual acabaram sendo aceitos, ficando a discussão da conformidade entre teoria e prática esvaziada, ou seja, não se permite entender como se deu o processo de aceitação dos dados empíricos. Ainda podemos utilizar as palavras do autor:

Segue-se que o que os cientistas buscam nos quadros numéricos não são em geral a <<concordância>> em absoluto, mas o que eles muitas vezes chamam <<concordância razoável>> (Ibid., p. 230).

Deve-se lembrar que essa discussão é importante, pois a aceitação implica em boa concordância entre teoria e prática, e que ela varia de ciência para ciência, e também varia com o tempo. Por exemplo, enquanto que em espectroscopia não se admite um erro percentual experimental maior que 10^{-6} a 10^{-8} ; em astronomia um erro por um fator de 10 é considerado muitas vezes razoável (Ibid., p. 231).

Assim os resultados apresentados nos quadros parecem funcionar como um teste para a teoria. Se aqueles números concordarem então a teoria é aceitável. Contudo, se as colunas discordarem a teoria deveria ser modificada ou rejeitada. O epistemólogo acredita que o critério utilizado para validar tal tabela seja o fato de se apresentarem em um texto profissionalmente aceito. Deste modo, esses quadros definem a “concordância razoável”, e os alunos ao estudá-los aprendem o que se pode esperar da teoria.

Então, a atividade experimental se mostra de extrema importância para o futuro físico. Para que ele aprenda a lidar com as situações que são normais de sua profissão e que lhe tomam a maior parte de seu tempo: que são as tentativas de adequar a experimentação ao paradigma regente, na medida em que seu trabalho for experimental. Assim podemos entender as palavras do autor quando ele discute a presença de erros experimentais dentro da ciência normal:

Mesmo quando se encontram problemas⁵ desses, os maiores talentos científicos tiveram muitas vezes de inventar aparelhos de reduzir os efeitos perturbadores e de estimar a margem permitida para os que persistem. Este é o tipo de trabalho que a maioria dos físicos faz a maior parte do tempo, na medida em que seu trabalho for quantitativo. (Ibid., p. 238).

Com essa base epistemológica pretendemos então analisar nossos resultados esperando identificar nos relatórios e nos Vês algumas características dos alunos que poderiam ser classificadas como regras, e se possível, fazer algum julgamento positivo ou negativo dessa aprendizagem, além de avaliar as atitudes dos alunos em relação aos erros experimentais.

⁵ Problemas que permitem comparações quantitativas entre teoria e a observação

5. METODOLOGIA

A parte experimental deste trabalho foi realizada no ano de 2009, nas aulas de laboratório da disciplina de Física Geral e Experimental III do Departamento de Física da UFRGS, abrangendo o conteúdo de Eletricidade e Magnetismo e ministrada a estudantes de licenciatura e/ou bacharelado em Física. O público-alvo foi oito alunos matriculados no turno matutino do primeiro semestre e outros dez alunos do turno noturno no segundo semestre (os alunos desistentes foram desconsiderados para este estudo). Não houve a possibilidade de se trabalhar com amostras aleatoriamente escolhidas, tampouco com grupos de controle e experimental. Os mesmos estudantes participaram das três etapas do estudo em cada semestre.

As atividades de laboratório eram parte integrante da disciplina de Física Geral e os roteiros experimentais estavam previamente definidos. Portanto, nossa proposta foi avaliativa quanto ao uso dos relatórios estruturados tradicionais, em contraposição ao uso de uma avaliação não estruturada, como no caso do diagrama Vê, e não propriamente quanto à estrutura dos roteiros e metodologias da disciplina. Também focamos nossos esforços em conseguir analisar os resultados por meio de uma perspectiva epistemológica.

Todos os guias dos laboratórios de Física Geral da UFRGS são tradicionalmente estruturados de modo muito similar em todos os semestres. Devemos entender que um guia de laboratório estruturado é aquele em que o aluno é guiado, passo a passo, ao longo de um procedimento experimental conforme preconizam Moreira e Levandowski (1983). Devido à impossibilidade de alteração nos roteiros e a permanência da abordagem tradicional nos primeiros experimentos, foi possível avaliar o conhecimento prévio e dificuldades principais dos alunos. Na sequência foi proposto o uso de instrumentos semi-estruturado (questionário) e não estruturado (Vê), mantendo-se os guias estruturados e previamente definidos.

Os encontros foram divididos em três etapas, de acordo com o instrumento de avaliação: nos dois primeiros experimentos foram utilizados relatórios tradicionais, nos três seguintes utilizou-se o questionário, com uma versão modificada das “Cinco Questões de

Gowin” (Cappelletto, 2009, p. 140) e nos últimos⁶ o Vê de Gowin, como apresentado no quadro 1.

Quadro 1 – Distribuição dos experimentos conforme os instrumentos de avaliação.

Instrumento	(1ª Etapa) Relatório	(2ª Etapa) - Questionário	(3ª Etapa) - Vê de Gowin
Experimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Campo eletrostático; • Lei de Ohm (linear, não-linear). 	<ul style="list-style-type: none"> • Circuito RC em série; • Determinação do campo magnético terrestre; • Circuito RC como diferenciador e integrador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo magnético; • Indutância e circuito RL; • Circuito RLC ressonante; • Reatância capacitiva e indutiva; • Laço de histerese.

Os relatórios foram avaliados de modo tradicional: entendemos que esse é o instrumento avaliativo que os alunos estão acostumados a produzir em semestres anteriores, sendo, portanto, avaliados conforme as orientações da disciplina. Assim, o relatório deve ser escrito sob a forma de artigo científico, contemplando, no mínimo, introdução, procedimento experimental, resultados e conclusão. Ao mesmo tempo, os alunos devem responder a outros itens que são solicitados no roteiro, como se observa na Figura 4, onde as atividades a serem desenvolvidas e os procedimentos a serem avaliados são descritos. A pontuação é máxima quando cada item do relatório apresenta o melhor preenchimento possível, de modo claro e objetivo.

Na segunda etapa, apresentamos inicialmente aos alunos um questionário (questões de Gowin modificadas) com a finalidade de amenizar o impacto inicial da nova abordagem associada à elaboração do Vê.

Essas perguntas foram adaptadas das cinco propostas por Gowin (1981) para analisar criticamente conhecimentos documentados sob a forma de artigos de pesquisa, livros, etc., com o propósito de tornar essas informações apropriadas para a instrução e interpretação (Jamett, 1985, p. 13).

⁶ Foram realizados pela turma do primeiro semestre quatro desses experimentos: fluxo magnético; indutância e circuito RL; reatância capacitiva e indutiva; laço de histerese. Pela turma do segundo semestre foram realizados apenas três deles: fluxo magnético; circuito RLC ressonante; reatância capacitiva e indutiva.

Essa fase de transição para o Vê se fez necessária pela experiência de Cappelletto (2009) em atividades em que o Vê foi apresentado diretamente: foram encontradas muitas dificuldades com relação à construção do Vê, principalmente em relação à mudança do foco principal que é a interação entre a teoria (domínio conceitual) e a experimentação (domínio metodológico) implicada na própria construção do Vê. Por essa razão, tomou-se por bem utilizar o questionário.

<p>IV. - Trabalho a entregar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - As três configurações do potencial e campo elétrico em papel milimetrado. 2 - Faça um gráfico do potencial ao longo do eixo x entre os dois eletrodos, (entre $x = -10$ e $x = +10$). Calcule a intensidade do vetor E nos pontos $(-5,0)$, $(0,0)$ e $(+5,0)$. 3 - Faça as médias necessárias para determinar a intensidade de E no ponto $(+5, +\%)$ e determine este valor. 4 - Descreva V: (a) na superfície do cilindro; (b) no interior do cilindro. 5 - Levando em consideração que o cilindro é condutor, analise o que ocorre com suas cargas livres quando ele é submetido à diferença de potencial imposta pelas placas paralelas. 6 - Analise o comportamento das linhas de campo elétrico para a situação das partes 1 e 2 da experiência: <ul style="list-style-type: none"> - a qual sistema de cargas pode ser comparada cada uma delas? - qual a relação entre placas infinitas e as placas usadas no experimento? São equivalentes?

Figura 4 – Trecho recortado do roteiro sobre campo elétrico.

O uso do questionário preparatório auxilia os alunos a se preocuparem mais com o conteúdo do que com a forma. O diagrama Vê, para ser utilizado, necessita que o aluno já possua o entendimento de sua lógica de construção no que diz respeito à sequência dos eventos a serem analisados e sobre a relação entre domínio conceitual e metodológico. As cinco questões de Gowin funcionam como um resumo do que é um Vê propriamente dito, mas foram acrescentadas outras para preparar melhor o caminho para o Vê.

Dessa forma, o Vê foi indiretamente apresentado através de oito perguntas ao invés de cinco, como proposto originalmente por Gowin (Quadro 2). É necessário mencionar que essas questões seguem um possível ordenamento para construir o diagrama Vê, uma vez que existem muitas formas de elaboração ou leitura de uma atividade experimental. A disposição proposta nas perguntas sugere uma sequência mais prática para o futuro contato dos alunos com o Vê. Deste modo,

[...] começa-se pela questão-foco, passa-se pelo evento/objeto, pelos conceitos, princípios e teoria, registros e transformações, chegando à asserção de conhecimento, à nova questão-foco e, finalmente, à asserção de valor do experimento (Cappelletto, 2009, p. 140).

Quadro 2 – Questionário (Questões de Gowin modificadas)

Questão	Pontuação
1. Qual é a questão-chave (\equiv problema) que você está tentando resolver?	2,0
2. Esta questão se refere a que fato (\equiv evento, experiência)?	1,0
3. Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?	1,0
4. Qual a teoria envolvida (\equiv conjunto articulado de conceitos e proposições)?	1,0
5. O que você fez para testar a teoria?	1,0
6. Como você pode resumir os resultados obtidos? (Não se esqueça de relacionar a estas respostas o que você pensou no item 4) (Não esqueça de responder aqui a questão do item 1)	1,5
7. Que outras questões ficaram em aberto e poderiam ser investigadas posteriormente?	1,0
8. Como você utilizaria os conhecimentos adquiridos? Que utilidade eles poderiam ter?	1,5

Este formato é por si só uma mudança a ser assimilada pelos estudantes, que por meio dela gradualmente se acostumam a refletir sobre o conhecimento produzido no laboratório e na relação com a teoria vista em classe. Ao se modificar novamente o instrumento, introduzindo o Vê, o aluno já está menos resistente às modificações e compreende mais facilmente as implicações do Vê.

Para a avaliação dos questionários, foi atribuída pontuação variável, entre 1 e 2 pontos, conforme o Quadro 2, de acordo com a relevância da questão e a possível dificuldade em respondê-la. Esta “possível dificuldade” se baseia no fato de que o aluno não está habituado a pensar/escrever nos relatórios. Esta explicitação do conhecimento produzido é o que se espera que o estudante aprenda a fazer.

Apesar de a proposta original de Gowin (1981) ser voltada para a análise da estrutura do processo de produção de conhecimentos, cremos que o Vê epistemológico é um instrumento heurístico que pode auxiliar o processo de aprendizagem de duas formas: condensar a informação e entrelaçar os aspectos conceituais e metodológicos inerentes à investigação científica. Em um primeiro momento, condensar a informação parece ser a principal função de um Vê, afinal de contas, podemos através dele resumir artigos científicos, livros, teorias e relatórios. Entretanto, o aspecto mais importante para esta pesquisa é que uma versão modificada do Vê pode ajudar o aluno a entender melhor o processo de experimentação. Entende-se que, por ser menos complexo que o originalmente proposto por Gowin, é provavelmente mais apropriado para finalidades instrucionais (Moreira & Levandowski, 1983, p. 102).

Assim, na construção de um Vê, os alunos precisam reposicionar as perguntas do questionário para o formato do novo instrumento. A Figura 5 mostra o Vê epistemológico original de Gowin, e a Figura 6 um Vê construído por um dos alunos.

Para a terceira etapa, os alunos receberam instruções sobre o Vê e o aplicaram como instrumento para análise dos experimentos realizados. Foram apresentados exemplos de Vês aos alunos, inclusive um sobre resistores lineares e não lineares, além de um material explicativo sobre sua construção e como os estudantes seriam avaliados. Os critérios usados na avaliação do desempenho em relação ao uso do Vê estão de acordo com a proposta de Gurley-Dilger (1992).

Deve-se ressaltar que,

O Vê do experimento efetivamente feito pelo aluno, em substituição ou em complementação ao relatório, forneceria, em princípio, informações sobre o que de fato foi aprendido. Um estudo nesse sentido foi conduzido por Jamett (1985) no qual obteve evidências de que o Vê é realmente útil na avaliação de aprendizagem decorrente da realização de um experimento de laboratório (Moreira, 2006, p. 96).

Partindo-se dessa premissa, solicitou-se aos alunos que elaborassem seus Vês individualmente, apesar de realizarem as atividades em grupos, para cada experimento desta etapa, revelando da melhor maneira possível indícios sobre sua aprendizagem com o uso do instrumento.

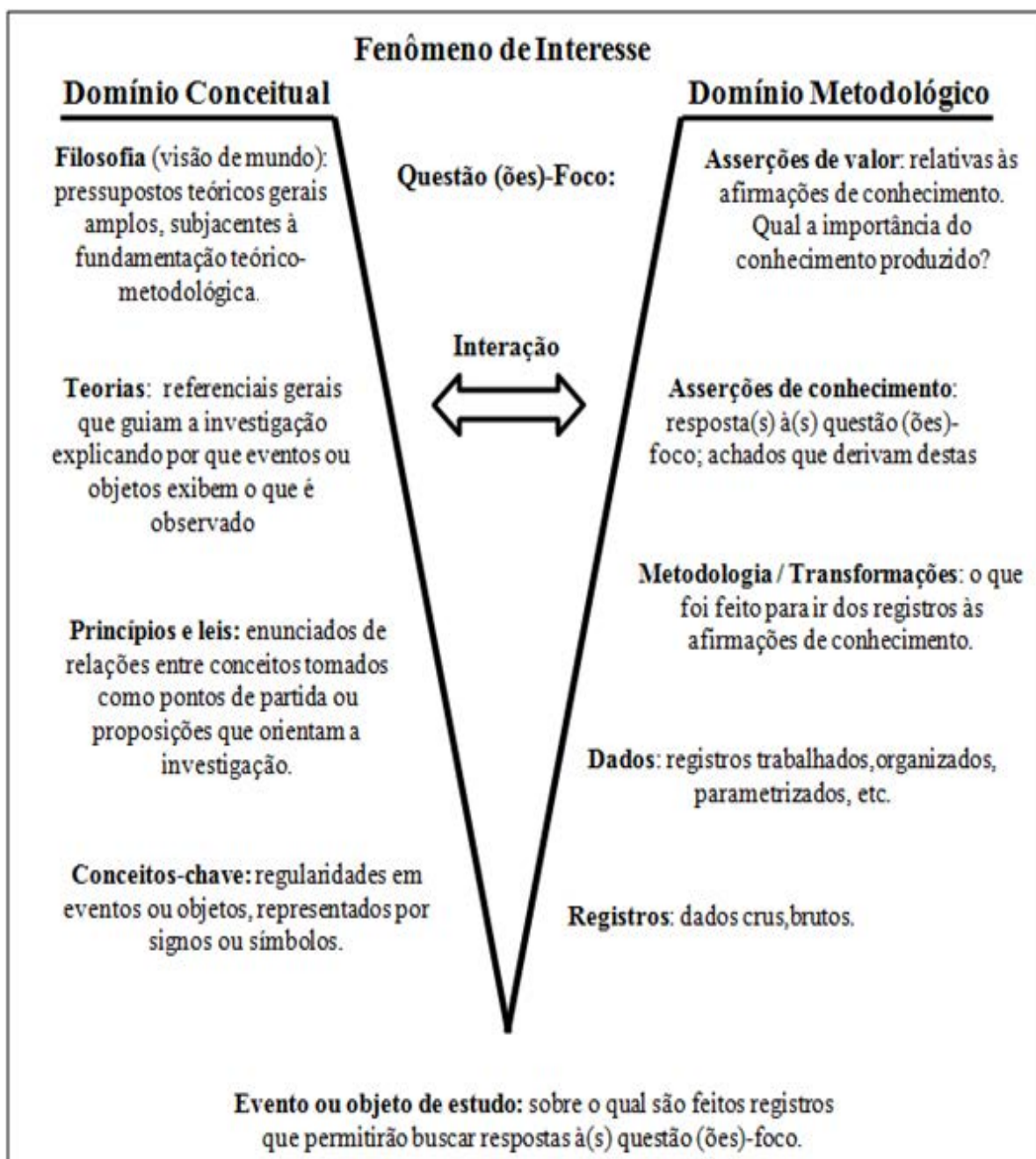


Figura 5 – Vê epistemológico de Gowin ou diagrama Vê (Gowin, 1981; Gowin e Alvarez, 2005; Moreira, 2006)

CIRCUITO RLC RESSONANTE

DOMÍNIO CONCEITUAL

Filosofia:
O estudo experimental prático dos princípios e leis da Física complementa o conhecimento teórico adquirido pelo homem, e o faz entender melhor a ciência que o cerca.

Teorias:

- Eletromagnetismo

Princípios e Leis:
Definição de impedância: é chamado de impedância (Z) do circuito para a frequência de excitação ω_d :

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega_d L - 1/\omega_d C)^2}$$

Oscilações forçadas: Um circuito RLC série pode sofrer oscilações forçadas com uma frequência angular de excitação ω_d se for submetida a uma força eletromotriz na forma:

$$E = E_m \sin \omega_d t$$

A corrente produzida no circuito por essa força eletromotriz é dada por:

$$i = I \sin(\omega_d t - \phi), \text{ onde } \phi \text{ é a constante de fase da corrente.}$$

A corrente eficaz I_{rms} é: $I_{rms} = \frac{E_{rms}}{Z}$

A constante de fase ϕ é: $\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$

A frequência natural LC é: $f_N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$

Conceitos-chave:
Força eletromotriz alternada, corrente elétrica alternada, capacitor e capacitância, indutor e indutância, resistor e resistência, reatância capacitiva, reatância indutiva, impedância, frequência e frequência angular, ressonância.

Questões-Foco:

Qual o comportamento da impedância de um circuito RLC em função da variação da frequência de excitação do circuito?
Quando um circuito RLC entra em ressonância, qual o valor da constante de fase ϕ ?

DOMÍNIO METODOLÓGICO

Asserções de valor:
A ressonância ocorre quando $X_C = X_L$, e a potência dissipada no circuito é máxima. Na prática, são colocados capacitores ou indutores em série com a carga dos sistemas para que a constante ϕ seja 0° (e fator de potência $\cos \phi = 1$).
A variação de capacitores e indutores também serve para sintonizar uma frequência de ressonância, utilizados em sintonizadores de rádio e TV.
Utilizando um osciloscópio com dois canais, poderíamos ver e medir as formas de ondas da força eletromotriz da fonte e das tensões em cada componente do circuito, comparando a defasagem entre elas.

Asserções de conhecimento:
Calculamos o valor da frequência de ressonância para o circuito RLC em questão. E na tabela 2 e gráfico 1 observamos um valor mínimo para a impedância e o valor correspondente a frequência nesse ponto é a frequência de ressonância. Os dois valores obtidos para a ressonância são muito próximos, levando-se em conta as incertezas de medições dos instrumentos utilizados.
Como vemos no gráfico 1, a impedância do circuito RLC depende da frequência de excitação, conforme a frequência aumenta (partindo próximo de zero) a impedância diminui rapidamente até atingir o valor mínimo, que é quando a frequência de excitação se iguala a frequência natural LC, e quando a frequência de excitação é maior que a frequência natural LC, a impedância é diretamente proporcional a frequência de excitação.
Quando o circuito RLC entra em ressonância o valor da constante ϕ é 0° , ou seja, a força eletromotriz e a corrente no circuito estão em fase, pois $X_C - X_L = 0$.

Transformações:
Na tabela 1 temos os valores medidos das tensões e corrente e os valores calculados de reatâncias, resistência, capacitância, indutância e a frequência natural (ressonância)
Na tabela 2 temos os valores da corrente do circuito em função da frequência de excitação. No gráfico 1 temos a curva da impedância do circuito em função da frequência.
Tabelas e gráficos em anexo.

Registros:
Com a tensão da fonte em 5V e a frequência de excitação em 200Hz, medimos os valores de tensão no capacitor, resistor e indutor e a corrente do circuito.
Com a tensão da fonte em 5V, variamos a frequência e medimos a corrente elétrica do circuito.
Todas as medições de tensão e corrente foram medidas eficazes chamadas RMS.

Evento:
O circuito (figura em anexo) formado por um resistor, um capacitor e um indutor em série (RLC) e alimentado por uma fonte de corrente alternada será utilizado para determinar como a impedância varia com a frequência de excitação da fonte.

Figura 6 – Exemplo típico de Vê construído por um aluno da disciplina, para o experimento “Circuito RLC Ressonante”.

Para criar um Vê, em primeiro lugar é necessário elaborar uma questão-foco, que irá fundamentar todo o processo experimental. Essa questão-foco é proposta no âmbito de um fenômeno de interesse que pode originar várias outras questões, mas em um experimento geralmente pretende-se responder apenas uma (ou poucas). Todo experimento se refere a algum fenômeno (natural ou provocado) que é chamado de evento.

Os alunos foram instigados a elaborar essa questão-foco referente ao experimento, de tal forma que o resultado produzido pela experiência fosse a resposta (tentativa) para essa pergunta. Na verdade, a primeira pergunta do questionário preparava o aluno para este item e, por ser a mais relevante, foi avaliada com 2,0 pontos.

Pelo próprio formato do instrumento criado por Gowin, a questão-foco aponta para um determinado evento, que no caso é uma experiência de laboratório, planejado com o intuito de responder essa questão. Os alunos foram instruídos a utilizar o espaço no vértice do Vê para descrever os materiais utilizados, o esquema da experiência e o procedimento adotado para conduzir a experiência. No questionário preparatório se fazia alusão ao evento na segunda e quinta perguntas.

O lado esquerdo do Vê representa o domínio conceitual, que em nosso caso engloba os sistemas conceituais envolvidos no processo experimental. Nenhuma pergunta é feita ou evento planejado sem a influência das concepções dos pesquisadores: filosofia, teorias e conceitos levam à formulação de perguntas e eventos que fornecerão as interpretações para os dados obtidos. Por essa razão, o lado esquerdo do Vê é constituído por importantes componentes da pesquisa, que são muitas vezes negligenciados (Ibid., p. 87). O Vê conduz os pesquisadores a serem mais explícitos sobre o papel que as suas visões de mundo possui na pesquisa. Neste espaço os alunos devem pensar também em uma filosofia (visão de mundo), uma crença, um paradigma, que motiva a experimentação ou até mesmo sobre como é a natureza da ciência. No questionário preparatório não havia ainda questões sobre filosofia, ficando esse item apenas para a tarefa com o Vê.

Ainda no lado esquerdo, devem ser fornecidas as hipóteses e teorias que fundamentam toda a experiência. A teoria orienta a observação dos eventos, dos objetos de estudo e até a própria montagem da experiência. Apesar de que em um relatório tradicional isso deveria ficar claro tanto para o professor quanto para o aluno, dispensar um tempo para pensar sobre a teoria pode conduzir o aluno a um entendimento ainda maior, ou mesmo clarificar para o aluno que a experiência é fundamentada em uma teoria. Principalmente neste momento, estudantes relacionam o conteúdo abordado em sala de aula com o do laboratório.

Em princípios e leis, os enunciados mais importantes que permeiam a experiência são descritos como as relações entre conceitos e as relações matemáticas

específicas para o experimento. É comum que conceitos sejam explicados na forma de proposições, porém deve-se atentar para confusões entre princípios, leis e conceitos: os primeiros exprimem relações entre conceitos, mas não são conceitos propriamente ditos. Os conceitos apontam para regularidades percebidas em eventos ou objetos e conceitos-chave são os mais importantes, estruturantes da(s) teoria(s), envolvidos no experimento (Ver o Vê da p. 50). Essas questões foram também exploradas no questionário preparatório, nas perguntas 3 e 4.

O lado direito do Vê representa o domínio metodológico e acredita-se que para os alunos essa seja a parte mais fácil do trabalho, pois contém os componentes mais familiares das práticas de laboratório. Enquanto os registros são os dados da experiência, coletados em sua forma bruta, as tabelas e os gráficos são considerados transformações dos registros. Aqui se faz necessária uma explicação mais cuidadosa do professor aos alunos, para evitar uma possível confusão entre registros e transformações.

Nas asserções de conhecimento, a questão-foco deve ser respondida tomando-se o cuidado de envolver todo o lado esquerdo do Vê e as transformações dos registros da experiência. Um erro muito comum é analisar os dados de forma desconectada da teoria ou ainda deixar de responder às questões-foco. Baseando-se em experiências anteriores, os alunos foram instruídos para que não confundissem resultado de experiência com os dados brutos em si, caso contrário, as asserções ficariam “soltas”, o que ocorre com facilidade. É importante que no preenchimento do lado direito do Vê os alunos sejam induzidos a perceber que assim como a teoria influencia na metodologia, os resultados desta influenciam a primeira. Como sugere o Vê, há uma interação entre os domínios conceitual e metodológico na produção do conhecimento.

Por fim, a asserção de valor nos fornece a expectativa do próprio aluno sobre a relação que seu experimento pode ter com sua aprendizagem e com os trabalhos futuros. Além disso, ajuda a entender a utilidade e as implicações da sua experiência. No questionário preparatório o lado direito do Vê foi abordado nas perguntas finais (6 a 8).

No trabalho de Moreira e Levandowski (1983) entre as transformações dos dados e asserções de conhecimento havia ainda mais dois componentes: interpretações e procedimento experimental. Neste caso, também os roteiros de laboratório estavam preparados de acordo com a proposta de utilização do Vê. Porém, aqui se optou pelo modelo

proposto por Cappelletto (2009), onde o evento contém o procedimento experimental e as asserções de conhecimento abarcam as interpretações. Em nossa proposta foi mantido ainda o uso do questionário preparatório e não foi possível alterar os guias de laboratório, justificando nossa escolha pela proposta de Cappelletto (Op. Cit.).

No próximo capítulo discutimos a evolução dos trabalhos dos alunos ao longo do semestre. Para tanto, escolhemos três alunos que consideramos típicos em seus aproveitamentos e, quando conveniente para a análise, buscamos um quarto aluno com o intuito de demonstrar com mais significado nossa interpretação. Para organizar a imensa quantidade de dados, decidimos expor, de forma comentada, trechos dos relatórios que aqueles alunos entregaram em cada atividade experimental realizada, apontando os detalhes que nos chamaram a atenção.

6. RESULTADOS

Foi avaliado um total de 18 alunos nos dois semestres do ano de 2009, sendo assim foi obtida uma grande quantidade de relatórios, questionários e Vês epistemológicos (140 trabalhos). Então, para facilitar nosso entendimento, se fez necessário descrever o desenvolvimento de apenas três alunos, lançando mão de um quarto aluno em momentos oportunos. Agimos dessa maneira, porque pareceu adequado analisar os resultados em termos de aproveitamento baixo, médio e alto.

Por aproveitamento devemos entender como o desempenho do aluno de uma forma que vai além da nota, o que inclui a boa apresentação dos relatórios, rigor nas datas de entrega, entre outras. Essa escolha não implica na ideia que de fato existam esses três grupos, mas sim na tentativa de melhor avaliar os trabalhos, visto que tentar formar grupos de desempenho em uma turma onde as notas possuem uma distribuição gradual de notas, se mostra coerente devido ao fato que alguns alunos possuem muitas semelhanças.

Chamaremos de Aluno1 aquele que possui boa apresentação em seus trabalhos, e que se mantém ao longo dos questionários e dos Vês epistemológicos. O Aluno 2 foi considerado regular ao longo do semestre por possuir uma apresentação e domínio das atividades pouco abaixo do nível apresentado pelo Aluno 1. Por último, os Alunos 3 e 4 são aqueles que possuem baixo rendimento e, pelo nosso convívio, também demonstram possuir pouco comprometimento.

Assim, escolhemos 3 alunos considerados representativos para descrever seus trabalhos, e para tornar a análise dos resultados mais consistente também utilizamos outros trabalhos para melhor embasar nossa argumentação.

Seguindo nessa linha, apresentamos os laboratórios didáticos com uma breve descrição de seus elementos. Os roteiros em anexo são tradicionais no Instituto de Física e tentaremos explicar seus principais objetivos didáticos. Logo em seguida, apresentamos os trabalhos dos alunos escolhidos sempre respeitando a sequência de apresentação.

Devemos sempre ter em mente que não estamos querendo provar que existe o padrão alto, médio e baixo. Ele foi assim definido como um modelo para orientar a análise. Essa atenção é necessária, pois sabemos perfeitamente que em uma turma frequentemente

encontramos uma diversificação de atitudes dos alunos. Agindo dessa forma pretendemos tornar mais fácil a compreensão de nossa argumentação epistemológica proposta ao final de nossa análise.

6.1 Laboratório 1: Campo Eletrostático

Esta primeira atividade experimental é muito imprecisa, por essa razão, esperava-se dos alunos certos comentários em relação à precisão (Anexo A). Um olhar mais crítico poderia invalidar totalmente a experiência se levamos em consideração que o erro está na mesma ordem de grandeza da diferença de potencial.

No entanto, um dos objetivos deste experimento é proporcionar ao aluno uma forma de “visualizar” o campo elétrico, relacionado com o gradiente do potencial elétrico. Longe de ter um *status* de confirmação de alguma coisa, a experiência é muito interessante para mostrar ao aluno como as linhas equipotenciais podem assumir formas “grosseiras” em relação às linhas bem comportadas previstas teoricamente.

Outra característica interessante é verificar o valor do campo elétrico dentro de um condutor, assim como o comportamento do campo em determinadas montagens, sugerindo uma simetria parecida com as que são previstas teoricamente. A atividade não possui um desenvolvimento matemático complexo e, apesar de ser necessário coletar dados numéricos, as principais constatações dos alunos são de natureza qualitativa, propiciando um espaço muito bom para se discutir precisão e também a adequação da teoria com a experimentação.

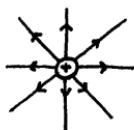
6.1.1 Aluno 1

O relatório do aluno 1 é muito bom e com uma simples verificação nota-se excelente organização, demonstrando que este aluno possui muita aptidão em escrever relatórios (Figura 7). Foi um dos únicos a deixar totalmente claros os objetivos, os equipamentos e a teoria. Seguindo uma espécie de “receita” meticulosa, são definidos

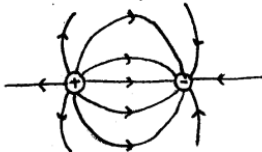
objetivos e equipamentos de forma muito precisa, seguindo logicamente o procedimento (Figura 8).

1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

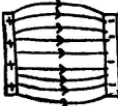
Um *campo elétrico* é uma região do espaço onde uma partícula sofre a ação de uma força elétrica exercida por um ou mais corpos/partículas carregados. Campos elétricos são comumente representados por linhas de campo elétrico, as quais apresentam diferentes configurações dependendo do sistema de corpos/partículas geradores envolvidos. Seguem exemplos, onde \rightarrow : linha de campo elétrico.



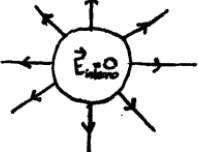
Carga Pontual



Dipolo Elétrico



Placas Finitas Carregadas



Esfera Condutora Carregada

Para cada configuração, temos uma expressão de campo elétrico E diferente – o de uma carga pontual q , por exemplo, vale $E = \frac{1}{(4\pi\epsilon_0)} \frac{q}{r^2}$ (1).

O *potencial elétrico* é a energia potencial elétrica (energia do sistema formado por um objeto e um campo elétrico externo) por unidade de carga em um ponto no espaço. O potencial de uma carga pontual, por exemplo, vale $V = \frac{1}{(4\pi\epsilon_0)} \frac{q}{r}$ (2).

As linhas acima representadas podem ser definidas a partir do potencial em cada ponto da região do campo. É possível, naquelas representações, determinar linhas onde o potencial apresenta sempre o mesmo valor – estas são as chamadas *linhas equipotenciais*. Determinando a forma dessas linhas, e sabendo que elas sempre serão perpendiculares às linhas de campo em cada ponto, conseguimos representar as últimas.

Conhecendo, então, a relação existente entre campo elétrico e potencial elétrico, temos como definir que a componente do campo elétrico E em qualquer direção é o negativo da taxa de variação do potencial elétrico V com a distância nessa direção. Ou seja,

$$E_s = -\frac{\partial V}{\partial s} \quad (3)$$

Figura 7 – O aluno faz uma exposição teórica.

2. OBJETIVOS

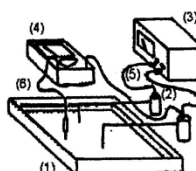
Os objetivos deste experimento são:

- definir, na prática, o que é uma superfície equipotencial;
- obter a configuração das linhas de força de um campo elétrico a partir das correspondentes superfícies equipotenciais;
- obter o campo elétrico a partir das variações de potencial elétrico nos eixos x e y;
- descrever o comportamento do campo e do potencial elétrico no interior e na superfície de um condutor carregado eletricamente, em equilíbrio eletrostático.

3. EQUIPAMENTO

- Cuba com película de água sobre vidro e papel milimetrado embaixo do vidro (1);
- Dois eletrodos (2);
- Ponteiros, placas e casca cilíndrica metálicos;
- Fonte de tensão constante (3);
- Voltímetro (4);
- Ponteiras ligando a fonte aos eletrodos (5);
- Ponteiras conectadas ao voltímetro (6).

Os materiais foram montados de acordo com a figura:



4. PROCEDIMENTO

Primeiramente, conectamos os ponteiros metálicos aos eletrodos e, através das ponteiras, ligamos os eletrodos à fonte de tensão. Os ponteiros foram posicionados em (-10cm,0cm) e (10cm,0cm), seguindo a marcação do papel milimetrado. Em seguida, ligamos a fonte de tensão e, conectando a ponteira negativa do voltímetro no eletrodo negativo, regulamos a tensão entre os condutores para 10,08V. Consideramos durante todo o experimento o potencial elétrico no eletrodo negativo igual a zero.

Com os dois ponteiros metálicos, foi possível criar a configuração de um campo produzido por um dipolo elétrico, sendo então possível prever o desenho e localização das linhas equipotenciais. Assim, mergulhando a ponteira positiva do voltímetro sempre na vertical na água da cuba, e usando como guia o papel milimetrado, conseguimos localizar os pontos de mesmo potencial, registrando-os em uma tabela.

Depois de coletados os dados, conectamos nas extremidades dos ponteiros placas metálicas, respeitando a mesma distância de 20cm. E, após realizadas as medidas, centralizamos a casca cilíndrica metálica – de diâmetros 3,5 cm e 3,7 cm (interno e externo, respectivamente) – na origem, realizando as medidas de potencial novamente. A seguir, as tabelas de pontos e valores de potenciais para as três configurações.

Figura 8 – Descrição dos objetivos e equipamentos.

Vemos um gráfico do Aluno no qual foram colocados os gráficos resultantes da atividade (Figura 9). Nota-se que os pontos obtidos pelo aluno não necessariamente conduzem às linhas equipotenciais por ele sugeridas, muito menos às linhas de campo por ele introduzidas. No entanto, é inegável a expectativa teórica deste resultado, portanto, mesmo os dados não sendo muito bons, as linhas são preenchidas de forma bastante estética, indicando uma leve tendência a forçar o resultado, pois nem se menciona uma possível

sugestão, ou inferência em relação aos dados. Com isso, perde-se a discussão em relação à precisão da experiência ou mesmo um diálogo sobre a relação entre a teoria e a prática.

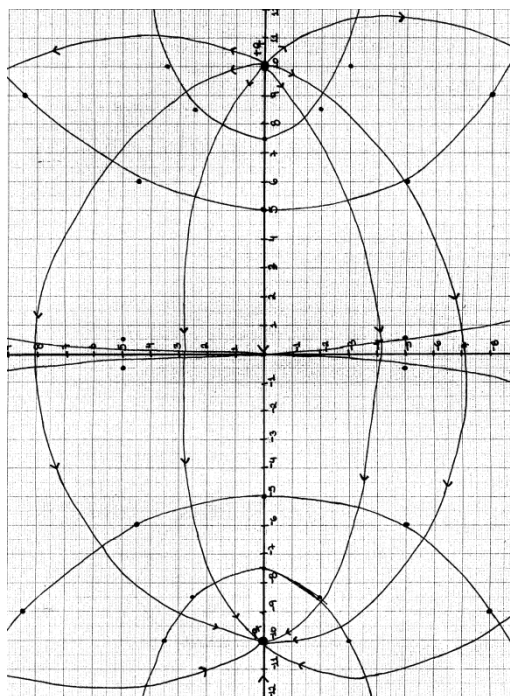


Figura 9 – Gráfico das linhas de campo muito bem desenhadas apesar de os dados obtidos não serem muito bons.

6. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Quando comparamos os valores obtidos no experimento para os potenciais em $(-5,0)$, $(0,0)$ e $(5,0)$ no dipolo com os valores obtidos na curva do gráfico correspondente, vemos que existe uma diferença entre valores:

Medido no experimento: 4,1 V ; 5,1 V ; 4,1 V , respectivamente.

Encontrado na curva: 4,9 V ; 5,0 V ; 4,9 V , respectivamente.

Apesar de a diferença ser muito pequena, ela é presente pois ~~as fontes de erro não eram inexistentes~~ ^{CLAVIA} ^{CONSIDERÁVEIS}. A maior delas envolvia a inclinação do ponteiro do voltímetro. Qualquer fuga da posição vertical, por menor que fosse, causava uma grande diferença de leitura.

É importante destacar, também, o fato de que a maior parte das medidas foi realizada apenas nos 2º e 3º quadrantes. Os pontos do 1º e do 4º quadrantes foram, em geral, definidos por simetria.

Figura 10 – Conclusões do aluno. Repare-se que foi feita uma correção da frase escrita pelo aluno com o objetivo de aumentar a clareza.

Vemos em conclusões e resultados (Figura 10) que o aluno revela a dificuldade de obtenção dos dados assumindo que poucas inclinações do ponteiro geravam grandes distorções. Sendo então isto verdadeiro, como poderia ser avaliada a precisão por ele obtida nos gráficos?

6.1.2 Aluno 2

Este aluno parece não ter a mesma motivação para construir seus relatórios como o aluno 1. O aluno 2 é bastante direto ao expor a teoria, o procedimento e os materiais envolvidos (Figura 11).

Introdução

O campo elétrico é um campo vetorial, ele pode ser sentido, logo verificado, colocando-se uma carga teste carregada positivamente em um ponto próximo à um objeto carregado. Para uma distribuição estática de cargas, temos um campo eletrostático. Sendo um vetor, o campo possui direção e sentido, Michael Faraday, que introduziu o conceito, imaginava a configuração do campo através de linhas de força, atualmente chamadas de linhas de campo, com as seguintes propriedades:

- I. 1.A direção tangente à linha da a direção do campo naquele ponto.
- II. 2.As linhas são desenhadas de modo que o número de linhas por unidade de área é proporcional ao módulo do campo.

Na prática, não medimos o campo elétrico diretamente, mas podemos medi-lo indiretamente através do potencial elétrico no ponto de interesse. Para isso, coloca-se uma carga teste em um ponto do campo e mede-se a energia potencial por ela adquirida. Verifica-se que à uma mesma distância do ponto em questão, o potencial adquirido é o mesmo, chama-se essas regiões de superfícies equipotenciais. Nota-se que tais superfícies são perpendiculares as linhas de campo.

Sabendo o potencial(V) num determinado podemos calcular o campo eletrostático(E) nesse mesmo ponto através da relação:

$$\vec{E} = -\nabla V \quad (1)$$

Procedimento Experimental

Numa cuba com água, foram colocadas duas ponteiros metálicas sustentadas por suportes fixos, e ligadas a uma fonte de tensão através de eletrodos, então submetidas à uma diferença de potencial de 10V.

Figura 11 – O aluno expõe a teoria, mas de forma bem direta.

Em resultados e discussão (Figura 12), vemos o mesmo comportamento do aluno 1, ou seja, limita-se à apresentação dos dados e dos gráficos, sendo que em alguns deles nem os dados obtidos para a sua construção foram informados. É discutido apenas o

comportamento das cargas elétricas na superfície do condutor cilíndrico, conforme solicitado pelo roteiro.

Outro aspecto que chama a atenção foi seu gráfico do cilindro condutor (Figura 13). Acredita-se que essa interpretação seja oriunda mais uma vez da tentativa de adequar os dados à expectativa teórica.

Para o cilindro condutor foi feita a seguinte discussão:

O cilindro, devido a diferença de potencial entre as placas, tem suas cargas induzidas. Uniformemente, as cargas se redistribuem na sua superfície, de forma do lado da placa positiva, é induzida uma carga negativa, e do outro, carga positiva. Essa nova configuração gera um campo elétrico, em sentido contrário ao das placas, dentro do cilindro, assim o campo interno anula-se. Verificou-se experimentalmente que a presença cilindro, não muda a diferença de potencial entre as placas.

Figura 12 – Discussão realizada pelo aluno apenas para o caso do cilindro entre as placas.

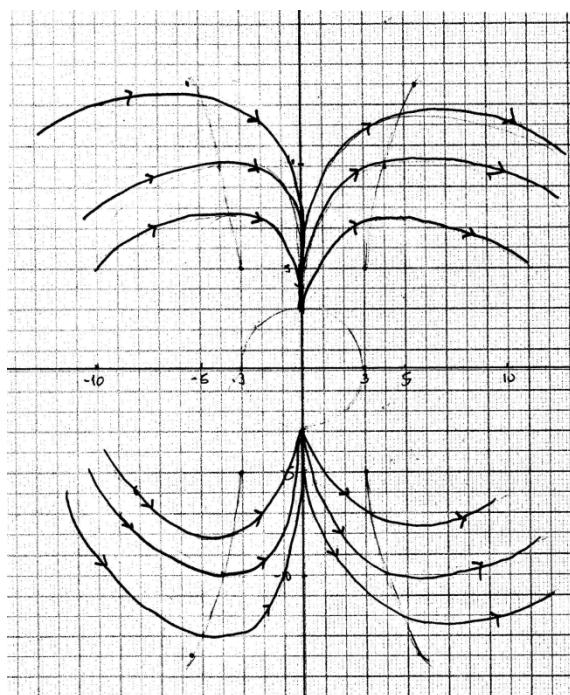


Figura 13 – Linhas do campo elétrico apresentadas pelo aluno.

Vemos mais uma tentativa de forçar uma discussão ao analisarmos as suas conclusões (Figura 14). O aluno surpreendentemente supõe ser interessante analisar o comportamento de placas “infinitas”, onde as linhas de campo são perpendiculares em toda

sua extensão, mesmo isso não sendo verificado experimentalmente. O que se tem é uma solicitação de discussão sobre qual seria o comportamento das linhas em uma situação em que as placas estivessem muito próximas. Já que ele está manifestando sua opinião a respeito do fenômeno no item conclusões, seria natural que o tal fenômeno fosse mencionado ao longo do seu relatório, mas isso não ocorreu. Podemos verificar que existe certa dificuldade deste aluno, que é compartilhada com outros, em “encontrar” a posição ideal dentro do relatório onde possa articular a sua discussão. É fato que, não a encontrando, sua discussão fica muito superficial e em desacordo com seus próprios dados. Nenhuma discussão sobre a dificuldade em determinar os pontos exatos foi realizada.

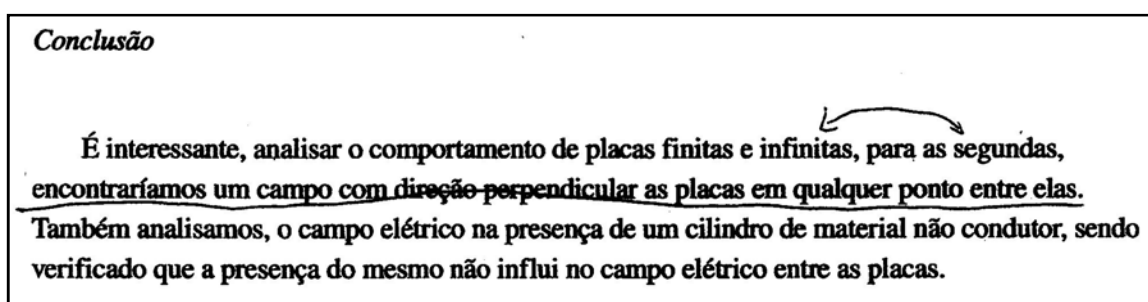


Figura 14 – A conclusão do aluno menciona apenas alguma constatação da experiência, sem relacionar com a teoria.

6.1.3 Aluno 3

Neste aluno vemos claramente como a atividade experimental pode ser tão desestimulante quanto fazer seu relatório. Podemos dizer que o nível do relatório pode servir de indicador de interesse do próprio aluno. Casos como este, mesmo sendo de baixa qualidade, podem servir para avaliarmos aquilo que podemos chamar de “relatório mínimo”. Ou seja, em um cenário de baixa motivação alguns alunos manifestam apenas o que consideram mais importante em um relatório. De forma bem pragmática, este aluno salientou apenas a introdução, procedimento e análise dos dados.

Por introdução deve-se entender como uma “leve” exposição teórica, que neste caso específico tratou de informar a equação a ser utilizada para determinar o módulo e a direção do campo. Ainda sim, os objetivos não foram todos contemplados. Em

procedimento experimental, que se mistura com equipamentos, muito pouco é explicado. Isso talvez tenha a seguinte explicação: o aluno acredita que o professor já sabe o que deve ser feito, por essa razão não seria necessário muitas explicações. Veja que um comportamento de tal tipo torna incognoscível a leitura para outro professor não familiarizado com o experimento, assim como para outro aluno (Figura 15). Na Figura 16 temos o gráfico do aluno para o cilindro condutor.

Relatório de Física: Campo Eletrostático

Introdução: O objetivo deste experimento é determinar as linhas de força de um campo eletrostático bem como o seu módulo. Haja visto que não possuímos equipamento para determinar diretamente o campo, procuraremos por diferenças de potencial elétrico e construiremos superfícies equipotenciais que por definição são perpendiculares as linhas de campo. E com auxílio da seguinte relação determinaremos o módulo de E (campo elétrico).

$E = -\nabla V$
 $E = -dV/dx \mathbf{i} - dV/dy \mathbf{j} - dV/dz \mathbf{k}$

Procedimento experimental: Em uma cuba com água, mergulhamos dois eletrodos em forma de ponteiros submetidos a uma diferença de potencial de 10V. Então medimos o potencial de vários pontos de formas que venhamos a mapear as regiões de mesmo potencial. Como a experiência é conduzida em uma dimensão obtemos o módulo de e através da seguinte aproximação:

$E = \Delta V / \Delta x$

Análise dos resultados e conclusões:

Gráficos: (em anexo).

Valor de E no ponto (-5,5) $E = -20V/m$

Ao colocarmos um condutor cilíndrico no campo verificamos que as superfícies equipotenciais deformam-se devido a presença do condutor e são mais intensas quanto mais próximas da superfície do condutor.

No interior do condutor encontramos um potencial nulo.

Ao submetermos o cilindro a uma diferença de potencial devido a presença das placas notamos que as linhas de potencial, alinham-se ao longo das placas e curvam-se nas bordas.

O sistema de cargas mais adequado para descrever os dois condutores mergulhados na cuba é o dipolo elétrico, enquanto que o mais adequado para descrever a ponteira mergulhada na cuba é o da carga pontual.

Figura 15 – De forma bem resumida, o aluno expõe alguns itens de um relatório.

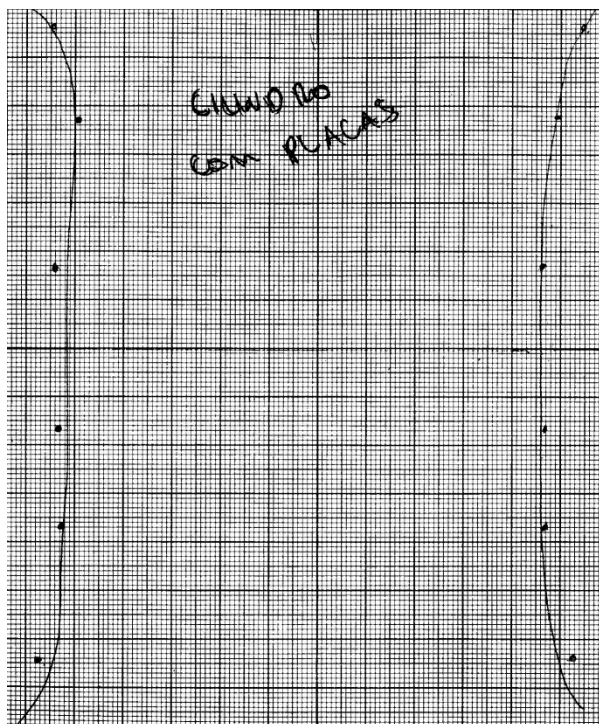


Figura 16 – Gráfico para o campo produzido quando é colocado cilindro entre as placas: note-se que quase nada foi escrito.

6.2 Laboratório 2: Lei de Ohm

Ao contrário do experimento anterior, desta vez a precisão das medidas é muito boa. Era de se esperar uma discussão sobre as utilidades práticas de alguns resistores especiais, no entanto, muito pouco foi feito pelos alunos.

Nesta atividade os alunos gastam algum tempo montando o circuito, mas depois de montado, é bastante simples controlar o aumento da diferença de potencial e realizar a leitura da corrente elétrica no multímetro. Aqui, os alunos coletam os dados e os transformam em tabelas para a comparação exigida com a Lei de Ohm.

Podemos alegar que este experimento, apesar de simples, representa com muita precisão a atividade experimental típica de um físico. É evidente que todas as atividades de laboratório possuem em sua essência as etapas de desenvolvimento teórico, a montagem de equipamentos, a coleta de dados e a análise dos dados fundamentados pela teoria. Em algumas dessas etapas exige-se um maior ou menor grau de complexidade. E neste

procedimento em especial todas aquelas etapas são simples, facilitando para o pesquisador conseguir isolar as dificuldades apresentadas.

O procedimento é muito semelhante ao sugerido por Khun (Figura 3, p. 42) como a representação clássica de um paradigma nos livros textos, ainda que saibamos que nos livros nem sempre os paradigmas se apresentam daquela forma, a experiência sobre a Lei de Ohm se enquadra perfeitamente, com um porém: aqui alguns resistores não obedecem a Lei de Ohm e a tal “concordância razoável” deve ser repensada pelos alunos.

6.2.1 Aluno 1

Da mesma forma que o relatório anterior, este aluno segue fielmente um procedimento característico do relatório tradicional: Uma exposição teórica (Figura 17), objetivos bem determinados (Figura 18), equipamentos e alguma conclusão.

1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

Um condutor introduzido em um circuito com o objetivo de criar resistência é chamado de *resistor*. Para calcular o valor desta resistência imposta, basta aplicar uma diferença de potencial (d.d.p.) entre dois pontos e medir a corrente elétrica (quantidade de cargas que perpassam um ponto num determinado intervalo de tempo) total. Tendo esses dados, é possível encontrar o valor da resistência elétrica pela seguinte relação:

$$R = \frac{V}{i} \quad (1),$$

onde R = resistência [Ω] ; V = diferença de potencial [V] ; e i = corrente elétrica [A]. Desta relação, concluímos que, para uma mesma d.d.p., o valor da resistência é inversamente proporcional ao da corrente.

Microscopicamente, nos referimos à *resistividade* que certo material apresenta – ou seja, o termo *resistência* é utilizado para dispositivos, para casos macroscópicos. Essa resistividade é dada pela relação

$$\rho = R \frac{A}{L} \quad (2),$$

onde ρ = resistividade [Ω.m] ; A = área da seção reta do material [m²] ; e L = distância entre dois pontos [m]. É possível ainda, combinando (1) e (2), escrever uma expressão para a diferença de potencial:

$$V = \rho \frac{L}{A} i \quad (3).$$

Figura 17 – Uma parte da introdução teórica desenvolvida pelo aluno.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste experimento foram:

- a) distinguir um resistor linear de um não-linear e descrever o procedimento experimental para fazê-lo;
- b) determinar o valor de uma resistência elétrica indiretamente, usando o voltímetro e o amperímetro;
- c) traçar uma curva $V \times i$ para um resistor qualquer.

3. EQUIPAMENTO

- Fonte de Tensão
- Amperímetro
- Voltímetro
- Ponteiras
- Lâmpada de Filamento
- Resistor Comum
- VDR (Voltage Dependent Resistance)
- Base
- NTC e LDR (usados apenas para observação)

Os materiais foram montados de maneira semelhante à figura:

- (1): Fonte de Tensão
- (2): Voltímetro
- (3): Amperímetro
- (4): Resistor

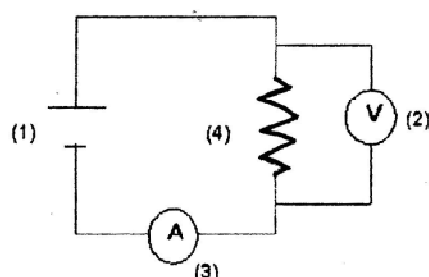


Figura 18 – Exposição muito clara dos objetivos e equipamentos utilizados

Conforme mencionamos, a teoria deste experimento é bastante simples, pois a forma como ela é apresentada é semelhante aos livros textos de ensino médio, os quais presumimos que o aluno já tenha visto. No entanto, acreditamos que o aluno tenha consultado apenas os livros sugeridos de ensino superior quando se fez necessário.

Nota-se que, mesmo misturando os dados obtidos em procedimento, que caberiam muito bem em um tópico do tipo “análise dos dados”, a sua rígida e ótima organização não impede o entendimento do que foi realizado.

4. PROCEDIMENTO

Com o circuito montado, realizamos 10 medidas para a lâmpada, para o resistor comum e para o VDR, organizando os dados coletados nas tabelas que seguem.

TABELA 4.1.: Lâmpada de Filamento

V [V]	I [mA]
0,50	109
1,00	151
1,50	187
2,00	217
2,50	246
3,00	270
3,50	296
4,00	317
4,50	338
5,00	368

Escalas:

- fonte de tensão 3 V (máx.)
- voltímetro: 5 V (20 V ou 40 V)
- amperímetro: 360 mA (2000 mA)

TABELA 4.2.: Resistor Comum

V [V]	I [mA]	$R = \frac{V}{I}$ [Ω]
1,40	14,3	97,90
2,80	28,6	97,90
4,20	42,6	98,59
5,60	56,8	98,59
7,00	71,3	98,18
8,40	86,9	97,79
9,80	100,5	97,51
11,20	115,5	96,97
12,60	130,6	96,48
13,90	145,1	95,80

Escalas:

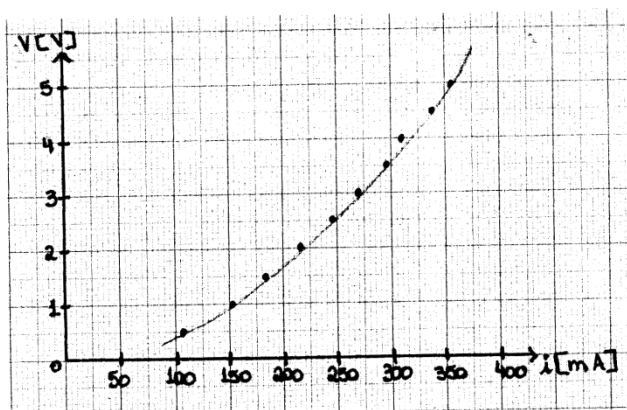
- fonte de tensão 14 V (máx.)
- voltímetro: 14 V (20 V ou 40 V)
- amperímetro: 0,6 mA (400 mA)

Figura 19 – A clareza da exposição facilita o entendimento do que é feito, não importando se existe um posicionamento mais adequado.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

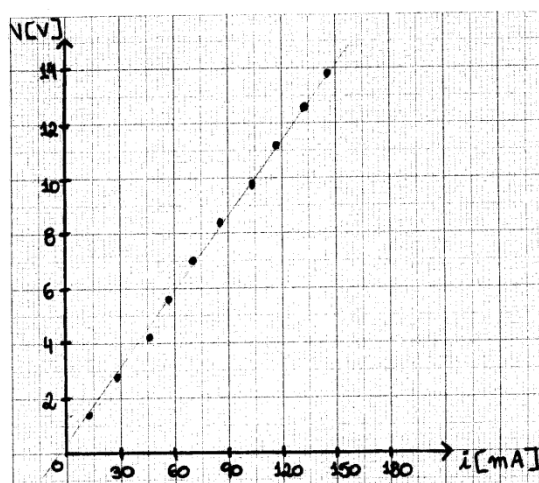
Utilizando os dados coletados, foi possível esboçar o gráfico de $V \times i$ para cada um dos casos.

GRÁFICO 1: Lâmpada de Filamento



Pela curva, podemos perceber que o valor da resistência (razão de V e i) não tem valor constante. Portanto, é um resistor que não obedece à Lei de Ohm.

GRÁFICO 2: Resistor Comum



Como se trata de uma reta, podemos calcular o valor de seu coeficiente angular.

Utilizando os pontos $(90 ; 8,6) = (x_0; y_0)$ e $(120 ; 11,4) = (x, y)$, temos que

$$\alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(y - y_0)}{(x - x_0)} = \frac{(11,4 - 8,6)}{(120 - 90)} = \frac{2,8}{30} \times 10^3 = 93,33 \frac{\text{V}}{\text{A}} = 93,33 \Omega$$

Vemos que este valor corresponde à resistência - de (1), temos que $R = \frac{V}{i}$.

Como esta razão tem valor constante por toda curva, este resistor obedece à Lei de Ohm.

Figura 20 – Análise dos resultados mistura-se com a apresentação dos gráficos, mas pela forma clara da exposição, a compreensão não é prejudicada.

No entanto, nas suas conclusões o aluno não ressalta o que seria na opinião do pesquisador como o mais relevante: a utilidade prática dos resistores do tipo LDR e NTC. Aqui caberia uma discussão um pouco mais detalhada, da mesma forma que o aluno se preocupou em expor a teoria, objetivos e procedimentos. Assim, relatórios muito bem elaborados como este nos levam a pensar em duas situações:

- 1) eles propiciam um entendimento muito claro do que foi realizado;
- 2) se para o aluno que o fez não estiver claro o objetivo fim, que não apenas o procedimental, discussões importantes deixam de ser realizadas e, portanto, a utilidade prática dos laboratórios acaba sendo diminuída.

6. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Ao todo, obtivemos quatro valores diferentes para a resistência do resistor comum. São eles: $R_{\text{direta}} = 99,6 \Omega$ (na escala de 200 V); $R_{\text{etiquetado}} = 100 \Omega$; $R = 97,57 \Omega$ e $R_{\text{gráfico}} = 93,33 \Omega$. As diferenças entre elas aparecem devido a erros experimentais, tais como arredondamentos de valores, qualidade do resistor usado e possíveis falhas dos materiais utilizados para medir a resistência – multímetros, ponteiros, base, etc. .

Destes valores, o mais confiável em termos de *segurança* seria o valor de $R_{\text{gráfico}} = 93,33 \Omega$. Sendo este o que apresenta o menor valor para resistência, sabemos que - respeitando os valores limites para a tensão e a corrente - não correremos o risco de danificar peças ou mesmo o próprio resistor. Agora, em termos de *melhor valor*, o mais confiável é aquele medido diretamente, ou seja, $R_{\text{direta}} = 99,6 \Omega$. Aqui, a exposição aos erros experimentais é menor, justamente porque a medida não é feita indiretamente.

Figura 21 – Infelizmente o aluno não discute as propriedades interessantes dos resistores LDR e NTC.

6.2.2 Aluno 2

Seguindo a mesma linha que antes, este aluno discute de forma bastante rápida sobre aspectos teóricos, assim como a determinação dos objetivos (Figura 22).

Introdução

Uma característica relevante dos condutores é a Resistência elétrica, determinada aplicando uma diferença de potencial (V) em suas extremidades e medindo a corrente resultante(i).

$$R = \frac{V}{i} \quad (1)$$

A unidade de medida da resistência elétrica é o OHM (Ω), tal que $1\Omega = 1$ volt por ampère = $1V/A$.

Um condutor destinado a fornecer uma resistência a um circuito é chamado de resistor. De forma que cada substância possui uma certa resistividade, alguns fatores que podem alterar a resistividade de uma substância são: temperatura, diferença de potencial aplicada e quantidade de luz incidente.

A Lei de Ohm afirma que a corrente fluindo através de um dispositivo é diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada ao dispositivo. Ou seja, a relação entre a diferença de potencial e a corrente elétrica é linear.

Objetivo

O objetivo deste experimento é nos tornar aptos, na prática, a distinguir entre um resistor linear e um resistor não-linear.

Figura 22 – Introdução e objetivos que desta vez foram apresentados pelo aluno.

Ele colocou seus resultados e discussões num único tópico. A questão aqui é que ele despendeu apenas duas linhas para falar sobre o LDR e o NTC, ou seja, nenhuma importância foi vista pelo aluno além de uma simples menção ao fato que eles possuem características especiais. (Figura 23)

Note-se ainda que em suas conclusões o aluno menciona uma utilidade para esses dois resistores, assunto totalmente deslocado e sem coerência com seu relatório, uma vez que ele deu extrema importância para os dados numéricos tabelados e colocados em gráficos. Pela lógica, ele deveria discutir, nem que fosse um pouco melhor, sobre a linearidade da resistência dos materiais.

O caso deste aluno em especial foi muito elucidativo no seguinte aspecto: os alunos tendem a dar mais importância para a obtenção dos dados de forma metódica, seguindo à risca o que é solicitado pelo roteiro, em relação a alguma discussão prática. Assim o laboratório se parece mais com a resolução de um exercício do que com a reflexão

da prática científica. Afinal de contas, se não foi solicitada alguma medição sobre aqueles resistores, então por que fazer?

A medida obtida diretamente no resistor comum (99,6) difere do valor médio da resistência medida pelo circuito (97,57). Esta diferença foi debatida levando em conta os critérios de confiabilidade funcional e confiabilidade numérica, sendo a primeira melhor representada pela medida do circuito e a segunda pela medida direta do resistor. O argumento para confiabilidade funcional, foi que em funcionamento, o circuito está submetido a perdas de precisão devido a passagem por todos os aparelhos, mas representa uma situação onde ele está sendo usado, ou seja, real. Na segunda, foi feita uma análise de precisão do valor medido, que claro, sem passar por tantos dispositivos, tem um menor erro associado à medida.

De acordo com os gráficos em anexo, o único resistor que obedece à lei de ohm é o resistor comum.

O NTC e o LDR, ao serem testados, mostraram variação da resistência com o aumento da temperatura e da incidência de luz, respectivamente.

Conclusão

Resistores, são usados nas mais diversas aplicações, em especial o NTC e o LDR, por permitirem o funcionamento de dispositivos como o termostato e as células fotoelétricas.

Figura 23 – Resultados e conclusão do aluno

6.2.3 Aluno 3

Segue-se o mesmo padrão que antes, e dessa vez o aluno comete um equívoco conceitual (Figura 24), fruto de uma discussão precária e descuidada do assunto. Seus resultados e conclusões, no entanto, nos despertam uma discussão que não havia sido pensada anteriormente pelos outros alunos. Acredita-se que este resultado tenha sido obtido mais por imperícia do que por juízo. O aluno limitou bastante a faixa de tensão, o que fez concluir que tanto o resistor comum quanto o VDR eram ôhmicos (Figura 25).

Introdução: O experimento consiste em determinar indiretamente a resistência de alguns resistores conectados a um circuito, alimentado por uma fonte de tensão constante e verificar seu comportamento Ôhmico ou não-Ôhmico.

Temos que a resistência associada a um circuito é:

$$R = V/i$$

E a lei de Ohm:

$$V = Ri$$

Figura 24 – Introdução apresentada pelo aluno. Observe-se que as duas equações são exatamente iguais se não for mencionado que para a lei de Ohm a resistência é constante.

Análise dos resultados e conclusões:

Tabela 1. Resultado das medidas de tensão (V) e corrente (i).

Lâmpada		Resistor Comum			VDR	
V(v)	I(mA)	V(v)	I(mA)	R(V/i)	V(v)	I(μA)
0.1	59.5	0.1	1.0	10	0.5	0.1
0.2	82.1	0.2	2.0	10	1.05	0.2
0.3	91.8	0.3	3.0	10	1.51	0.3
0.4	101.1	0.4	4.0	10	1.91	0.4
0.5	109.1	0.5	5.0	10	2.24	0.5
0.6	119.0	0.6	6.0	10	2.54	0.6
0.7	127.8	0.7	7.0	10	2.81	0.7
0.8	136.2	0.8	8.0	10	3.05	0.8
0.9	144.3	0.9	9.0	10	3.27	0.9
1.0	151.9	1.0	10.0	10	3.47	1.0

Gráficos: (em anexo).

Baseados na análise gráfica podemos afirmar que a lâmpada o resistor comum e o resistor VDR são lineares ou Ôhmicos ou seja sua resistência é constante para uma dada tensão ou corrente fixa.

Figura 25 – Para este aluno, a lâmpada e o resistor VDR são lineares. Ele ainda comete mais um equívoco com relação ao conceito de resistor ôhmico.

Sobre os resistores NTC e LDR mais uma vez limita-se à constatação da característica e alguma aplicação (Figura 26).

Aplicações do NTC e VDR:

O resistor NTC ou termistor **exibe uma diminuição da resistência quando submetido a um aumento de temperatura o que lhe torna indicável para equipamentos que necessitam de controle térmico.**

O resistor VDR ou fotoresistor, **tem sua resistência variando inversamente com a luz ou seja quanto maior a luz incidente menor a resistência, tal resistor tem aplicação nas chamadas fotocélulas dos painéis solares.**

Figura 26 – Conclusão do aluno 3.

6.3 Laboratório 3: Circuito RC

Neste momento apresentou-se aos alunos o questionário com as perguntas de Gowin com o intuito de preparar o aluno para a construção dos Vês. Conforme mencionado anteriormente, a pontuação dada a esse questionário foi estrategicamente preparada para incentivar os alunos a pensar de uma forma diferente o fazer relatório.

Na avaliação do questionário é usada uma forma de pontuação diferenciada para cada pergunta. Com o intuito de incitar os alunos a se prepararem para o Vê, dá-se um destaque para a primeira e a última questões, que são as que mais contam pontos na nota final. Veremos que alguns alunos possuem muita dificuldade em formular uma pergunta-chave para se responder.

O aspecto mais importante desse experimento era explorar uma utilidade prática para esse circuito, além de fomentar uma importante discussão que era justamente a diferença entre os tempos de carga de descarga, que na teoria deveriam ser equivalentes. Nota-se que este experimento apresenta uma complexidade matemática maior que o experimento anterior, o que é didaticamente coerente.

No experimento anterior a dificuldade de montar a atividade era diminuta, assim como o desenvolvimento matemático. Agora, já possui uma elaborada estrutura de equações diferenciais e, salvo pelo fato que o circuito já está previamente confeccionado em uma base, o circuito também apresenta uma dificuldade maior.

Como pode ser visto, ainda que não saibamos os reais propósitos utilizados pelo elaborador dos roteiros, dentro de nossa visão construtivista eles são muito consistentes. Isto demonstra que mesmo que o roteiro do tipo “receita” seja alvo de críticas pela literatura deve-se ressaltar que no conjunto da obra, os roteiros possuem muita coerência didática.

O estudo do circuito RC é importante, pois possui diversas utilidades práticas, porém ele será ainda mais importante em experimentos posteriores. Levando em consideração o referencial ausubeliano, o aluno deve aprender o circuito RC com o objetivo de melhorar a ancoragem referente ao circuito RC como diferenciador e integrador, assunto do próximo laboratório.

6.3.1 Aluno 1

Para este aluno as três primeiras questões foram respondidas muito bem, conforme vemos na Figura 27. Na quarta questão ele tratou de resumir a teoria, o que ajuda qualquer professor ou mesmo um aluno entender perfeitamente o aspecto relevante da teoria que se deseja explorar. Na realidade, o próprio roteiro já delimitava os enfoques, mas alunos como este exploram em demasia a teoria. Para este aluno isso não chega a ser um problema, visto que em outros relatórios ele tinha facilidade em escrever bem, a diferença agora está na tentativa gradual de mudança de perspectiva do aluno sobre o experimento.

Agora vemos em sua resposta à Questão 5 um entrelaçamento entre teoria e prática mais consistente e adequadamente posicionado em seu relatório (Figura 28).

1. Qual é a questão-chave (\equiv problema) que você está tentando resolver?
Qual o valor da constante de tempo RC para os processos de carga e descarga de um capacitor?

2. Esta questão se refere a que fato (\equiv evento, experiência)?
A constante está relacionada a um processo de carga e descarga de um capacitor num circuito do tipo RC-série (capacitor e resistor ligados em série a uma fonte de tensão).

3. Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?
Resistência; Capacitância; Circuito RC-Série; Tensão; Potencial Elétrico.

4. Qual a teoria envolvida (\equiv conjunto de frases, enunciados)?
A Lei das Malhas, de Kirchhoff, que diz que “a soma algébrica das variações de potencial encontradas ao percorrer uma malha fechada é sempre zero”. Daqui temos que, no processo de carga através de uma fonte de tensão, $\varepsilon - i(t)R - V_C(t) = 0$, onde ε é a tensão provida pela fonte, $i(t)R$ refere-se ao potencial elétrico no resistor e $V_C(t)$, o potencial elétrico do capacitor.

Diferenciando-a, temos que $V_C(t) = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$.

No processo de descarga, temos que $i(t)R + V_C(t) = 0$ e então, diferenciando novamente, $V_C(t) = \varepsilon e^{-\frac{t}{RC}}$. Quando o valor de t é igual a RC, $V_{C(\text{carga})}(RC) = 0,63 \varepsilon$ e $V_{C(\text{descarga})}(RC) = 0,37 \varepsilon$. Aqui, C é o valor da capacitância do capacitor.

Figura 27 – Primeiras quatro questões sobre circuito RC do Aluno 1.

5. Como você fez para testar a teoria?

Utilizamos um circuito RC-série formado por uma fonte de tensão, um voltímetro e um capacitor, montado de maneira semelhante às imagens que seguirão, e um cronômetro. Pudemos, assim, realizar 10 medidas de tempo para a carga e a descarga de um capacitor, utilizando $\varepsilon = 12 \text{ V}$.

Primeiramente, configuramos o sistema para o processo de carga, de forma que o capacitor carregava-se através da resistência interna do voltímetro (Figura 1). A leitura do voltímetro era, então, o valor da tensão da fonte menos a diferença de potencial entre as placas do capacitor. Os tempos medidos foram os levados para atingir os valores de $V = 11 \text{ V}$ a $V = 2 \text{ V}$, conforme indicado na tabela 1.

Para o processo de descarga, organizamos o circuito de acordo com a figura 2. Dessa forma, o capacitor ficou ligado diretamente à fonte de tensão, carregando quase que imediatamente. Abrindo a chave L_2 , fizemos que o capacitor se descarregasse através da resistência do voltímetro. Dessa vez, a leitura do voltímetro indica diretamente o valor da diferença de potencial do capacitor. As medidas de tempo foram novamente realizadas e os resultados organizados na tabela 2.

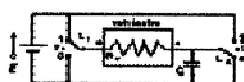


Figura 1

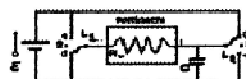


Figura 2

Figura 28 – A quinta questão respondida pelo aluno. Ela já indica que o aluno não terá muitos problemas de agora em diante.

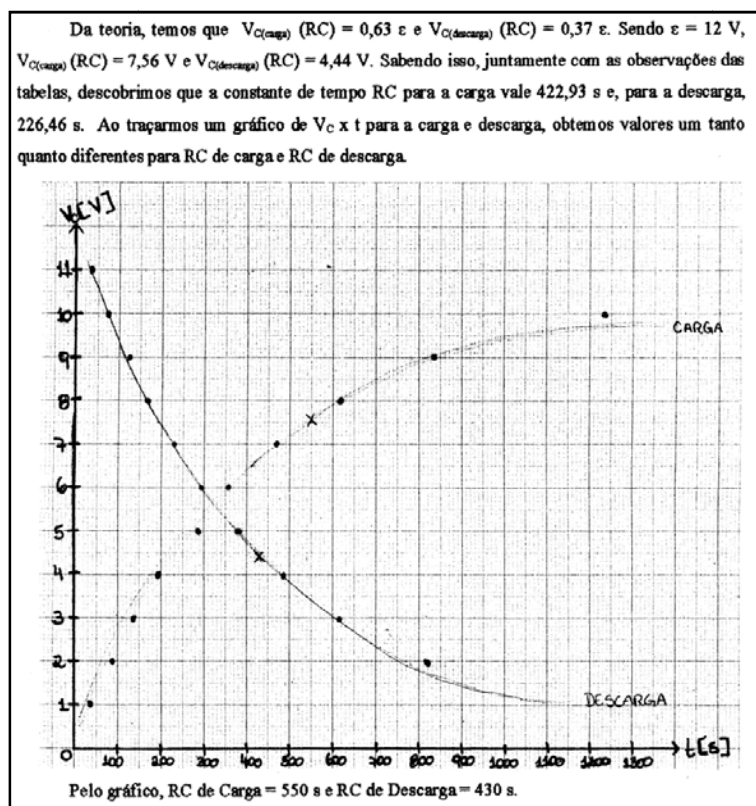


Figura 29 – Resultados e teoria ficaram bem entrelaçados. Note-se que o aluno se equivocou ao usar o tempo de 226,46s, enquanto deveria ter utilizado o valor de aproximadamente 550s.

7. Que outras questões ficaram em aberto e poderiam ser investigadas posteriormente?

Poderíamos ter verificado o que ocorreria caso adicionássemos outro resistor no circuito. A teoria trabalhada para a situação de apenas um resistor se adaptaria à situação? Caso calculássemos a resistência equivalente de um segundo resistor ligado em paralelo com o primeiro, calcularíamos a R_{eq} e teríamos uma situação semelhante a do experimento. E para uma associação em série, o mesmo raciocínio poderia ser feito? Além disso, pode ser colocada em questão a manutenção dos materiais. Ao longo do experimento, encontramos dificuldades relacionadas à qualidade do capacitor e do multímetro, de forma que os dados obtidos podem não ser fidedignos.

Figura 30 – Primeira vez que o aluno sugere uma nova atividade assim como questiona os valores obtidos.

A sétima questão pode ser entendida como uma novidade para o aluno, porque em nenhum momento anterior o aluno sequer deu um parecer de cunho negativo ao procedimento experimental, muito menos sugerido outro procedimento com o intuito de averiguar uma curiosidade sua (Figura 30). Pela primeira vez o aluno questiona a validade do experimento, uma vez que obteve diferenças significativas no processo de carga e descarga. É necessário mencionar que apesar do erro obtido, este experimento é de longe muito mais preciso que o primeiro, a experiência da determinação do campo elétrico na cuba d'água. Fica claro que o próprio instrumento auxilia o aluno a discutir esses aspectos essenciais do laboratório.

8. Como você utilizaria os conhecimentos adquiridos? Que utilidade eles poderiam ter?

Apesar de o experimento ser de execução relativamente simples, ele é uma excelente ferramenta didática. Conseguiu de maneira sucinta e breve abordar uma teoria elaborada, tornando-a compreensível mais facilmente, mostrando que um conteúdo mais complexo pode ser explicado sem depender única e exclusivamente de equações de resolução não-trivial.

Figura 31 – Observe-se que a experiência limita-se a uma boa ferramenta didática para entender a teoria.

A última pergunta, que prepara o aluno para as asserções de valor do $Vê$, também é novidade para o aluno. Registre-se que sua crítica é direcionada somente para o

aspecto didático do experimento, sem mencionar qualquer utilidade prática (Figura 31). Talvez seja a falta de costume o que deve ter levado o aluno para este caminho, pois a falta de prática em encontrar utilidade ao experimento leva o aluno a encará-lo como um exercício apenas, e não algo útil para o seu futuro como físico.

6.3.2 Aluno 2

Ao invés de responder as perguntas, este aluno resolveu escrever um relatório tradicional mais uma vez. Podemos agora fazer uma análise sobre ele usando os critérios do questionário, com o intuito de demonstrar a fragilidade desse tipo de relatório. Já na sua introdução apresenta problemas, visto que se trata de uma cópia do roteiro do experimento, assim torna-se impossível avaliar se o aluno compreendeu o aspecto teórico da experiência (Figura 32).

Aqui fica muito clara a dificuldade que é avaliar um relatório tradicional em comparação com a avaliação das perguntas preparatórias. As perguntas possuem uma avaliação bem objetiva, e nem por isso mais reduzida no aspecto avaliativo, pois orientando a conduta do aluno em responder as questões principais da experiência, este aluno tornar-se-ia consciente do que se está sendo feito. Assim, uma simples cópia do roteiro não pode ser avaliada positivamente.

Em seu gráfico não é informado onde está o tempo de carga e de descarga do capacitor para avaliarmos a possível diferença. Ele também não informa os dados utilizados para a construção do gráfico em uma tabela como é de costume. Nota-se que o objetivo que o aluno formulou (Figura 33), ainda que o procedimento tenha ficado claro para uma pessoa que já conhece o experimento (Figura 34), dificilmente será alcançado com a apresentação dos dados dessa maneira (Figura 35).

Introdução

Um circuito RC simples é composto por um capacitor inicialmente carregado com uma tensão V_0 descarregando sobre um resistor.

Da lei das malhas de Kirchhoffl temos que:

$$\varepsilon - i(t)R - V_c(t) = 0, \quad (1)$$

onde ε é a força eletromotriz, $i(t)$ é a corrente, R a resistência interna e V_c a tensão com a qual o capacitor está carregado. A eq. 1 pode ser reescrita como:

$$\varepsilon - R \frac{dQ(t)}{dt} - \frac{Q(t)}{C} = 0, \quad (2)$$

onde Q é a carga que sai do capacitor e C a capacitância.

A resolução dessa equação diferencial para cada um dos casos nos dá os seguintes resultados:

	Carga	Descarga
Equação diferencial	$\varepsilon = R \frac{dQ(t)}{dt} + \frac{Q(t)}{C}$	$\frac{dQ(t)}{dt} + \frac{Q(t)}{C} = 0$
Solução	$Q(t) = \varepsilon C (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$	$Q(t) = \varepsilon C e^{-\frac{t}{RC}}$
	$V_c(t) = \varepsilon (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$	$V_c(t) = \varepsilon e^{-\frac{t}{RC}}$
$t = RC \rightarrow$	$V_c(RC) = 0,63 \varepsilon$	$V_c(RC) = 0,37 \varepsilon$

Dois aspectos importantes a serem observados são a relação entre carga e descarga de um capacitor e sua constante de tempo (τ), esta última pode ser calculada pela reação:

$$\tau = RC, \quad (3)$$

onde R é a Resistência no circuito e C a capacitância.

Plotando em um gráfico os dados do experimento, é possível obter uma conclusão sobre os aspectos observados.

Figura 32 – Introdução do aluno é uma cópia do roteiro.

Objetivo

Determinar a constante de tempo e calcular a resistência interna do voltímetro.

Figura 33 – Objetivo traçado pelo aluno. Note-se que a frase poderia ser uma pergunta.

Procedimento Experimental

Para determinar a constante de tempo do circuito RC, utilizamos um multímetro e observamos os processos de carga e descarga do capacitor.

Para o processo de carga fixamos ε em 12 V e fizemos 10 leituras de V em diferentes instantes de tempo t. Para calcular V_c utilizamos a relação $V_c = \varepsilon - V$.

Na etapa de descarga invertemos a polaridade do voltímetro e a posição das chaves, de modo que o capacitor se carrega quase instantaneamente. Abrimos uma das chaves para que o capacitor se descarrega-se através da resistência do voltímetro. Assim, fizemos 10 medidas de V_c em diferentes tempos t.

Os dados obtidos foram tabelados e o gráfico $V_c \times t$ foi construído de forma que podemos observar o valor RC obtido para cada um dos processos. Estes podem ser verificados na próxima seção.

Figura 34 – O procedimento só pode ser compreendido por uma pessoa que de fato conhece a atividade.

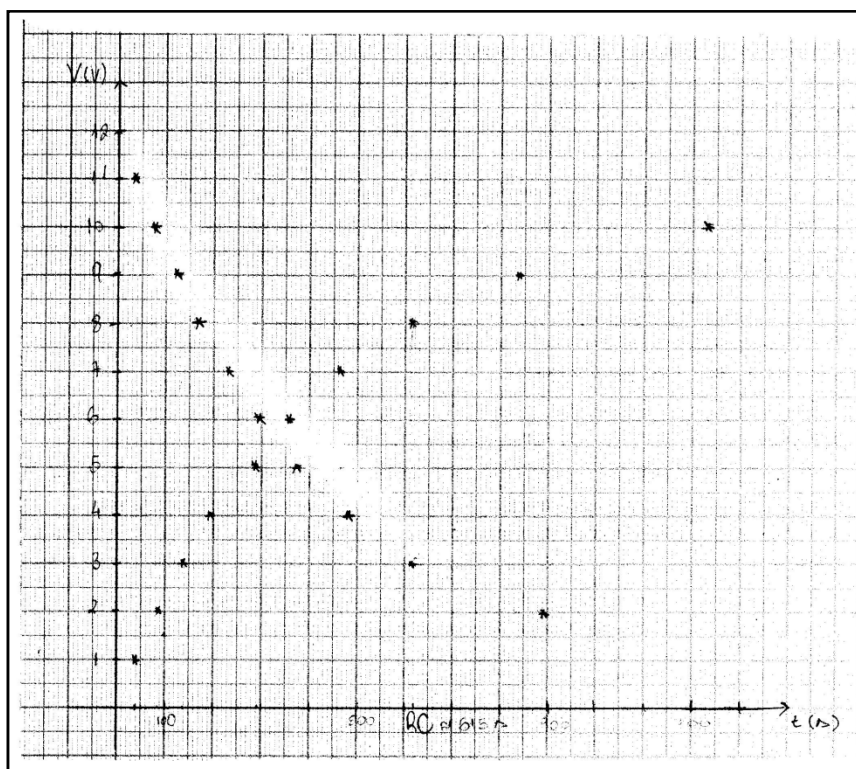


Figura 35 – Gráfico para a carga e descarga de um capacitor do aluno2: não é feita referência aos possíveis valores de RC.

Em sua conclusão (Figura 36) o aluno enfatiza a utilidade do circuito para determinar resistências internas de certos aparelhos, total descompasso com o objetivo por ele determinado. Destaque-se como é difícil elaborar uma conclusão sobre uma atividade da qual não se tem compreensão. O aluno afirma ser útil a experiência para determinar a constante de tempo, RC, do circuito, mas não informa o resultado da sua experiência. Em outras palavras, acabou se tornando uma experiência sem um fim, um motivo.

Conclui-se que para este aluno a experiência não ficou perfeitamente clara, apenas escreveu constatações que por si mesmas até fazem sentido, mas de forma alguma são resultados de sua experiência.

Conclusão

O multímetro não possuía informações técnicas para posterior comparação com os resultados obtidos, o que seria interessante. Enfim, este experimento foi útil para determinar experimentalmente a resistência e o tempo RC de um capacitor em um circuito RC simples, embora possamos extrapolar essa limitação, utilizando este procedimento para obter/confirmar informações técnicas de diversos aparelhos com resistência interna.

Figura 36 – Os objetivos traçados pelo próprio aluno não foram alcançados

6.3.3 Aluno 4

O aluno 3 não apresentou relatório sobre a atividade, então discutiremos o “relatório” de um aluno que possui o mesmo nível de apresentação que ele (Figura 37), que será o aluno 4 para futuras referências. Apesar de ser extremamente incompleto, este trabalho servirá mais a diante à importante discussão sobre regras khunianas.

Houve extrema dificuldade em entender o que o aluno havia feito, mas após algum tempo de reflexão, se entendeu o que ele fez. Os dados da tabela são os dados que ele obteve durante o procedimento experimental, procedimento este não informado. Aqueles três itens enumerados são as respostas para as três primeiras perguntas do questionário, seguido do gráfico (Figura 38). O gráfico referente aos dados tabelados foi muito bem construído (Figura 39).

O aluno não respondeu as cinco questões restantes, o que pode indicar muitas coisas: Incompreensão da prática proposta, falta de tempo, desinteresse ou desleixo. Preferimos aceitar as duas primeiras, visto que este aluno participava das atividades demonstrando interesse e fazendo perguntas. Para essa situação não se tem uma explicação objetiva. Mas futuramente em nossas discussões esse aluno apresentará um comportamento muito interessante.

Carga			Descarga	
$V (v)$	$t (\Delta)$	$V_C = \mathcal{E} - V_C(v)$	$V_C (v)$	$t (\Delta)$
0,0	0	12,0	12,0	0
0,5	32	11,5	11,5	22
1,0	64	11,0	11,0	51
1,5	100	10,5	10,5	83
2,0	139	10,0	10,0	118
2,5	181	9,5	9,5	156
3,0	226	9,0	9,0	196
3,5	274	8,5	8,5	239
4,0	325	8,0	8,0	285
4,5	381	7,5	7,5	335
5,0	441	7,0	7,0	389
5,5	502	6,5	6,5	447
6,0	579	6,0	6,0	531
6,5	658	5,5	5,5	580
7,0	748	5,0	5,0	717
7,5	849	4,5	4,5	743
8,0	962	4,0	4,4	776
			4,0	849

Figura 37 – Relatório do aluno 4 apresenta os dados em primeiro lugar.

<p>Res</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) A constante de tempo de um circuito RC. 2) A carga e descarga de um capacitor. 3) Diferença de potencial, força eletromotriz, resistência, capacitância e tempo.

Figura 38 – Respostas do questionário do aluno 4: somente as três primeiras questões.

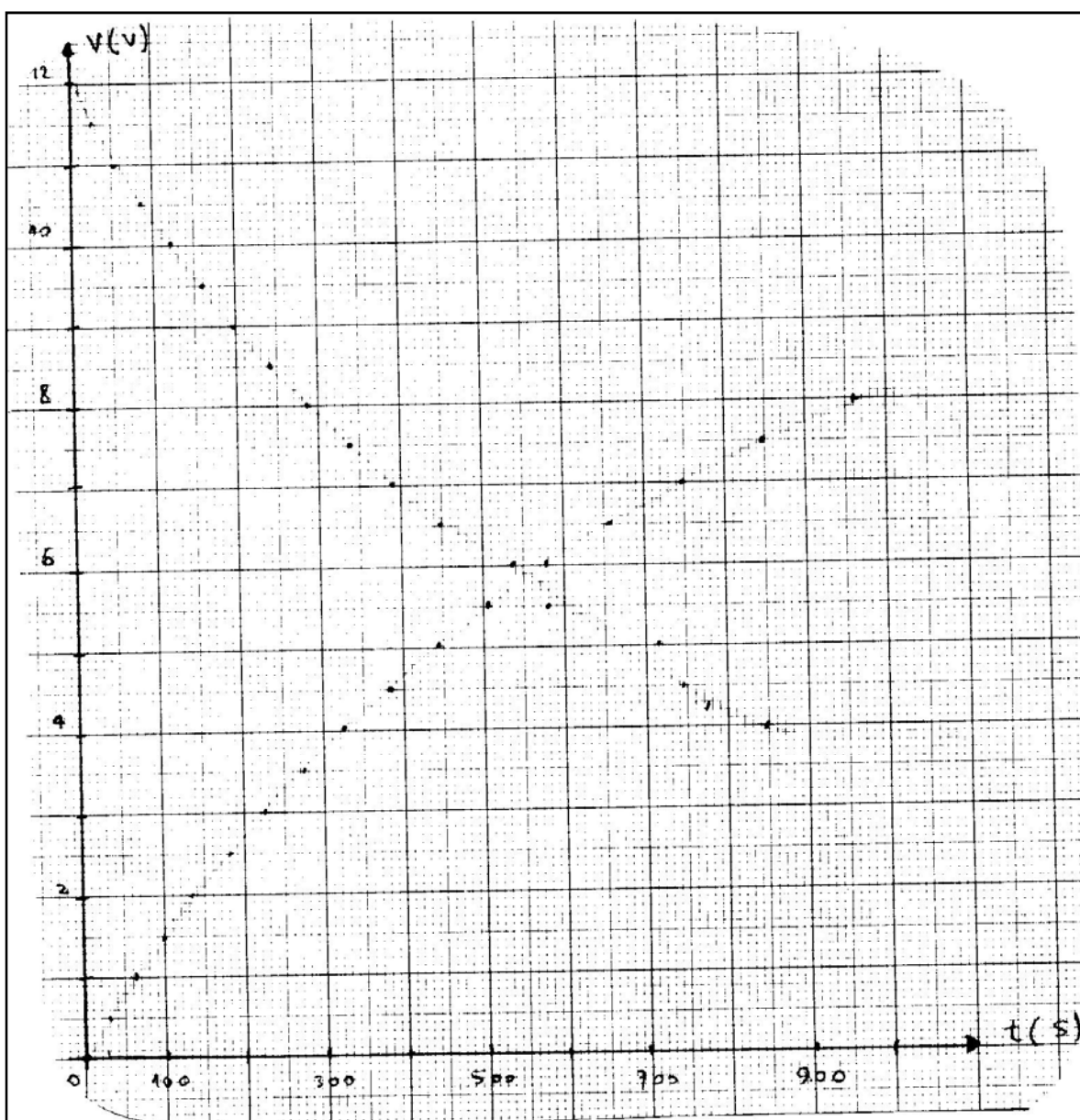


Figura 39 – Gráfico para carga e descarga de um capacitor; mais uma vez sem qualquer referência.

6.4 Laboratório 4: Circuito RC como diferenciador e integrador

Entendido o processo de carga e descarga do circuito RC, agora aos alunos foi apresentada uma aplicação prática. O circuito apresentado nesse laboratório possui diversas utilidades importantes. Também conhecido no meio técnico como circuito “passa-baixa” ou

“passa-alta”, dependendo da posição que se conecta com ao restante do circuito. Existe uma expectativa teórica que se o $T \ll RC$ o circuito atuaria como integrador, e se $T \gg RC$ ele atuaria como diferenciador. O principal objetivo é fazer com que os alunos reconheçam pelos gráficos obtidos quando que um circuito é diferenciador ou integrador em relação à frequência de entrada.

Depois de reconhecer se o circuito é diferenciador ou integrador resta saber se os alunos conseguem entender este circuito como uma utilidade prática. Havíamos mencionado que os roteiros em conjunto possuem bastante coerência didática, no entanto a percepção do aluno é que cada relatório parece se tratar de algo diferente, totalmente novo, ou ainda como um mero exercício. Isto nos é reforçado à medida que corrigimos os questionários e os Vês.

Podemos inferir que para melhorar este aspecto do ponto de vista cognitivo, deveria se apresentar aos alunos no início de cada aula uma exposição sobre a utilidade prática do circuito. Isto foi feito para o segundo semestre da pesquisa, mas ainda sim acreditamos que o próprio roteiro deveria apresentar em seu tópico introdutório algumas questões referentes ao assunto, isto por que é claro que o aluno tem um maior contato com o material escrito do que com o professor. Podemos dizer que esse tipo de apresentação favoreceria uma possível diferenciação progressiva, pois vimos que existe uma tendência natural do aluno reter informações mais gerais do que os aspectos mais particulares da matéria.

Em especial, o circuito diferenciador ou integrador já poderia ter sido de alguma forma citado em laboratórios anteriores. Talvez uma metodologia que fosse voltada a apresentar filtros de sinais, ainda que de forma bastante qualitativa.

6.4.1 Aluno 1

Da mesma forma que antes, o aluno responde muito bem as três primeiras questões (Figura 40). Nesta oportunidade já podemos inferir algumas coisas em relação a este aluno, uma vez que ele já parece adaptado ao questionário. Ao formular sua pergunta podemos alegar que o aluno tem de fato a percepção do objetivo do experimento. Se levarmos ao pé-da-letra, o aluno deveria ser mais específico sobre que período se está falando. Claro que estamos aqui falando do período da tensão de entrada no circuito, e acreditamos que de fato o aluno esteja se referindo a isso.

1. Qual é a *questão-chave* (\equiv problema) que você está tentando resolver?
 Como é possível determinar, através da relação entre T (período) e RC, se um circuito é diferenciador ou integrador?

2. Esta questão se refere a que fato (\equiv evento, experiência)?
 A diferença de potencial entre dois extremos de um circuito formado por um capacitor e um resistor pode ser determinada através de uma integral ou de uma derivada, levando em consideração as devidas constantes para cada caso, dependendo da disposição dos dois e dos valores de período e de RC.

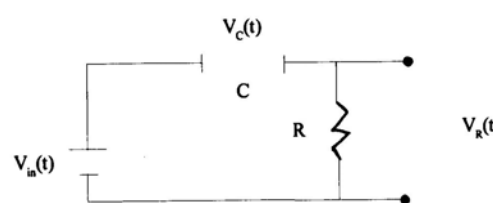
3. Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?
 Capacitância, resistência, circuito RC, período, frequência (alta e baixa), diferença de potencial, corrente elétrica.

Figura 40 – Respostas para as três primeiras perguntas.

Na quarta questão o aluno desenvolve os cálculos necessários para demonstrar a relação do potencial de entrada com o potencial nos terminais do capacitor e do resistor (Figura 41). Esse cálculo era solicitado também no roteiro da experiência.

4. Qual a teoria envolvida (\equiv conjunto de frases, enunciados)?
 Ao falarmos de frequência, caracterizamo-na como alta ou baixa dependendo de seu valor em comparação ao RC. Se o período T for muito maior do que RC, então estamos trabalhando com uma frequência baixa. Analogamente, um período muito menor do que RC corresponde a uma frequência alta.

Para o seguinte circuito,



o valor de $T \gg RC$. Assim, temos que $V_{in} = V_C + V_R$. O capacitor será carregado muito rápido e, então, $V_{in} \approx V_C$. Como $V_R = Ri = R \frac{dQ}{dt} = RC \frac{dV_C}{dt}$, então $V_R = RC \frac{dV_{in}}{dt}$. Ele é chamado de *circuito diferenciador*.

Figura 41 – Parte do desenvolvimento da resposta da quarta questão.

5. Como você fez para testar a teoria?

Os materiais utilizados neste experimento foram um gerador de funções, um suporte de madeira para a montagem dos circuitos, um osciloscópio, dois capacitores, dois resistores e cabos de conexão. Analisamos três circuitos distintos, cada um com um valor de RC diferente, usando sempre a frequência de 1000 Hz no osciloscópio (ou seja, fixamos o período em $T = 10^{-3}$ s). Os valores dos capacitores e resistores usados foram: $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$; $C_1 = 0,047 \text{ }\mu\text{F}$; $C_2 = 47 \text{ }\mu\text{F}$. Conhecendo os valores de R, C e T, pudemos então determinar se os circuitos montados eram diferenciadores ou integradores e, assim, desenhar os gráficos de $V_m(t) \times t$; $V_C(t) \times t$ e $V_R(t) \times t$.

Figura 42 – Resposta para a quinta questão.

A Figura 43 mostra os primeiros gráficos apresentados pelo aluno na questão 6. Vemos que ao identificar o circuito como um diferenciador ou integrador, o aluno entrelaça a teoria apresentada anteriormente com os dados obtidos. Isto demonstra que o próprio instrumento de avaliação já conduz o aluno a trabalhar sempre com essa expectativa: trabalhar teoria e dados experimentais.

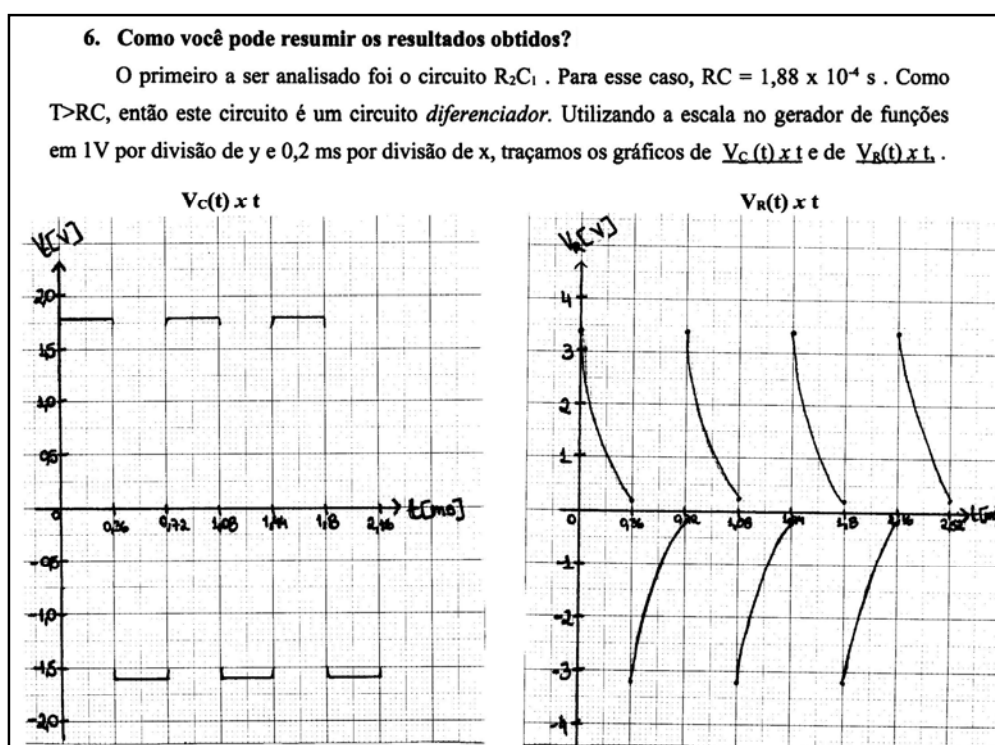


Figura 43 – Gráficos realizados para a primeira disposição de RC.

Na sétima questão o aluno mais uma vez focaliza sua atenção para a possibilidade de inserir mais dispositivos, que nesse caso em específico não vem muito ao caso, embora seja válida. O aluno poderia se questionar, por exemplo, ao invés de um capacitor fosse colocado um indutor, visto que o indutor de certa maneira também “armazena” carga elétrica.

7. Que outras questões ficaram em aberto e poderiam ser investigadas posteriormente?

Caso conectássemos um segundo ou terceiro resistores em paralelo ao primeiro, bastaria calcular a resistência equivalente e seguir usando as mesmas equações ou teríamos que usar novas relações matemáticas para calcular a diferença de potencial nos extremos do circuito? E se fosse uma ligação em série, a teoria se manteria a mesma? Ela válida para qualquer número de resistores ligados a um capacitor?

Figura 44 – Na sétima questão o aluno insiste em questionar a respeito de outras disposições.

Na oitava questão o aluno conseguiu encontrar uma utilidade prática para o experimento. Embora não seja o exemplo ideal, ele é bem melhor do que a sua resposta ao questionário anterior (Figura 45), uma vez que, naquela oportunidade, o aluno apenas mencionava aspectos didáticos da experiência.

8. Como você utilizaria os conhecimentos adquiridos? Que utilidade eles poderiam ter?

Em um circuito diferenciador, o resistor exerce o papel de filtro para resistores ligados a ele paralelamente, evitando que corrente alternada chegue a eles. Muitos dispositivos não suportam trabalhar sob corrente alternada. Então, usando este tipo de circuito, poderíamos lidar com qualquer tipo de corrente, sem preocupar-nos com eventuais queimas e perdas de peças importantes.

Figura 45 – O aluno fornece uma utilidade para o circuito.

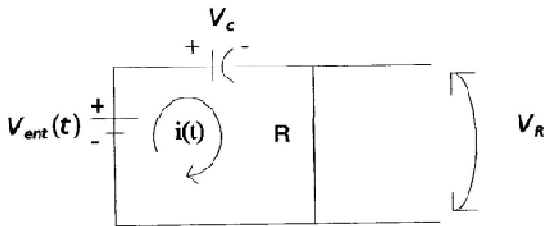
6.4.3 Aluno 2

Esse aluno apresenta problemas em formular uma questão-chave. Note-se que até o enunciado da pergunta ele alterou (Figura 46). Sem uma pergunta não se tem um objetivo para se fazer a experiência, o que pode demonstrar que para o aluno a atividade de laboratório é um exercício apenas. Tanto isso pode ser considerado verdade que ao responder sobre quais os conceitos físicos importantes envolvidos, o aluno não menciona resistência e capacitância, justamente os principais conceitos da atividade (Figura 47).

> **Qual é o problema que você está tentando resolver?**
 Foi verificado experimentalmente que um capacitor C sem carga inicial, submetido a uma tensão constante através de um resistor R carrega-se exponencialmente até atingir a tensão ε da fonte, obedecendo a equação $V_c(t) = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$, onde $V_c(t)$ é a tensão entre suas placas. Analogamente, se um capacitor estiver carregado com uma tensão ε e for ligado a um resistor, ele se descarrega de acordo com a equação $V_c(t) = \varepsilon e^{-\frac{t}{RC}}$.

Quando a tensão da fonte é ligada e desligada muitas vezes por segundo, as equações acima, apesar de válidas, determinam comportamentos diferentes do circuito:

Circuito Diferenciador



De acordo com a lei das malhas de Kirchoff temos que

$$V_{ent}(t) = V_c + V_r$$

onde V_{ent} é a queda de tensão na fonte, V_c a queda de tensão no capacitor e V_r a queda de tensão no resistor.

Para um frequência baixa e conseqüentemente um período alto, em relação ao tempo RC, podemos dizer que:

$$V_{ent} \approx V_c \quad (1)$$

Sendo

$$V_r = R \cdot i(t) = RC \frac{dV_c}{dt} \quad (2)$$

onde $i(t)$ é a corrente elétrica em um tempo t qualquer, R a resistência e C a capacitância.

Aplicando (1) em (2), temos que:

$$V_r = RC \frac{dV_{ent}}{dt} \quad (3)$$

Figura 46 – Mais uma vez o aluno não formula uma questão-chave. Aqui é apresentada uma parte de sua resposta.

➤ **Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?**
Circuito Integrador, Circuito Diferenciador, Tempo RC, Frequência e Período.

Figura 47 – O aluno não fornece os conceitos mais importantes da atividade: resistência e capacitância.

Agora nos deparamos com um dado muito curioso que é a resposta do aluno para a sétima e oitava questões. Na sétima questão o aluno afirma que a experiência não é interessante e que não encontrou uma utilidade prática para ela. Podemos claramente ver que uma coisa é consequência da outra, pois se um aluno segue mecanicamente uma tarefa, sem visualizar o porquê, existe a grande possibilidade de não haver aprendizagem significativa. É evidente que o desinteresse pela experiência se deve a não ter utilidade, afinal, qualquer pessoa se desmotivaria em fazer uma atividade sem um motivo maior.

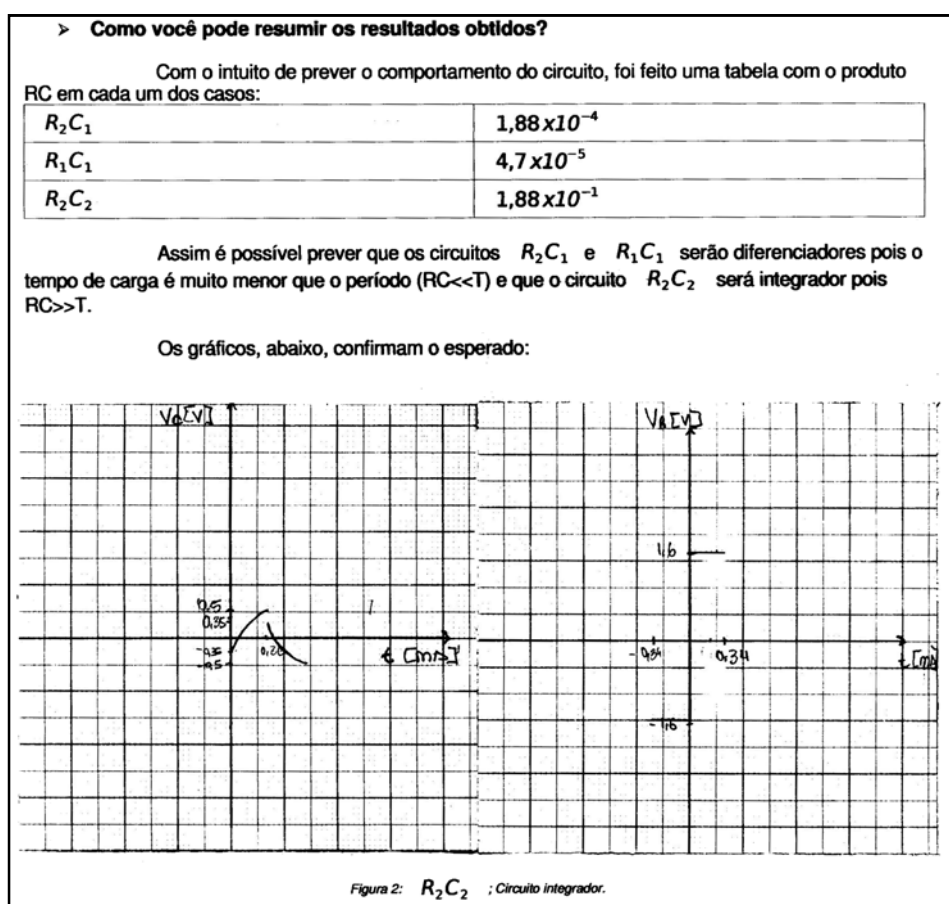


Figura 48 – Embora seja bastante resumido o aluno relaciona teoria com a prática.

➤ **Que outras questões ficaram em aberto e poderiam ser investigadas posteriormente?**
 Não ficaram questões em aberto, entretanto este é um dos experimentos menos interessantes. Embora tenha tentado entender e procurado bibliografia acerca do assunto, não entendi o real objetivo deste experimento, para mim não passou de uma demonstração.

Figura 49 – O aluno não consegue ver a utilidade-fim da experiência, pois para ele relacionar valores de resistência e capacitância com a frequência do circuito é meramente uma demonstração.

Na oitava, e última, questão o aluno volta ao tema da medição de cargas, o que claramente não representa uma utilidade. Quando ele menciona “limitando sua entrada...”, se ele estivesse se referindo à diferença de potencial poderia estar correto; mas a frase sugere à limitação de cargas, isso não estará correto. Vemos que, daquela forma, ele quase teria encontrado uma utilidade prática de fato para o experimento, que é funcionar como filtro (Figura 50).

➤ **Como você utilizaria os conhecimentos adquiridos?**
 Após este experimento sou capaz de diferenciar circuitos integradores e diferenciadores e visualizar a aplicação destes na medição de cargas, limitando a sua entrada em algum dispositivo.

Figura 50 – Ao responder à última questão, o aluno quase encontra uma utilidade prática.

6.4.3 Aluno 3

Este aluno não seguiu o questionário, e parece seguir um padrão de preenchimento de tópicos ao escrever seu relatório. Sua introdução não reflete o real objetivo da experiência, sendo muito genérica a informação sobre a análise de comportamentos dos circuitos (Figura 51), com isso, o procedimento experimental é confuso (Figura 52).

Introdução.
 O objetivo deste experimento é determinar os diferentes comportamentos dos circuitos, ao variarmos as tensões aplicadas aos mesmos, tal análise é baseada nas leis de carga e descarga dos capacitores.

Figura 51 – Introdução apresentada não contempla os reais objetivos da experiência.

Procedimento Experimental.

Para este experimento necessitaremos um osciloscópio, um gerador de funções, capacitores e resistores de $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 4,7\text{ k}\Omega$ e $C_1 = 0,01\mu\text{F}$, $C_2 = 0,22\mu\text{F}$ além de um suporte para as conexões. Ajustamos a frequência do osciloscópio para 1000 kHz e conectamos no gerador de funções, e na saída do gerador ligamos as combinações de capacitores e resistores.

Figura 52 – Procedimento experimental que não informa os procedimentos, apenas afirma que foram realizadas “algumas conexões”.

Sem o objetivo claramente definido, um procedimento confuso e uma teoria não relacionada corretamente com os dados (a teoria nem sequer foi comentada), o que se tem é um gráfico quase incompreensível (Figura 53).

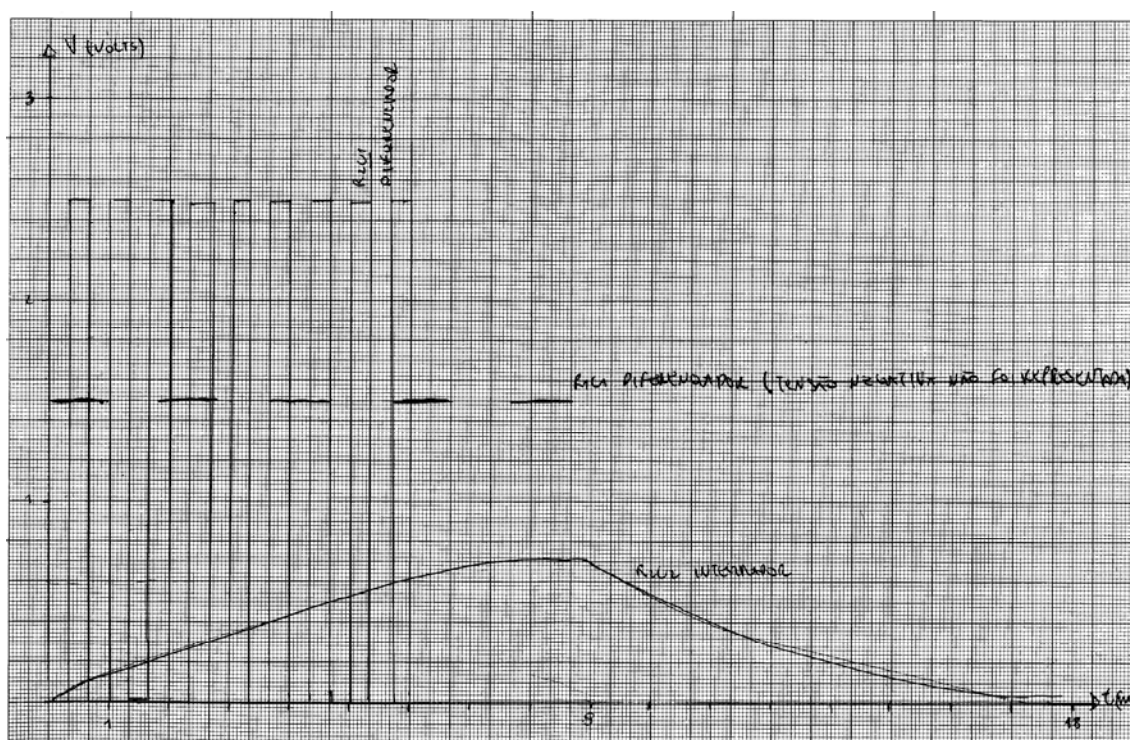


Figura 53 – Um olhar mais apurado verá que existem dois gráficos: um pouco mais acima está o gráfico para a voltagem de entrada no resistor; enquanto que mais abaixo está o do capacitor. Ambos totalmente fora de escala.

Observe-se que o aluno não tem muito claro o que se está fazendo no laboratório, muito menos o que ele está fazendo no seu próprio relatório. Em resultados e conclusões ele desenvolve a teoria a ser utilizada, totalmente fora de ordem, reforçando a

ideia de que o aluno não tem plena consciência da ordem correta que um relatório tradicional deveria ter (Figura 54).

Resultados e Conclusões.
 Concluimos que os circuitos compostos de R1C1 e R2C1 são circuitos diferenciadores, haja visto que suas frequências características, são baixas se comparadas com a frequência $V_{in}(1000\text{Hz})$. Estes circuitos obedecem a seguinte relação;

$$V_{in} = V_c + V_r$$

$$V_c \approx V_{in}$$

$$V_r = R_i(t) = RC \cdot \frac{dV_c(t)}{dt}$$

Figura 54 – Desenvolvimento incompleto da teoria em conclusões.

6.5 Laboratório 5: Determinação do Campo Magnético Terrestre Local

O objetivo dessa atividade é bem claro, dessa forma os alunos deveriam medir as componentes do campo magnético terrestre local. Para realizar essa experiência é necessário um cuidado redobrado no procedimento para o alinhamento exato da linha da bússola e a direção perpendicular da bobina de Helmholtz (conforme anexo E), pois ele é um pouco extenso e faz toda a diferença no resultado final.

6.5.1 Aluno 1

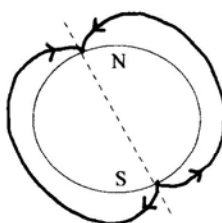
Neste ponto se faz necessário a apresentação completa do relatório deste aluno, para que fique caracterizado o seu desenvolvimento, assim como compará-lo com outros relatórios. Não era preciso o aluno abrir uma discussão tão longa na segunda questão, contudo continua respondendo muito bem as três primeiras questões (Figura 55).

1. Qual é a *questão-chave* (\equiv problema) que você está tentando resolver?

Qual é o valor da componente horizontal do campo magnético terrestre no local de medida?

2. Esta questão se refere a que fato (\equiv evento, experiência)?

A Terra, por possuir em seu interior uma considerável quantidade de ferro em movimento, acaba por ter seu próprio campo magnético, o qual possui direção, sentido e módulo próprios definidos. A bússola, instrumento utilizado para orientação geográfica, funciona sob a ação da componente horizontal do campo magnético. A configuração do campo magnético terrestre dá-se de acordo com a imagem a seguir. É interessante ressaltar que o norte geográfico corresponde ao sul magnético do planeta, e vice-versa. Norte e Sul, representados por N e S na imagem, respectivamente, referem-se a Norte e Sul geográficos. Em azul, as linhas do campo magnético.



3. Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?

Campo Magnético (\vec{B}), corrente elétrica (\vec{i}).

Figura 55 – Três primeiras questões muito bem desenvolvidas.

Na quarta questão desenvolve muito bem a teoria, conforme solicitado no roteiro, sendo a equação encontrada de extrema importância para o cálculo do campo.

O aluno também respondeu satisfatoriamente a quinta questão (Figura 57). Neste momento já fica bem claro que para ele o questionário serviu para um melhor desenvolvimento do relatório. O aluno já apresentava uma organização muito boa, e com as perguntas, podemos afirmar possui total controle sobre o entendimento da proposta; já na sexta questão o aluno tabelou os dados e calculou o campo magnético (Figura 58).

4. Qual a teoria envolvida (\equiv conjunto de frases, enunciados)?

O campo magnético é um local no espaço onde cargas em movimento ficam submetidas a uma força magnética. Essa força, por sua vez, é descrita por $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ (1), onde $q \equiv$ carga elétrica em movimento [C]; $\vec{v} \equiv$ velocidade da carga [m/s]; e $\vec{B} \equiv$ campo magnético [T = tesla].

A orientação de uma bússola pode ser alterada se existir um campo magnético externo adicional aplicado sobre ela. Tal situação pode ser obtida com o auxílio de uma *bobina de espiras de Helmholtz*, ilustrada mais adiante. Tal bobina, quando ligada, é percorrida por uma corrente elétrica, gerando um campo magnético. O valor dele ao longo do eixo das bobinas é

$$B_B(x) = \frac{1}{2} \frac{N\mu_0 i R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad (2), \text{ onde}$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Tm/A; $i \equiv$ corrente elétrica [A]; $x \equiv$ distância medida a partir do centro de uma das bobinas ao longo do eixo [m]; $N \equiv$ número de espiras; e $R \equiv$ raio da bobina [m]. Como a bobina de Helmholtz é composta por duas bobinas, $B_H(x) = B_1 + B_2$,

$$B_H(x) = \frac{1}{2} \frac{N\mu_0 i R^2}{(R^2 + (R/2)^2)^{3/2}} + \frac{1}{2} \frac{N\mu_0 i R^2}{(R^2 + (-R/2)^2)^{3/2}} = \frac{N\mu_0 i R^2}{(R^2 + (R^2/4))^{3/2}} = \frac{N\mu_0 i R^2}{(5/4)^{3/2} + (R^2)^{3/2}} =$$

$$= \frac{N\mu_0 i R^2}{\frac{5^{3/2}}{8} R^3} \text{ . Simplificando e reorganizando os termos, chegamos em } B_H(x) = \frac{8N\mu_0}{R5\sqrt{5}} i \text{ . } (3)$$

Mais ainda, vendo as duas bobinas de cima, podemos traçar uma representação de um possível variação de \vec{B} (em azul) no eixo das bobinas para $-R/2 < x < R/2$. Sabendo que $B \propto \frac{1}{R}$,

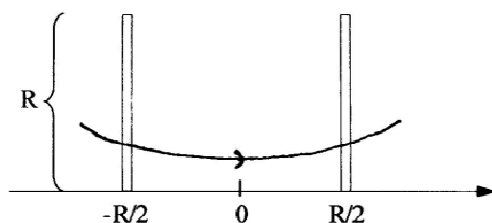
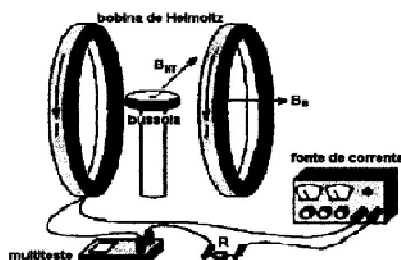


Figura 56 – Resposta para a quarta questão: o aluno ou se complicou um pouco nos cálculos ou a formatação das equações foi prejudicada.

5. Como você fez para testar a teoria?

Os materiais utilizados foram uma bobina de Helmholtz, uma bússola, uma fonte de corrente, um amperímetro e cabos de ligação, montados de acordo com a figura:



Antes de tudo, medimos os raios internos das bobinas, assim com a distância entre elas, obtendo para ambas o valor de $R = 10$ cm. Feito isso, conectamos a bobina à fonte, em série com o amperímetro de resistência 100Ω . Em seguida, colocamos a bússola no centro da bobina.

Com a fonte desligada, alinhamos o eixo da bobina com a agulha da bússola e então, ligando a fonte, fizemos passar pelas espiras uma corrente de 100 mA. Assim, o campo obtido B_H foi muito maior do que o campo terrestre, de modo a “prender” a agulha ao eixo da bobina.

Posteriormente, rotamos a bússola até que ela marcasse 90° e, desligando a corrente, rotamos toda bobina 90° também, de modo que a agulha, agora orientada perpendicularmente à direção norte-sul, passasse a indicar 0° . Para finalizar, ajustamos a frequência da fonte em zero.

Tendo realizados estes ajustes, pudemos coletar valores de correntes para ângulos θ que

variavam de 5° a 75° . Além disso, temos que $\text{tg } \theta = \frac{B_H}{B_{\text{Hor. Terr.}}}$ (4), visto que para 45° os campos

têm mesmo valor (lembrando: os campos são perpendiculares).

Figura 57 – Desenvolvimento da quinta questão.

6. Como você pode resumir os resultados obtidos?

A seguir, a tabela com os dados coletados:

θ [°]	i [mA]	$\text{tg}\theta$ [°]	B_H [T]	$B_{\text{Hor.Terr.}}$ [T]
5	1,88	0,09	$2,03 \times 10^{-6}$	$2,26 \times 10^{-5}$
15	5,36	0,27	$5,79 \times 10^{-6}$	$2,14 \times 10^{-5}$
25	8,91	0,47	$9,62 \times 10^{-6}$	$2,05 \times 10^{-5}$
35	11,72	0,70	$1,26 \times 10^{-5}$	$1,80 \times 10^{-5}$
45	19,95	1,00	$2,15 \times 10^{-5}$	$2,15 \times 10^{-5}$
55	28,42	1,43	$3,07 \times 10^{-5}$	$2,15 \times 10^{-5}$
65	42,20	2,14	$4,56 \times 10^{-5}$	$2,13 \times 10^{-5}$
75	82,40	3,73	$8,90 \times 10^{-5}$	$2,39 \times 10^{-5}$

Os cálculos para obtenção dos valores da coluna B_H foram feitos utilizando a relação (3), adotando $N = 120$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$ e $R = 0,1 \text{ m}$. Os valores de $B_{\text{Hor.Terr.}}$ foram, por sua vez, obtidos pela relação (4). A média de valores encontrada foi $B_{\text{Hor.Terr.}} = 2,13 \times 10^{-5} \text{ T}$.

Figura 58 – Resposta da sexta questão: dados tabelados e o campo magnético calculado.

Na sétima questão reconhece mais uma vez o erro associado às medidas na bússola. Vale lembrar que esta experiência também é muito mais precisa que a primeira realizada, ainda sim, o aluno reconheceu a importância do erro sobre as suas medidas, o que não ocorreu na primeira atividade (Figura 59). Por fim, na oitava questão consegue encontrar uma utilidade prática para a atividade (Figura 60).

7. Que outras questões ficaram em aberto e poderiam ser investigadas posteriormente?

Apesar de todo o cuidado para posicionar a bobina perpendicularmente à direção norte-sul, o experimento ainda é suscetível a erro. Ao medir os valores de corrente, os ângulos foram aproximados, visto que a escala da bússola não permitia uma alta precisão dos valores trabalhados. Provavelmente, providos de uma escala mais detalhada (ou adotando ângulos diferentes), obteríamos um valor ainda mais próximo ao tabelado.

Figura 59 – Resposta para a sétima questão: o erro é reconhecido.

8. Como você utilizaria os conhecimentos adquiridos? Que utilidade eles poderiam ter?

Conhecendo o valor do campo magnético terrestre, é possível definir qual deve ser o campo magnético mínimo gerado por um ímã, por exemplo, a fim de que a influência do campo terrestre seja desprezível. Dessa forma, pode-se ter quase certeza de que o campo magnético agindo sobre determinada peça tem o valor desejado, seja essa peça um componente de aparelhos de som, discos rígidos, vidros elétricos, entre outros.

Figura 60 – Resposta para a oitava questão.

6.5.2 Aluno 2

Já podemos reparar que para esse aluno formular uma questão-chave é uma tarefa difícil (Figura 61). Sem uma questão-chave o texto apresentado fica “solto”, ou seja, uma resposta sem pergunta, sem objetivo. É claro que existe um objetivo por trás de todo o desenvolvimento realizado, mas isso exige que o avaliador sempre tenha que voltar pelo menos algumas vezes ao ponto discutido, uma vez que o objetivo se apresenta apenas ao final da discussão prejudicando a clareza do texto. Nessa situação específica, o objetivo é contemplado apenas na última frase do desenvolvimento.

Na terceira pergunta ele não colocou o conceito de corrente elétrica, que era de fundamental importância para o experimento (Figura 62). A quinta questão é respondida supondo que a teoria envolvida seja a desenvolvida na primeira questão (Figura 63), uma vez que, para este caso, o aluno poderia muito bem colocar toda a primeira questão como se fosse a resposta para a quarta questão e, após isso, acrescentar uma pergunta simples na primeira (Figura 64).

A configuração mais adequada para a determinação do campo magnético terrestre é ilustrada na fig. 2:

Figura 2: \vec{B}_t é a orientação do campo magnético da terra e \vec{B}_h a orientação do campo gerado pelas bobinas.

Note que, obtendo o ângulo do vetor resultante, podemos usar a relação trigonométrica

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{B_h}{B_t}$$

De onde vem:

$$B_t = \frac{B_h}{\operatorname{tg} \theta} \quad (2)$$

Enfim, é isto que procuramos, o valor da tangente do ângulo entre o vetor resultante e B_t , para que, usando a eq. (1) e a eq. (2), possamos determinar o valor de B_t .

Figura 61 – Parte final do desenvolvimento da primeira pergunta. Somente ao final é reconhecido o objetivo da atividade.

➤ **Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?**
 Campo magnético e bobina de Helmholtz.

Figura 62 – Resposta para aquilo que seria a terceira questão: o aluno não colocou o conceito de corrente elétrica.

➤ **Como você fez para testar a teoria?**
 Utilizamos uma bobina de Helmholtz, uma fonte de corrente contínua, um multímetro operando como amperímetro e uma bússola. Para conseguir a configuração adequada, executamos um procedimento que alinha o eixo da bobina com os eixos cardeais da terra com bastante precisão:

1. Conectamos a bobina de Helmholtz à fonte de tensão contínua, em série com um multímetro e com uma resistência de 100Ω . Colocamos a bússola no centro da bobina;
2. Com a fonte de corrente desligada, alinhamos o eixo da bobina na direção norte-sul, tornando o eixo da bobina paralelo à agulha da bússola;
3. Passamos uma corrente de 100mA pela bobina;
4. Fizemos uma rotação de 90° em toda a bobina, de forma que a agulha indicava 0° . Desta forma o eixo da bobina estava perpendicular ao eixo norte-sul, como na fig.2.

Foram feitas 8 medidas de valores da corrente na bobina para as quais a agulha assume ângulos θ entre 5° e 75° . Note que, de acordo com a eq. 2, quando $\theta = 45^\circ$ teremos que a componente horizontal do campo magnético da Terra será igual ao campo produzido pela bobina.

A média dos valores obtidos nos forneceu uma melhor expressão do valor da componente horizontal do campo magnético terrestre.

Figura 63 – Resposta da quinta questão muito bem desenvolvida.

> **Qual é o problema que você está tentando resolver?**

Sabe-se que uma bússola se orienta de acordo com o campo magnético terrestre, se houver algum campo magnético externo adicional, sua orientação será a do campo magnético resultante da soma vetorial entre os dois. A componente horizontal do campo magnético da Terra pode ser medida a mudança de orientação da bússola na situação descrita anteriormente. No nosso experimento o campo externo foi produzido por um bobina de Helmholtz (um par de bobinas comuns de mesmo raio R, alinhadas paralelamente uma a outra com os eixos coincidindo, e afastadas entre si de uma distância igual ao raio R).

Sabendo que o módulo do campo magnético \vec{B} ao longo do eixo de uma espira de raio R é:

$$B(x) = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 i R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}},$$

onde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$, i é a corrente elétrica e x a distância medida a partir do centro de uma das bobinas e ao longo do eixo.

Para a bobina de Helmholtz temos:

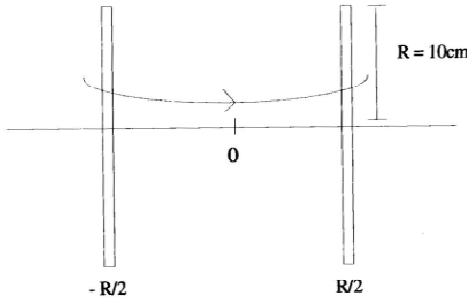


Figura 1: Vista superior de uma bobina de Helmholtz

A soma vetorial dos campos é $B(x) = B_1 + B_2$ portanto:

$$B(x) = \frac{1}{2} \frac{N\mu_0 i R^2}{(R^2 + (-R/2)^2)^{3/2}} + \frac{1}{2} \frac{N\mu_0 i R^2}{(R^2 + (R/2)^2)^{3/2}}$$

$$B(x) = \frac{1}{2} \frac{N\mu_0 i R^2}{\left(\frac{5}{4}R^2\right)^{3/2}} \cdot 2$$

$$B(x) = \frac{8}{5} \frac{N\mu_0 i}{\sqrt{5} \cdot R}, \quad (1)$$

onde N é o número de espiras, para a bobina de Helmholtz.

Figura 64 – Primeira parte daquilo que seria a união da segunda e quarta questões.

As três últimas questões são respondidas satisfatoriamente, uma vez que com os dados ele realiza a tarefa a qual se propôs (Figura 65). Embora não seja a forma adequada de se responder essa pergunta, mas pelo que foi apresentado anteriormente, o aluno só poderia ter apresentado os dados nessa etapa, o que não significa que esteja incorreto, apenas não houve a organização necessária. Reparamos que agora ele encontra uma utilidade para o resultado encontrado. Isto sugere que o aluno realmente não estava preparado para procurar sugestões de uso para a experiência, uma vez que o mesmo comportamento foi apresentado pelo aluno 1. Na primeira atividade apresentada na forma de perguntas, aquele aluno havia respondido que não conseguia encontrar uma utilidade prática para a experiência e exaltou apenas o caráter didático da atividade. O aluno 2 teve uma atitude muito parecida, ou seja,

na primeira vez em que era solicitada a busca de uma utilidade, ele também não encontrou, mas agora sim.

➤ **Como você pode resumir os resultados obtidos?**
As 8 medidas citadas no item anterior estão dispostas na tabela 1:

θ	$i(mA)$	$tg\theta$	B_h	B_t
5°	1,88	0,09	$2,03 \times 10^{-6}$	$2,32 \times 10^{-5}$
15°	5,36	0,27	$5,78 \times 10^{-6}$	$2,14 \times 10^{-5}$
25°	8,91	0,47	$9,61 \times 10^{-6}$	$2,05 \times 10^{-5}$
35°	11,72	0,70	$1,26 \times 10^{-5}$	$1,80 \times 10^{-5}$
45°	19,95	1	$2,15 \times 10^{-5}$	$2,15 \times 10^{-5}$
55°	28,42	1,43	$3,07 \times 10^{-5}$	$2,14 \times 10^{-5}$
65°	42,2	2,14	$3,07 \times 10^{-5}$	$2,14 \times 10^{-5}$
75°	82,4	3,73	$8,89 \times 10^{-5}$	$2,38 \times 10^{-5}$

Tabela 1: Dados obtidos experimentalmente; B_h foi calculado usando a eq.1 e B_t a eq.2.

A média aritmética dos valores de B_t nos dá o valor mais preciso:
 $\bar{B}_t = 21,4 \mu T$

➤ **Que outras questões ficaram em aberto e poderiam ser investigadas posteriormente?**
Poderíamos ter os dados esperados para posterior comparação, em investigação posterior verifiquei que o campo magnético terrestre numa área que inclui a maioria da América do Sul e África Meridiana é de $30 \mu T$, mostrando que o valor obtido é muito próximo ao esperado.

➤ **Como você utilizaria os conhecimentos adquiridos?**
Imagino que um procedimento semelhante possa ser útil para detectar anomalias eletromagnéticas em determinados lugares, por exemplo nas proximidades de uma sala onde é realizada ressonância magnética.

Figura 65 – Respostas para as três últimas questões.

6.5.3 Aluno 3

Mais uma vez o aluno não respondeu ao questionário, preferindo entregar um relatório (Figura 66). Pelo menos desta vez se reconhece a questão-chave pela primeira frase da sua introdução. No procedimento experimental ele resume muito, não dando conta dos detalhes, ou ao menos uma Figura para ilustrar a situação (Figura 67). Isto nos reforça o pensamento que para ele o laboratório é apenas um exercício, descomprometido com o procedimento, o que leva a dar uma importância maior aos resultados numéricos.

Introdução.

Neste experimento iremos medir a componente horizontal do campo magnético terrestre. Para tanto iremos produzir um campo externo, que orientara a bússola no sentido do campo resultante. O campo externo será produzido por uma bobina de Helmholtz que consiste de par de bobinas comuns de mesmo raio “R” afastadas entre si de uma distancia igual ao raio “R”. O valor do campo magnético ao longo do eixo da espira pode ser medido com as informações que dispomos e seu valor é dado por;

$$B(x) = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 i R^2}{(R^2 + X^2)^{3/2}}$$

Apartir desta informação podemos medir a componente horizontal do campo magnético através da seguinte relação:

$$\tan(\theta) = BH/BT$$

$$BT = BH / \tan(\theta)$$

Figura 66 – Aluno 3 reconhece a questão-chave na introdução

Procedimento experimental.

Colocamos a bússola dentro da bobina, a mesma devera estar na posição horizontal e alinhada com a direção leste-oeste.

Geramos um campo magnético no interior da bobinam, permitindo que uma certa corrente definida percorra o mesmo, como o campo é função da corrente a bússola ira girar de um certo ângulo (θ) na direção do campo resultante.

Figura 67 – Procedimento experimental do aluno 3: bastante resumido.

Nossa presunção encontra forte evidência em mais um aspecto do relatório, que é os resultados e conclusões do aluno (Figura 68). Ele desenvolve o cálculo matemático dando a entender que isto é um resultado, e sua tabela a sua conclusão, sem utilidade futura, sem questões em aberto e sem qualquer menção ao erro experimental presente.

Resultados e conclusões

Demonstração do campo magnético no centro geométrico das espiraras

$$B(x) = \frac{1 \mu_0 i R^2}{2 (R^2 + X^2)^{1/2}}$$

$$= \frac{1 \mu_0 i R^2}{2 (R^2 + (R/2)^2)^{1/2}}$$

$$= \frac{1 \mu_0 i R^2}{2 (5/4 R^2)^{1/2}}$$

$$= \frac{8 \mu_0 i}{5 \sqrt{5} R}$$

Tabela com os Resultados BH ,BT

(e)	I(mA)	tan(e)	BH	BT
10	1.79	0.176	17.87x10 ⁻⁹	101.53 x10 ⁻⁹
20	4.01	0.363	40.03 x10 ⁻⁹	110.27 x10 ⁻⁹
30	6.29	0.577	62.80 x10 ⁻⁹	108.83 x10 ⁻⁹
40	9.07	0.839	90.56 x10 ⁻⁹	107.93 x10 ⁻⁹
50	13.57	1.191	135.49 x10 ⁻⁹	113.76 x10 ⁻⁹
60	19.55	1.732	195.20 x10 ⁻⁹	112.70 x10 ⁻⁹
70	30.52	2.747	304.47 x10 ⁻⁹	110.83 x10 ⁻⁹
80	61.00	5.671	609.08 x10 ⁻⁹	107.40 x10 ⁻⁹

os resultados que encontramos para o campo magnético terrestre mantêm-se os mesmos para um dado i, e um respectivo teta, tal como as equações descrevem

Figura 68 – Para o aluno a conclusão se resume à tabela.

6.5.4 Aluno 4

Aproveitamos a oportunidade para apresentar mais uma vez o trabalho do Aluno 4, visto que ainda possui o mesmo nível de apresentação do Aluno 3 (Figura 69). O Aluno 4 apresenta uma melhora em relação ao questionário anterior, embora a apresentação continue precária. O exemplo deste aluno serve bem ao que afirmamos anteriormente sobre a visão do aluno em relação ao laboratório (como um exercício).

- ① Medir a componente horizontal do campo magnético terrestre local.
- ② Variação no campo magnético B_H (componente horizontal do campo magnético terrestre).
- ③ Campo magnético, força magnética, força eletromotriz, campo elétrico, corrente elétrica, potencial elétrico.
- ④ O campo magnético da Terra tem uma componente horizontal, que depende do ângulo entre esta componente e o referido campo.
- ⑤ Variando o ângulo θ ^{da} ~~da~~ corrente elétrica.
- ⑥ Fazendo a média dos valores de B_T a partir das medidas encontradas de θ , $\tan \theta$, i e B_H , que é $18,51 \times 10^{-6}$.
- ⑦ ~~Forças de atrito entre a bala e o seu suporte.~~
- ⑧ Um feixe em forma de bolina poderia "abrir" quando a corrente atinge certo valor.

Figura 69 – Respostas ao questionário conforme apresentado pelo aluno 4.

Mesmo respondendo ao questionário, percebe-se um comportamento mecânico no processo. Ainda sim, os dados tabelados estão muito bem representados, com todos os parâmetros e a média final calculada (Figura 70).

Devido à correção realizada nos relatórios anteriores, esperava-se pelo menos alguma melhora em relação ao interesse do aluno sobre as atividades, contudo o mesmo continua com uma atitude descomprometida. Isto representa uma curiosidade em relação a esse aluno, pois ele participava das aulas, procurava sanar suas dúvidas, no entanto ao apresentar o relatório não possuía a mesma motivação.

$\theta(^{\circ})$	$i(10^{-3}A)$	$\tan \theta$	$B_H(10^{-6}T)$	$B_T(10^{-6}T)$
10	1,79	0,17	3,03	17,20
20	4,01	0,36	6,79	18,66
30	6,29	0,58	10,65	18,45
40	9,07	0,84	15,36	18,31
50	13,56	1,19	22,57	19,27
60	19,55	1,73	33,12	19,42
70	30,52	2,74	51,70	18,81
80	61,00	5,67	103,33	18,22
90	100,00	∞	169,40	—

$R = 9,65 \text{ cm}$
 $2 \times 180 \text{ espiras}$
 $r = 9 \text{ cm}$
 $\overline{B_T} = 18,51 \times 10^{-6} \text{ T}$

Figura 70 – Tabela referente aos dados coletados pelo Aluno 4.

6.6 Laboratório 6: Fluxo Magnético

A partir deste momento vamos analisar os Vês apresentados pelos alunos. Tendo em vista as análises anteriores, espera-se dos alunos que obtiveram melhor aproveitamento no questionário, que saibam construir o determinado Vê da experiência. Outra expectativa se refere ao aluno com baixo aproveitamento, uma vez que não apresentou nenhum questionário, pois insistiu em fazer relatórios tradicionais, logo, não deve ter uma boa nota. Devemos ficar atentos a esse fato, pois antes da realização da pesquisa não havia uma expectativa positiva ou negativa, e sim um aproveitamento mediano por parte dos alunos, conforme vivenciado por Cappelletto (2009).

O laboratório sobre fluxo magnético possui a mesma peculiaridade do laboratório de campo elétrico: a falta de precisão. Um olhar mais atento ao roteiro (anexo F) verá que ele poderia servir mais como um experimento demonstrativo do que qualquer outra coisa, pois a análise da curva passa por um momento crítico: os alunos deveriam copiar a mão, em transparências, o formato da curva para depois copiarem novamente para um papel milimetrado.

Essa falta de rigor entra em choque com experiências anteriores como a da Lei de Ohm e com as futuras como a atividade do circuito RLC ressonante. Claramente deveria se buscar uma atividade alternativa a esta, pois da forma como está pode levar o aluno a pensar que o futuro físico, para chegar aos resultados que se quer, pode lançar mão de quaisquer meios, ainda que imprecisos.

Dessa forma é bem estranho solicitar um relatório formal dessa atividade, pois os meios utilizados para confrontar teoria com experimentação são muito pobres. Não há como se falar em precisão, pois o experimento não explora precisão alguma, sendo assim essa atividade poderia muito bem ser explorada em uma aula expositiva, como aquela que os alunos têm nas aulas teóricas. Por essas razões fica a dúvida sobre a efetiva aprendizagem dos alunos em relação ao fluxo magnético.

6.6.1 Aluno 1

O aluno elaborou duas questões-foco, o que pode servir de indicador de que o aluno tem a percepção do que se está realizando no laboratório. Seguindo, o evento poderia ser mais bem explicado, ainda sim, tendo o roteiro em mãos é possível entender a proposta (Figura 71).

A maior novidade do Vê em relação ao questionário é a presença da filosofia. Para o aluno a filosofia da experiência é melhorar o entendimento da teoria, o que está de acordo com o entendimento atual por parte dos filósofos da ciência.

Em teorias, princípios e leis, o aluno responde satisfatoriamente. No entanto, em conceitos-chave o aluno não acrescentou o conceito de corrente elétrica, o que torna sua asserção de valor um pouco “desligada” do resto do Vê, pois o aluno comenta sobre um gerador de eletricidade ao invés de corrente, uma vez que gerador de eletricidade é um tanto quanto genérico demais.

O aluno responde muito bem às questões-foco nas asserções de conhecimento, e ainda acrescenta a existência de um erro considerável na experiência, a qual não deveria existir na teoria. No entanto, nenhuma consideração sobre isso é realizada posteriormente, o que enriqueceria sua análise experimental. Vemos com facilidade onde está a fonte de erros dessa experiência ao analisar a composição dos gráficos obtidos para o cálculo do fluxo

magnético (Figura 72). O aluno calcula a integral contando o número de “quadrinhos” abaixo da curva, que é um procedimento muito arcaico.

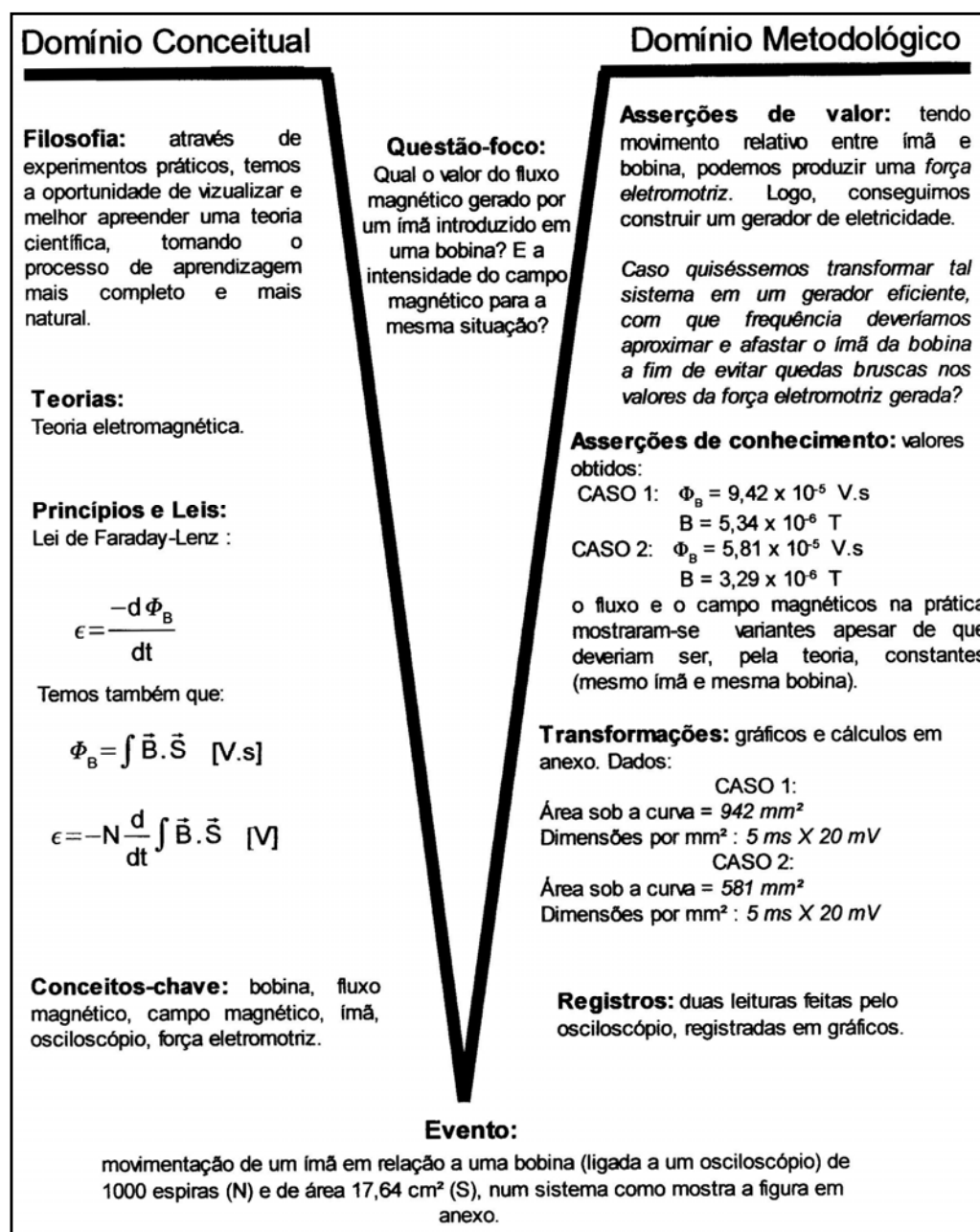


Figura 71 – Vê epistemológico sobre Fluxo Magnético apresentado pelo aluno 1.

Por fim, a asserção de valor se mostra bem elaborada, assim como a sua nova questão. Vemos que a preparação através do questionário ajuda o aluno a entender melhor esta etapa, pois vimos inicialmente que esse aluno ofereceu uma resistência em articular uma utilidade prática para as atividades e, após isso, começou a elaborar utilidades futuras sem problemas.

Figura 2: Gráfico Caso 1

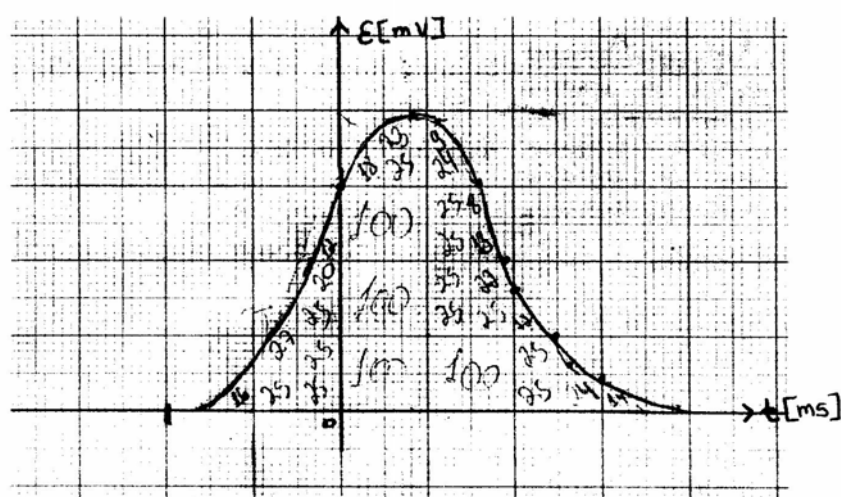


Figura 3: Gráfico Caso 2

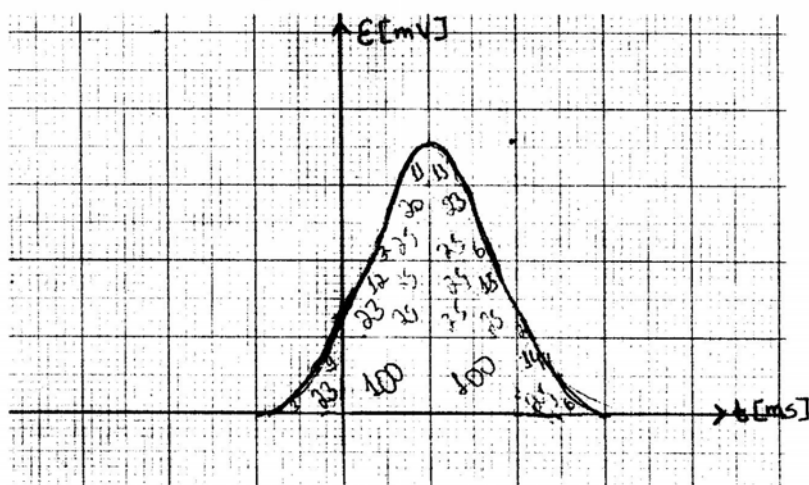


Figura 72 – Gráficos apresentados pelo aluno: é possível notar a soma dos quadrinhos dentro da curva.

6.6.2 Aluno 2

Em seu Vê, o aluno elaborou apenas uma questão-foco em comparação com o aluno anterior, ainda sim de acordo com a atividade experimental. Vemos que o evento deste aluno é desenvolvido um pouco melhor, embora não tenha fornecido alguns parâmetros necessários, que ficam subentendidos nos cálculos realizados (Figura 73).

<p>Filosofia: O conhecimento científico atual, baseia-se na observação e na experimentação. Uma teoria é considerada válida, se puder ser reproduzida e os resultados obtidos forem os mesmos.</p> <p>Teorias: Teoria eletromagnética</p> <p>Princípios e Leis: Lei de Faraday - Lenz:</p> $\phi = \frac{1}{N} \int_{t_0}^{t_1} \epsilon dt$ <p>Lei de Ampère: $\phi = \int \vec{B} d\vec{s}$</p> <p>Conceitos-chave: Fluxo magnético, força eletromotriz, campo magnético.</p>	<p>Questões-Foco: Qual a intensidade do vetor indução magnética de um ímã permanente?</p>	<p>Asserções de valor: Foi experimentado a integração de um aparelho digital (osciloscópio) como facilitador para obtenção de dados. Foi possível notar que há uma tendência natural que tenta manter o sistema em seu estado inicial, de forma que a corrente gerada na bobina cria um campo magnético em sentido contrário ao do ímã.</p> <p>Nova questão(ões) -foco: Qual a corrente gerada?</p> <p>Asserções de conhecimento: É possível calcular a intensidade do vetor indução magnética, sabendo o número de espiras da bobina e a área do gráfico de $\epsilon(t)$.</p> <p>Transformações: gráficos de ϵ(f.e.m)xt(tempo), cálculo do valor de ϕ(fluxo) e da intensidade do vetor indução magnética. (em anexo)</p> <p>Registros: 2 gráficos de $\epsilon(t)$, obtidos no osciloscópio.</p>
<p>Evento: Um ímã é centrado no interior de uma bobina, a qual está conectada a um osciloscópio, no qual é possível observar a f.e.m do sistema, a seguir o ímã é retirado com uma certa velocidade, obtemos assim uma curva</p>		

Figura 73 – O Vê apresentado pelo aluno 2 é muito bem construído.

Em filosofia, podemos inferir uma tendência empirista-indutivista do aluno, no entanto, na segunda parte de sua resposta, vemos uma atitude mais razoável com o pensamento atual. Contudo, pela forma da apresentação, podemos perceber que o aluno atribui um maior peso para a observação e experimentação.

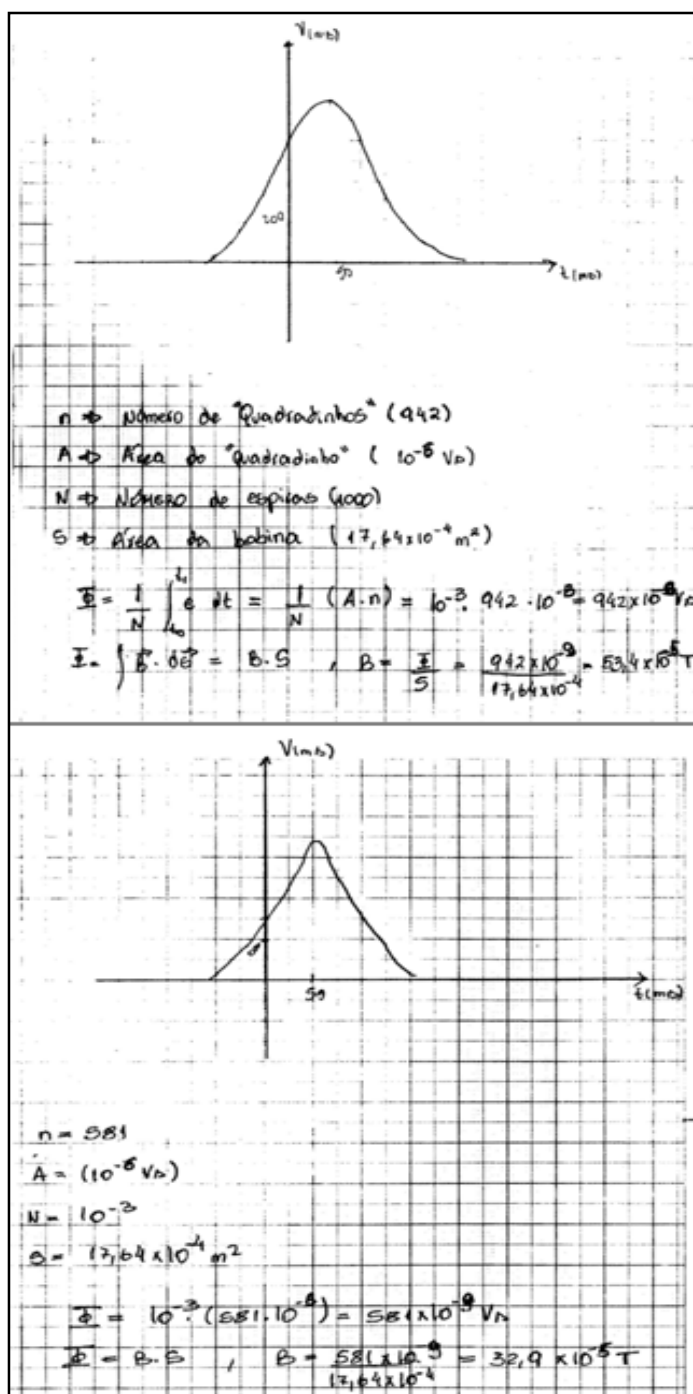


Figura 74 – Os gráficos apresentados pelo aluno 2. Agora eles estão posicionados corretamente, uma vez que o próprio V_e auxilia a construção.

O aluno também não citou a corrente elétrica como um conceito relevante, e como ele menciona a corrente em sua nova questão-foco, é possível que tenha esquecido, ou que não tenha se acostumado com o novo instrumento.

Já podemos perceber que os alunos assimilam bem os conceitos de registros e transformações, e talvez esse seja um ponto relevante nos relatórios tradicionais. Podemos ver anteriormente que os alunos colocavam em conclusões o que agora temos o entendimento do que são as transformações e os registros, o que pode representar um passo importante para o próprio entendimento do aluno sobre o relatório comum (Figura 74).

Sua asserção de valor não está correta, sendo uma extensão da asserção de conhecimento. Nota-se que ela tem o mesmo formato de uma conclusão trivial, ou seja, geralmente quando um aluno não possui um entendimento completo sobre a experiência ele retoma o que foi feito teoricamente, ou operacionalmente, de uma forma positiva.

6.6.3 Aluno 3

Como o esperado, a apresentação do aluno continuou precária como pode ser vista na Figura 75. A questão-foco não é própria do experimento, ainda que se constitua em uma pergunta válida do ponto de vista teórico, a experiência se propõe a medir o tal fluxo, e não apenas constatá-lo como verdadeiro.

O evento é caracterizado regularmente, embora também não tenha apresentado os parâmetros necessários para a experiência. Não podemos deixar subentendido também, pois ao longo do Vê não são mencionados a área e o número de espiras da bobina, prejudicando em muito o entendimento da experiência.

Em filosofia, o aluno está bem posicionado se entendermos que “raciocínios logicamente guiados” tratam-se de teorias e, não apenas isso, elas devem ser experimentalmente validadas, o que poderia ser questionado, mas hoje para a forma como a pesquisa em Física se dá, essa afirmação está correta.

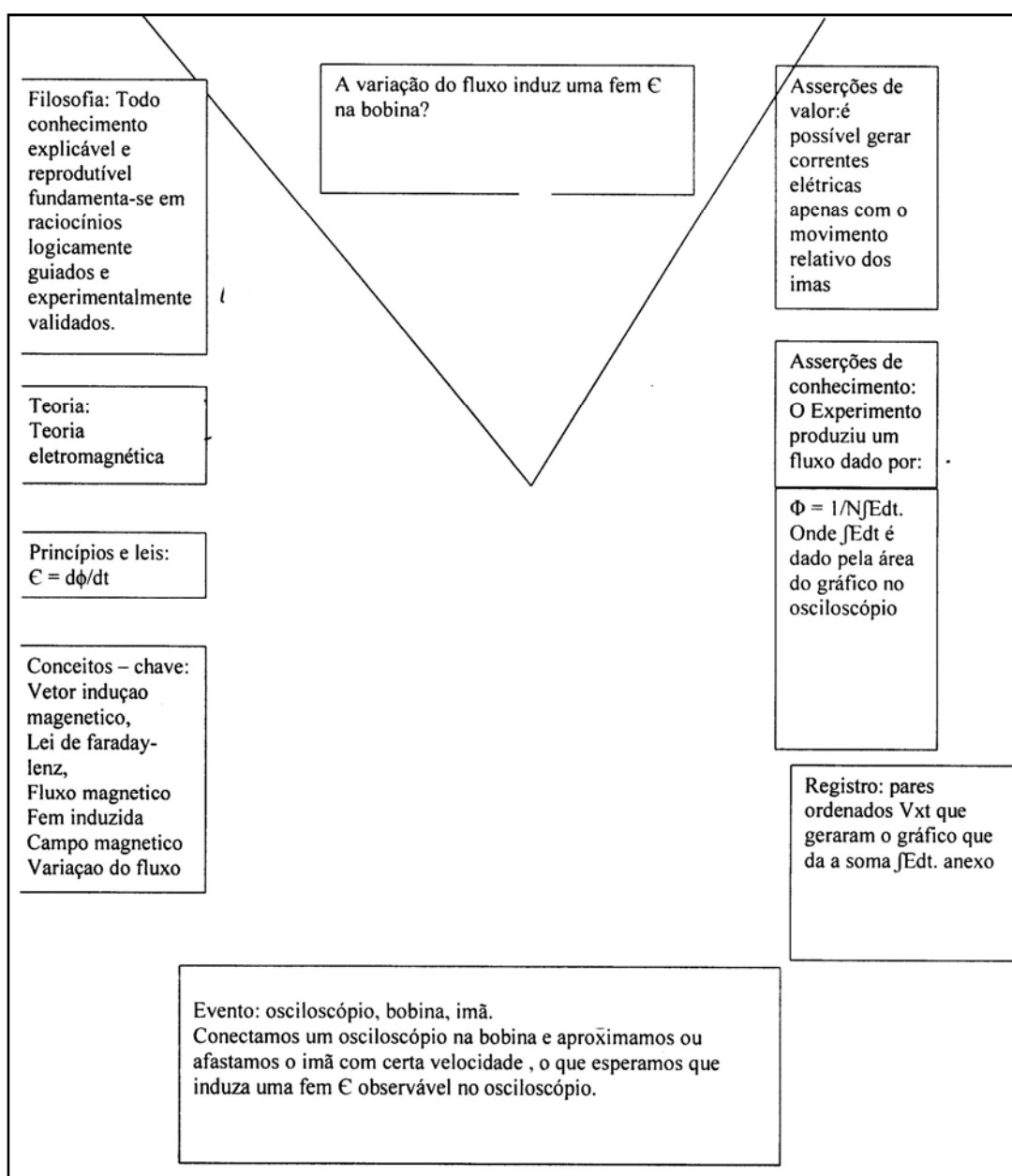


Figura 75 – Vê apresentado pelo aluno 3 para a atividade de Fluxo Magnético.

Em princípios e leis, o aluno apresenta apenas uma equação, o que fica caracterizado o despreparo causado pela sua relutância em responder o questionário. Sem aquela base, o aluno simplesmente vai preenchendo as “lacunas”, como se isso tivesse algum significado.

No outro lado do Vê, o aluno não coordena corretamente transformações e registros, e simplesmente apresenta um gráfico em anexo sem nenhum objetivo aparente

(Figura 76). Assim como o aluno 2, o aluno 3 também demonstra desconhecimento do objetivo da experimentação, lançando mão de afirmações que não apresentam relação entre teoria e prática, e também que não representam qualquer avanço científico. Não podemos considerar que a asserção de conhecimento está correta, e nem asserção de valor.

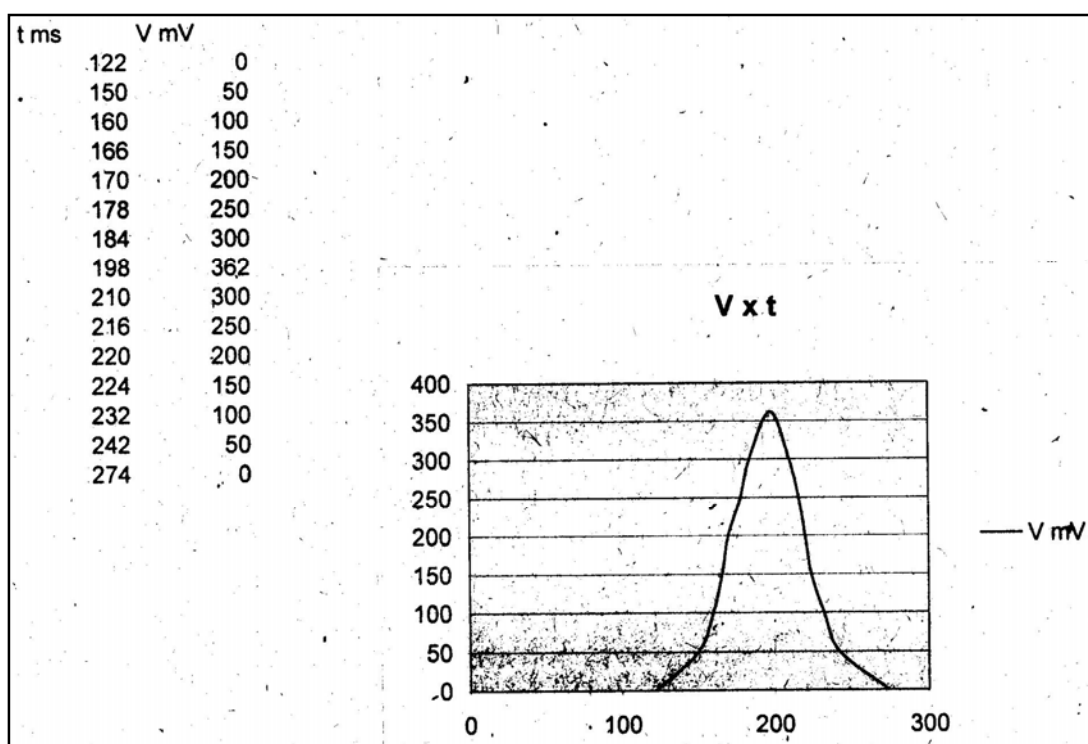


Figura 76 - Gráfico apresentado pelo aluno 3. O aluno não diferencia registros de transformações.

6.6.4 Aluno 4

Para as nossas considerações se faz necessário apresentar o trabalho apresentado pelo aluno 4. Contra todas as expectativas, este aluno apresentou um Vê de Gowin do laboratório. Ainda que apresentado de forma bem grosseira, ele discute a presença do erro experimental de forma até mais completa que o aluno 1, conforme a Figura 77 e 78.

Teoria: eletro-magnética

Princípios e leis:
Lei de Indução de Faraday e Lei de Lenz

Conceitos chave: força eletromotriz, corrente elétrica, fluxo magnético, número de espiras, tempo, área, diferença de potencial.

Determinação do vetor indução magnética L

O B é constante, independentemente da velocidade com que movimentamos o ímã. Mesmo que os gráficos $\mathcal{E} \times t$ sejam diferentes, todos têm a mesma área, salvo devido a erros de paralaxe nas leituras e inclinação do ímã. *

Registros: 2 medidas da área do gráfico de $\mathcal{E} \times t$.

Transformações: gráficos $\mathcal{E} \times t$; cálculo de S , Φ e B .

Evento: movimento de um ímã no centro de uma espira, produzindo um campo magnético no seu interior.

Figura 77 - Vê de Gowin apresentado pelo aluno 4.

* A inclinação do ímã torna o B não-uniforme no interior da espira. Além disso, o B nunca é exatamente uniforme, devido às extremidades do ímã. Isto explica porque os dois gráficos de $\mathcal{E} \times t$ não têm mesma área.

A precisão da experiência leva em conta o tamanho do ímã em relação à espira.

Houve a tentativa de se medir $\mathcal{E} \times t$ usando-se dois ímãs juntos, mas não foi viável. Isso decorre do fato de que o B de um ímã antepõe no outro e vice-versa, alterando o B resultante dentro da bobina.

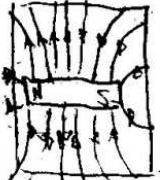


Figura 78 - Discussão sobre o erro apresentado pelo aluno 4 no experimento de fluxo magnético

6.7 Laboratório 7: Reatâncias Capacitiva e Indutiva.

O objetivo dessa atividade experimental é estudar a relação existente entre frequência da fonte de corrente alternada e as reatâncias de um capacitor e de um indutor, conforme anexo G. Nessa experiência existe uma precisão muito boa na coleta dos dados, em relação ao experimento anterior.

6.7.1 Aluno 1

Podemos considerar o Vê deste aluno como exemplar. Da mesma forma que o Vê por ele apresentado no laboratório 6, o aluno possui uma apresentação muito boa, o que ajuda na leitura e entendimento por parte do professor, ou de qualquer outro aluno que vier a lê-lo. Tanto a questão-foco como o evento são expostos de maneira apropriada, tornando fácil o entendimento do objetivo da experiência.

Quando o aluno encontra uma filosofia, é natural que ele a repita nos demais trabalhos, da mesma forma que em teorias (Figura 79). Assim, o aluno não precisa “inventar” uma filosofia diferente para cada experiência, uma vez que a filosofia se refere ao pensar a experimentação, o que naturalmente deveria se manter ao longo de todo o semestre.

Em princípios e leis, o aluno desenvolve o aspecto teórico da experiência e estabelece as relações entre reatâncias e frequência necessárias para o procedimento experimental. Ainda no domínio conceitual, o aluno expõe diversos conceitos diretamente relacionados com a atividade.

Não há dúvidas de que o aluno tem o entendimento completo do significado de registros, transformações e asserções de conhecimento. Neste último, responde a questão-foco, estabelecendo numericamente a relação entre as reatâncias e frequências angulares. O aluno expõe a diferença entre a teoria e a prática experimental, mas não discute as fontes de erros associadas, o que deveria existir, pois seus cálculos mostraram uma diferença acentuada entre ambos (Figura 80).

Em asserções de valor, o aluno expõe uma utilidade para o circuito com o indutor, embora usá-los como filtros de corrente alternada não seja muito adequado, ainda sim é uma utilidade válida. Sua nova questão-foco é muito interessante, pois foi visto no laboratório seguinte uma propriedade muito especial dos circuitos do tipo RLC.



Figura 79 – Vê da atividade sobre a reatância capacitiva e indutiva do aluno 1.

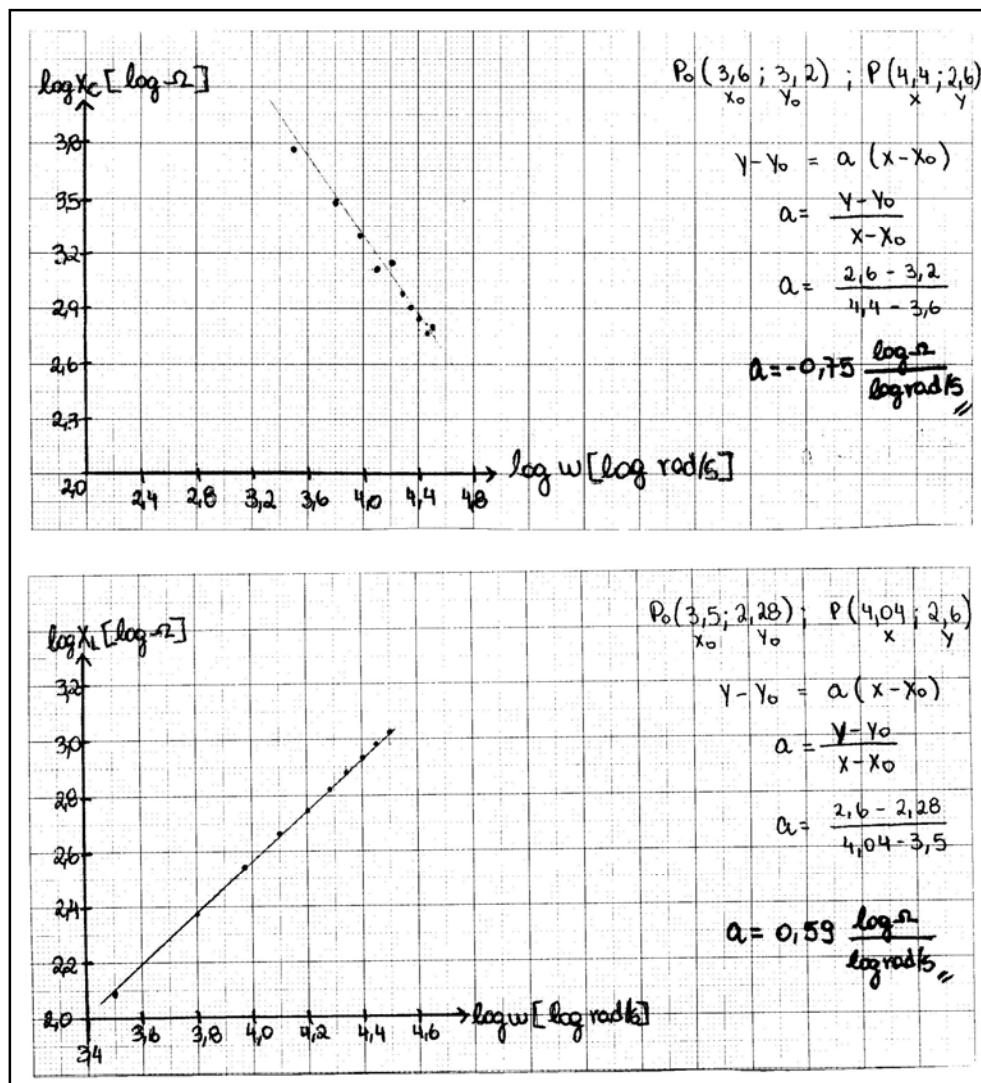


Figura 80 – Gráficos do aluno 1 para a relação entre a frequência e as reatâncias:

6.7.2 Aluno 2

O aluno elaborou uma questão-foco adequada, assim como apresenta o evento de forma bem completa (Figura 81). Da mesma forma que o aluno 1, o aluno 2 também repete sua filosofia e teoria, mas em princípios e leis ele resume muito o desenvolvimento teórico.

No domínio metodológico este aluno tem bom aproveitamento, visto que começa separando corretamente registro das transformações. Já em asserções de conhecimento, mais uma vez se sente a falta de uma discussão sobre o erro experimental. O aluno reconhece as relações de proporcionalidade, um dos objetivos da atividade, no entanto não expõe qualquer resultado numérico referente ao coeficiente angular das retas apresentadas (Figura 82).

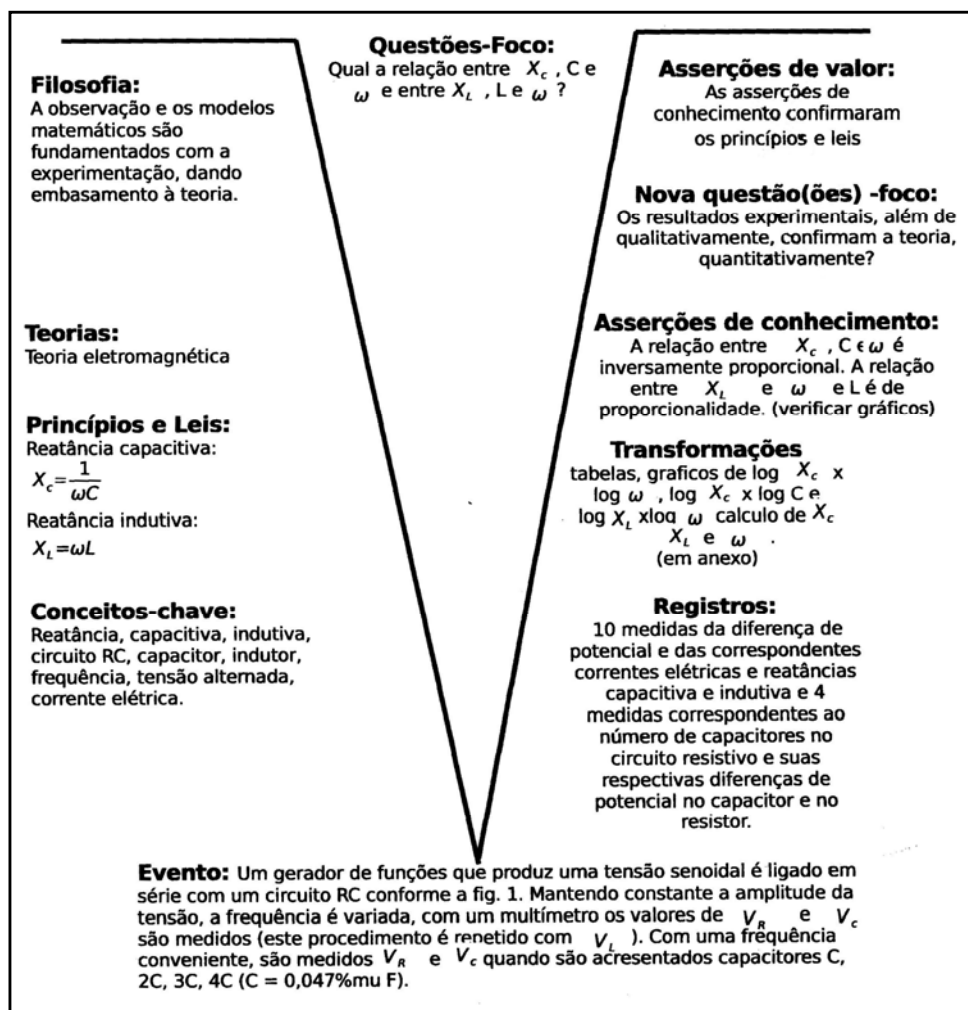


Figura 81 – Vê sobre a atividade sobre reatâncias apresentado pelo Aluno 2.

Vemos em asserções de valor o resultado da falta da discussão do erro, pois o aluno assume que seus resultados confirmam o desenvolvimento teórico, o que não é verdadeiro. Seguindo o mesmo efeito, a nova questão-foco não tem qualquer razão de ser, pois a resposta deveria vir das asserções de conhecimento, uma vez que o objetivo da

atividade era determinar numericamente a relação entre as reatâncias e frequências a qual o circuito era submetido.

Por fim, ainda podemos reparar que seus dados tabelados (Figura 83) são muito próximos dos obtidos pelo primeiro aluno. É por essa razão que se esperava, por parte do aluno, pelo menos algum comentário em relação ao “desajuste” da experiência com a teoria, pois provavelmente obteria dados numéricos semelhantes.

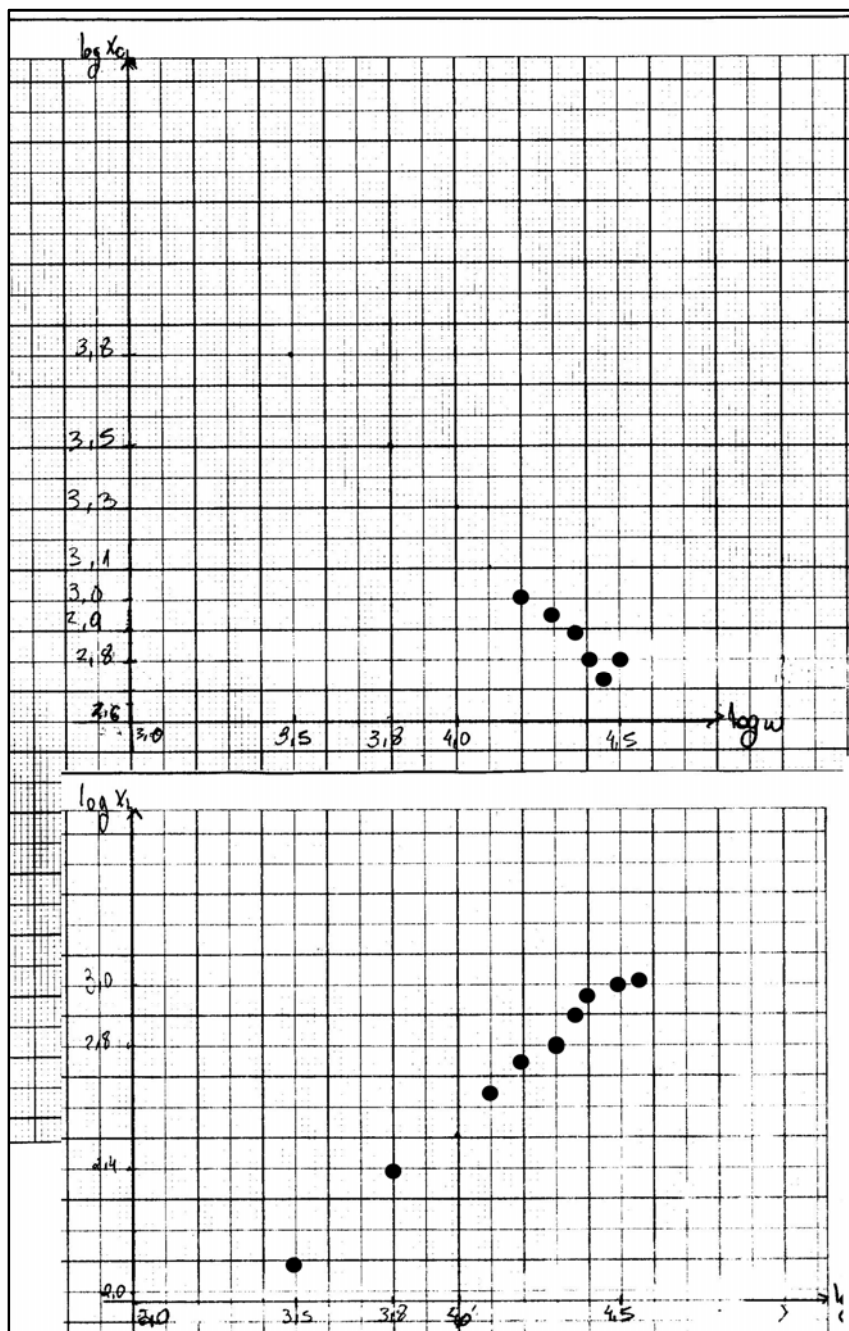


Figura 82 – Gráficos da relação entre frequência e reatâncias apresentados pelo aluno 2. Os pontos foram destacados para melhorar a nitidez.

f (Hz)	$\omega = 2\pi f$ (rad/s)	V_R (Volts)	$I_C = I_R$ (mA)	V_C (Volts)	$X_C = V_C / I_C (\omega)$
500	3141,6	0,32	0,10	0,58	5800
1000	6283,2	0,50	0,15	0,45	3000
1500	9424,8	0,57	0,17	0,34	2000
2000	12566,4	0,68	0,20	0,27	1350
2500	15708,0	0,61	0,18	0,21	1166,7
3000	18849,5	0,62	0,19	0,18	947,7
3500	21991,1	0,62	0,19	0,15	789,5
4000	25132,7	0,62	0,19	0,13	634,8
4500	28274,3	0,61	0,18	0,11	611,1
5000	31415,9	0,52	0,16	0,10	625

Tabela 1: Cálculo de Reatância Capacitiva

Figura 83 – Tabela com os dados referentes à experiência sobre reatâncias apresentada pelo aluno 2.

6.7.3 Aluno 4

Infelizmente o aluno 3 não entregou o Vê referente a essa atividade de laboratório, por essa razão utilizaremos aquilo que foi entregue pelo aluno 4. Este aluno é muito intrigante, pois havíamos visto que ele construiu um Vê muito adequado referente à atividade de laboratório anterior (Figura 77). No entanto, em um momento posterior ele voltou a entregar apenas os dados tabelados (Figura 84).

Sem nenhum juízo, sem nenhuma teoria e sem ao menos explicar ao leitor o que se fez, simplesmente foram apresentados os dados. Mais uma vez, se torna impossível analisar o aprendizado do aluno ou inferir a sua visão de mundo, o que podemos fazer é pressupor estes com base em nosso referencial epistemológico, o qual faremos num momento mais oportuno que este.

Reforça-nos a idéia de que o laboratório para esse aluno tem apenas um caráter resolutorio, da mesma forma que um exercício de fixação de livros didáticos. Podemos

entender que de fato o seu desempenho no laboratório anterior tenha sido um lampejo, uma vez que este é o seu padrão, e parece ser resistente em relação ao novo modo avaliativo.

Resistências Capacitiva e Indutiva

$R = 3,3K$ $C = 0,047 \mu F$ 10^{-3}

$f(Hz)$	$\omega (rad/s)$	$V_R(V)$	$V_C(V)$	$I_C = I_R(A)$	$X_C = V_C/I_C(\Omega)$
502	3154,16	2,418	4,21	0,73	5,77
1051	6603,63	3,676	3,080	1,11	2,77
1810	11372,56	4,31	2,042	1,31	1,56
2450	15393,80	4,51	1,536	1,37	1,12
3014	18937,52	4,56	1,234	1,38	0,89
3598	22606,90	4,57	1,003	1,38	0,72
4164	26163,18	4,62	0,849	1,40	0,61
5120	32169,91	4,69	0,644	1,42	0,45

A	V_R	V_C	I_C	X_C
1C	9,93	2,690	1,00	0,90
2C	4,53	1,650	1,37	1,20
3C	4,72	1,179	1,43	0,82
4C	4,57	1,153	1,38	0,83

10^{-3}

$f(Hz)$	$\omega (rad/s)$	$V_R(V)$	$V_L(V)$	$I_L = I_R(A)$	$X_L = V_L/I_L(\Omega)$
540	3392,92	4,90	0,191	1,48	0,13
1090	6848,67	4,89	0,400	1,48	0,27
1800	11309,73	4,84	0,639	1,17	0,43
2396	15054,51	4,81	0,825	1,46	0,56
3039	19094,60	4,74	0,997	1,44	0,67
3550	22305,31	4,70	1,120	1,42	0,79
4300	27017,70	3,91	1,269	1,18	1,07
5105	32075,66	3,62	1,389	1,11	1,25

Figura 84 – Dados tabelados apresentados pelo aluno 4 como o seu relatório.

6.8 Laboratório 8: Circuito RLC Ressonante.

Chegamos à última atividade de laboratório. É importante ressaltar mais uma vez que em relação ao semestre anterior, por motivo de força maior, não houve o laboratório sobre fenômeno da histerese em um transformador de voltagem.

A atividade sobre o circuito RLC possui um desenvolvimento teórico um pouco mais elaborado que o de costume, e ainda exige uma boa compreensão técnica dos laboratórios anteriores (conforme anexo H). Em contrapartida, a montagem do experimento e obtenção dos dados numéricos é bastante simplificada, o que o caracteriza como a atividade de laboratório com o menor tempo de realização (algo em torno de 50 minutos).

6.8.1 Aluno 1

Seguindo seu padrão, este aluno mais uma vez apresenta um Vê bem elaborado (Figura 85). A questão-foco é respondida pelas asserções de conhecimento, com alguma referência ao erro experimental. Aqui é possível perceber com mais exatidão que o termo utilizado, *Princípios e Leis*, na verdade não é adequado pelo fim ao qual se destina.

O evento merecia uma descrição melhor. Do jeito que está, prejudica a interpretação do que realmente se está analisando, pois a abordagem é muito direta. Ainda no domínio metodológico, o aluno também caracteriza adequadamente os registros e transformações, da mesma forma que o Vê apresentado no laboratório anterior.

É pacífico que o aluno conseguiu compreender a natureza da construção do Vê, pois a construção do domínio conceitual é satisfatória, além de preencher corretamente os registros e transformações, e que suas asserções de conhecimento sempre respondem a questão-foco. No entanto, suas asserções de valor não possuem a mesma qualidade do resto do trabalho, pois este aluno sempre leva em consideração algum tipo de variante na montagem do circuito, ou ainda, assume uma posição otimista em relação ao laboratório.

Por otimismo, entende-se uma postura positiva geralmente iniciada com o termo “foi possível”.

Domínio Conceitual	Domínio Metodológico
<p>Filosofia: através de experimentos práticos, temos a oportunidade de visualizar e melhor apreender uma teoria científica, tomando o processo de aprendizagem mais completo e mais natural.</p>	<p>Asserções de valor: através deste experimento, foi possível entender com maior clareza o que é, de fato, um circuito RLC ressonante, e qual o significado de um circuito estar em ressonância.</p>
<p>Teorias: Teoria eletromagnética.</p>	<p><i>Caso quiséssemos analisar um circuito RLC ressonante, porém com seus componentes ligados em <u>paralelo</u>, não teríamos mais a mesma corrente passando por todos. As relações utilizadas seriam, neste caso, as mesmas usadas para o circuito em <u>série</u>?</i></p>
<p>Princípios e Leis: sabe-se que as reatâncias e resistência são descritas por</p> $X_C = \frac{V_{eC}}{I_e}, \quad X_L = \frac{V_{eL}}{I_e} \quad \text{e} \quad R = \frac{V_{eR}}{I_e}$	<p>Asserções de conhecimento: utilizando a relação para frequência de ressonância, indicada em <i>princípios e leis</i>, analisando o gráfico 1 em anexo e observando onde se encontra o valor da amplitude máxima na tabela 1, vemos que os valores encontrados em cada caso se correspondem:</p>
<p>É conhecido também que</p> $Z = \frac{V_e}{I_e}, \quad \text{onde } V_e \text{ e } I_e \text{ são a tensão eficaz e}$	<p>f_N relação: 111,7 Hz; f_N gráfico: 110 Hz; f_N tabela: 100 Hz.</p>
<p>a corrente eficaz, respectivamente, e vêm de</p> $V_e = \frac{V}{\sqrt{2}} \quad \text{e} \quad I_e = \frac{I}{\sqrt{2}}.$ Além disso, temos	<p>Como pode-se observar, os valores obtidos através da equação são similares aos obtidos pelas medidas e pelo gráfico, com pequenas diferenças devido a diferentes erros experimentais. A média da f_N seria, para este circuito, $f_{NMédia} = 107,2 \text{ Hz}$.</p>
$f_N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad \text{e} \quad \tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R},$	<p>Transformações: tabela 1; valores obtidos para R, C, L, f_N, V_{eR}, V_{eL}, V_{eC}, I_e; gráfico 1 (Z x f); cálculo das reatâncias indutiva e capacitiva; cálculo do ângulo de fase entre a corrente e a tensão. (em anexo)</p>
<p>onde f_N é a frequência de ressonância do circuito, e $\tan \phi$ é a tangente do ângulo de fase entre a corrente e a tensão na fonte. Estes conceitos são facilmente visualizados no diagrama de fasores.</p>	<p>Registros: V_{rms} da fonte: 5V; valores da resistência, indutância, capacitância e frequência de ressonância (f_N) coletados; 13 medidas registradas em tabela e gráfico para os valores de amplitude (I) e impedância (Z) sob frequência variante.</p>
Evento:	
<p>determinação da resistência, da indutância e da capacitância; cálculo da frequência de ressonância; variação da frequência de uma fonte de corrente alternada que alimenta o circuito RLC, com um sistema estruturado de acordo com a figura em anexo.</p>	

Figura 85 – Tabela do aluno 1 com os valores obtidos da realização da experiência.

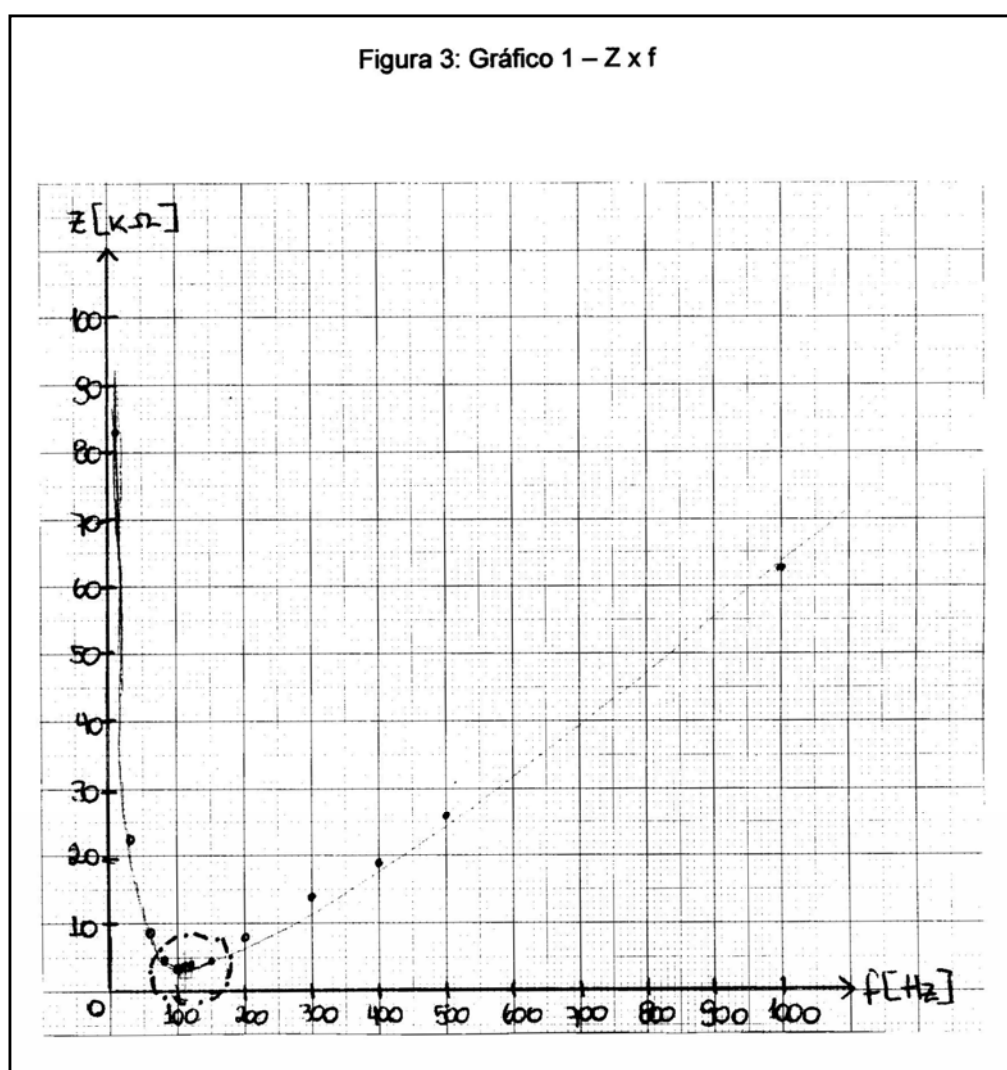


Figura 86 – Gráfico obtido pelo aluno. No destaque, o aluno indicou o ponto de ressonância do circuito RLC.

6.8.2 Aluno 2

Pelo Vê apresentado pelo aluno, notamos um caráter bem técnico do seu preenchimento. O Vê propicia este tipo de construção, o que é razoável, porém, mais uma vez podemos notar que o campo “princípios e leis” não está muito bem elaborado pelo aluno.

A questão-foco está de acordo com a experiência, assim como o evento está bem caracterizado. Contudo, este aluno ainda apresenta alguma dificuldade na elaboração final do domínio metodológico, pois os registros e transformações são adequados, e acreditamos que seja a parte que os alunos encontram maior facilidade, pois se trata dos dados de toda a aula experimental. A parte final se refere às asserções, que aparentemente não possuem diferença clara para o aluno, pois como podemos ver em seu Vê, ele divide uma parte da asserção de conhecimento e coloca na de valor, como podemos ver na Figura 87. O aluno menciona o valor teórico da frequência de ressonância, mas não menciona a fórmula utilizada, a qual se encontra em seu anexo junto com a tabela com os dados (Figura 88).

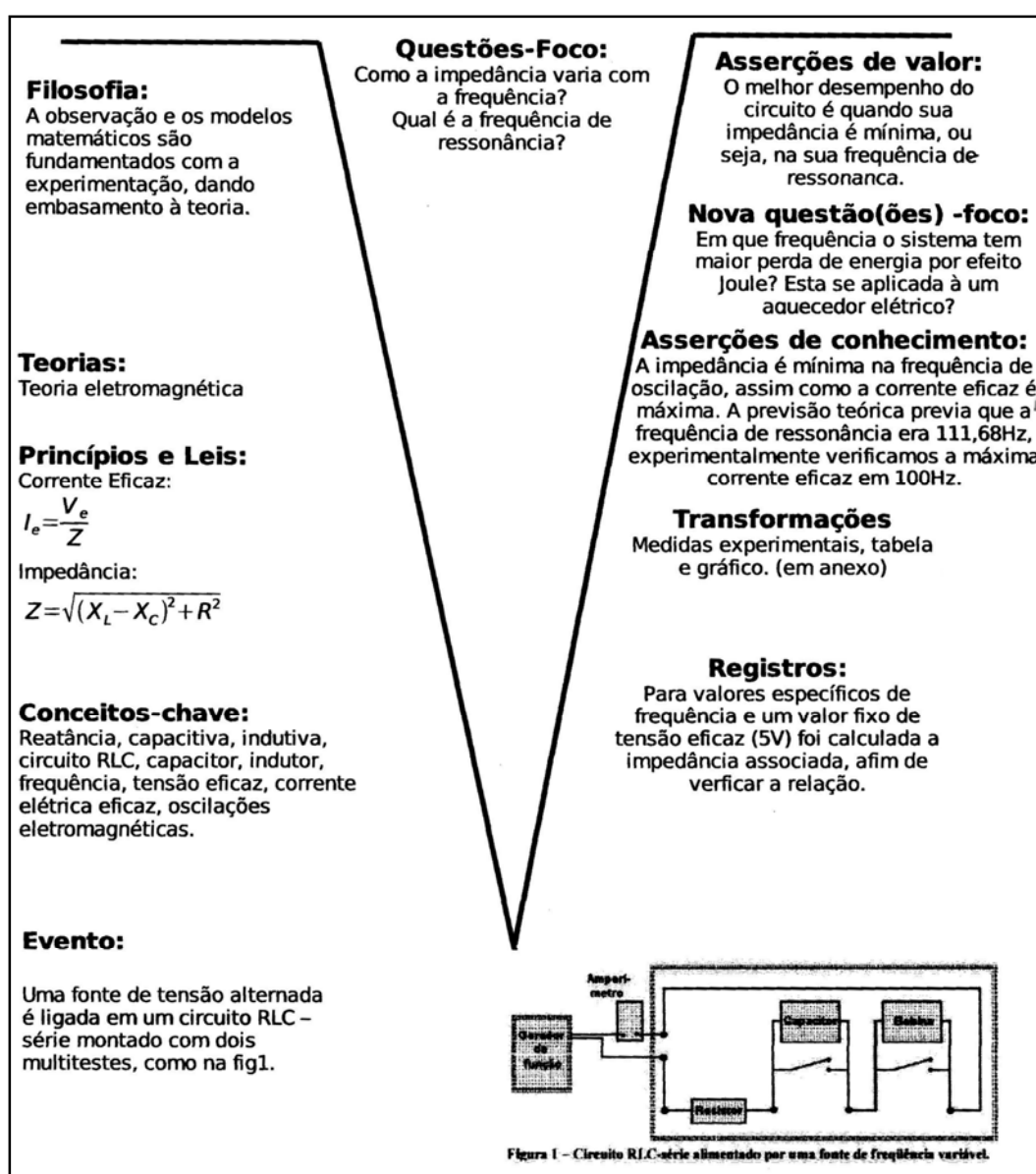


Figura 87 – Vê sobre a atividade de circuito RLC apresentado pelo aluno 2.

Medidas experimentais:
 $V_R=1,33V$ $V_C=2,07V$ $V_L=6,55V$ $I_e=0,59mA$

Cálculo da frequência natural de ressonância:

$$f_N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} = 111,68Hz$$

f (Hz)	V_e [V]	I_e [mA]	$Z = \frac{V_e}{I_e}$ [Ω]
10	5	0,06	83,3
30	5	0,22	22,72
60	5	0,57	8,77
80	5	1,01	4,95
100	5	1,44	3,47
120	5	1,73	2,89
150	5	0,88	5,68
200	5	0,59	8,47
300	5	0,36	13,88
400	5	0,26	19,23
500	5	0,19	26,31
1000	5	0,08	62,50
11168*	5	1,35	

Figura 88 – Tabela referente aos dados obtidos pelo aluno 2 relativos à atividade sobre circuito RLC.

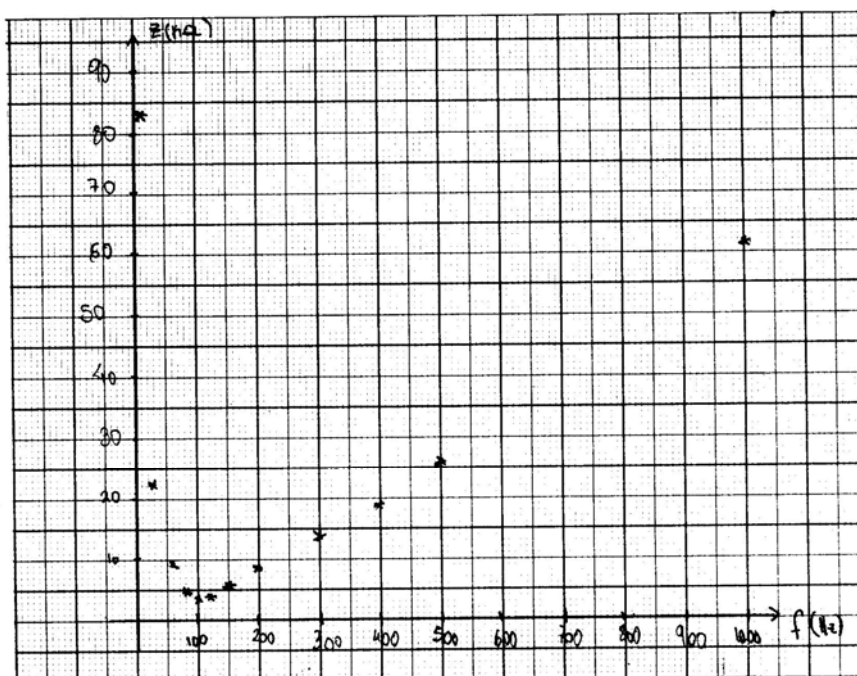


Figura 89 – Gráfico apresentado pelo aluno 2 referente à atividade sobre circuito RLC.

6.8.3 Aluno 3

No Vê apresentado por este aluno vemos que a questão-foco não é bem aquela que caracteriza o porquê da experiência. Medir as impedâncias para as diferentes frequências é o que se faz para atingir o objetivo, que é verificar a ocorrência de uma frequência de ressonância (Figura 90).

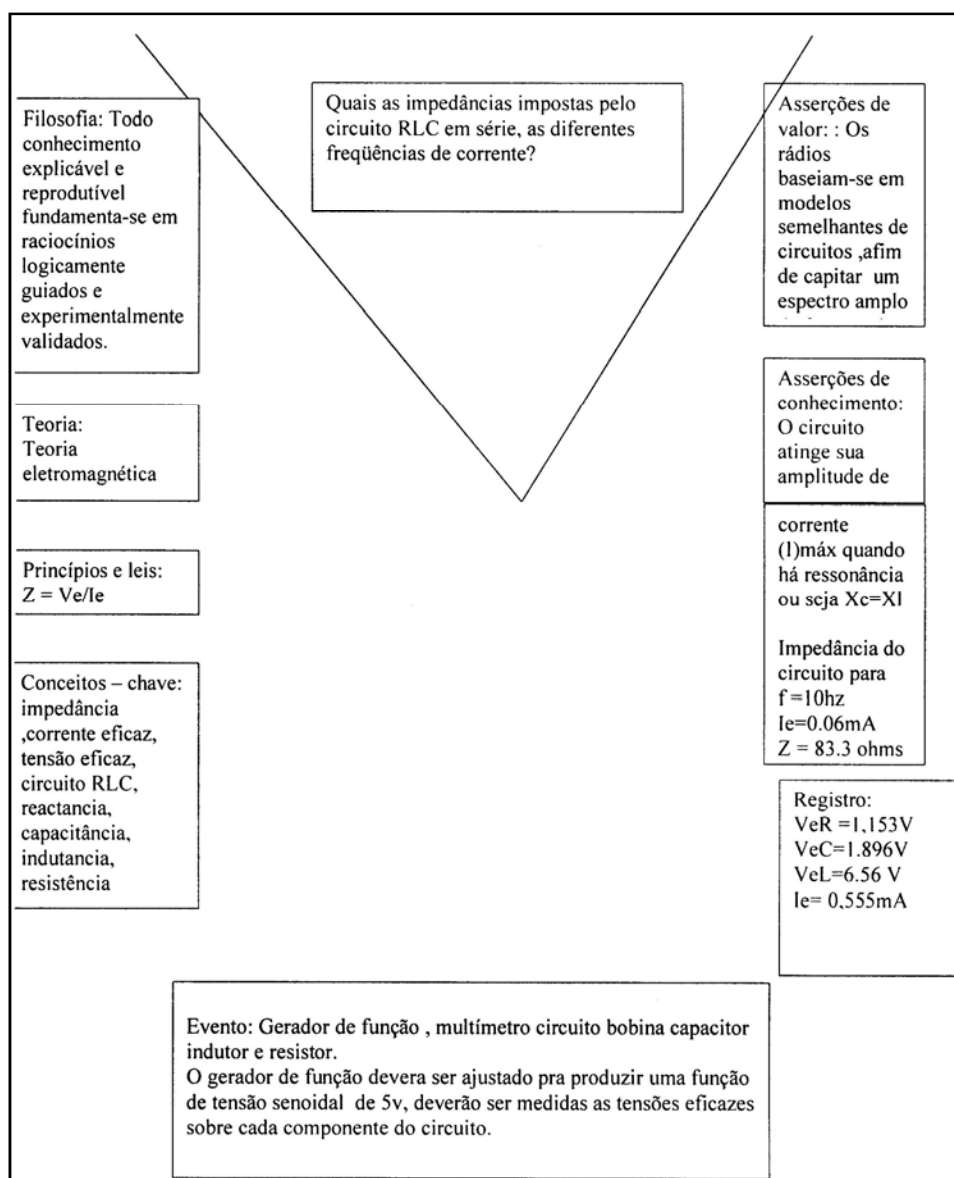


Figura 90 – Vê apresentado pelo aluno 3 referente à atividade de circuito RLC.

Como consequência, o evento descrito não está correto. Apesar de que era solicitada a medida das tensões sobre cada dispositivo conectado ao circuito, não se caracterizava como o evento necessário para verificar a ressonância. Isto já nos revela que o

aluno não possui um entendimento completo da experiência, no entanto, ao analisarmos seus registros e suas transformações, verificamos que ele executou a atividade de acordo com o solicitado, ficando a dúvida de que o aluno não entendeu a experiência ou a construção do próprio Vê.

O domínio conceitual é muito parecido com o do aluno 2, no que se refere ao fraco preenchimento dos princípios e leis, a ainda ao campo teoria e conceitos.

Pela tabela e gráficos apresentados (Figura 91), fica ainda mais caracterizado a confusão do aluno, aumentando ainda mais nossas dúvidas relativas à compreensão do aluno referente à experiência e ao próprio Vê. Embora pudéssemos verificar experimentalmente o que foi alegado em asserções de conhecimento, isso não se constitui em um objetivo a ser alcançado para responder a questão-foco formulada por ele próprio, e também não se caracteriza como o objetivo real da experiência.

É uma pena que em asserções de valor a formatação tenha impedido a visualização do resto da frase, uma vez que o aluno parecia estar no caminho correto.

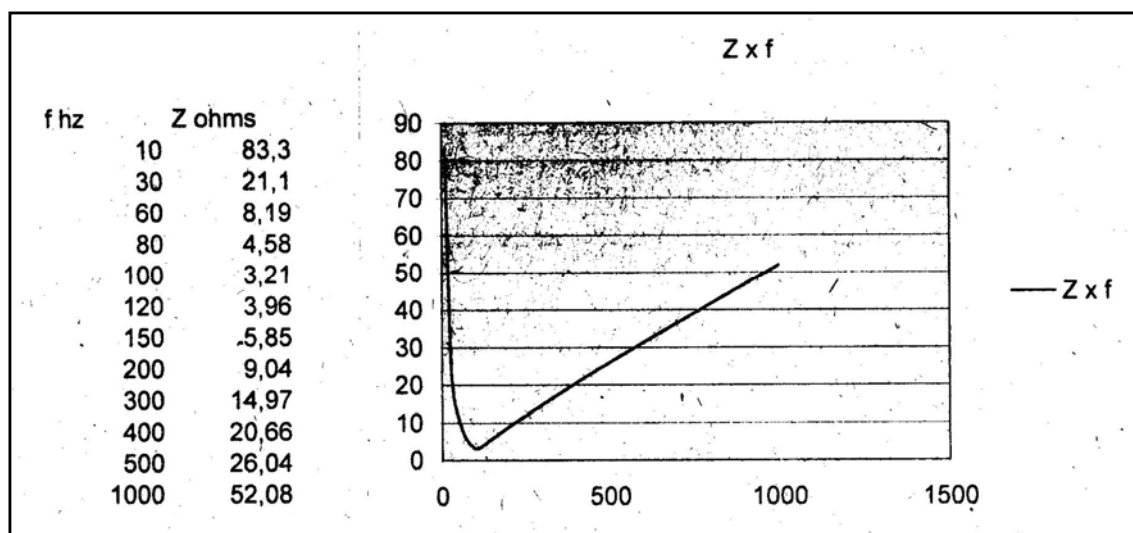


Figura 91 – Gráfico apresentado pelo aluno 3 referente à atividade sobre circuito RLC.

6.8.4 Aluno 4

Para nossa futura análise dos resultados é conveniente apresentar o “relatório” apresentado por este aluno (Figura 92). O qual dispensa muitos comentários neste momento, apenas o fato que ele reforça nossa percepção do laboratório ser interpretado como um

exercício de fixação. Podemos aqui formular a seguinte pergunta que pretendemos responder na análise dos resultados: Qual a diferença entre um Vê epistemológico, que apresenta apenas os registros e transformações, para um Vê que não os apresenta?

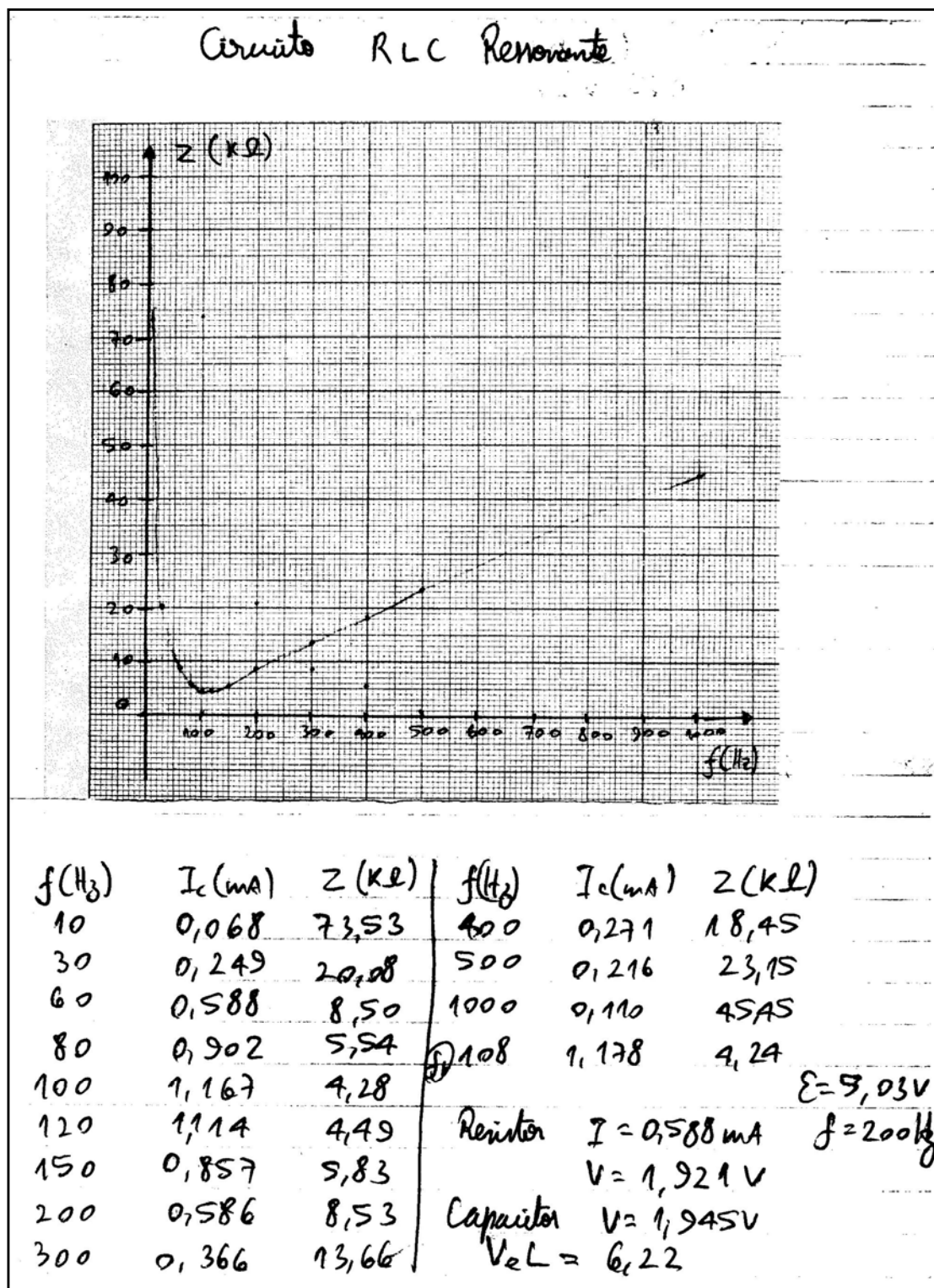


Figura 92 – Relatório apresentado pelo aluno 4 referente à atividade sobre circuito RLC.

Este capítulo teve como objetivo comentar de forma pormenorizada os relatórios que os quatro alunos selecionados entregaram. Podemos considerar esta primeira análise como uma micro visão dos relatórios, uma vez que eles foram analisados individualmente. No próximo capítulo vamos partir para uma análise geral dos resultados obtidos, resultando naquilo que podemos chamar de macro visão dos trabalhos, procurando as relações entre os alunos, e entre os alunos e a própria experimentação, tanto do ponto de vista da aprendizagem como também da epistemologia e, por fim, avaliar a estratégia adotada.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Agora que temos uma base de resultados, podemos construir nossa análise referente ao conjunto das atividades realizadas. Para essa análise, retomamos alguns dados já apresentados agora sob uma perspectiva da aprendizagem dos alunos e da eficiência da abordagem. Ainda para uma análise mais adequada, o nosso pensamento será guiado a partir do uso de outros relatórios ainda não mencionados anteriormente. Isto se faz necessário, uma vez que foram descritos os trabalhos de apenas quatro alunos, e sendo eles considerados representativos, podemos mostrar como são comuns certos comportamentos que os alunos apresentam.

7.1 Sobre a Recepção ao Vê e os Roteiros

As duas turmas pesquisadas apresentaram o mesmo comportamento frente à mudança na forma de avaliação: ambas aceitaram bem os novos instrumentos avaliativos e, quanto ao conteúdo, também se posicionaram positivamente.

Devido ao reduzido público-alvo desta pesquisa, não foi possível realizar um tratamento estatístico. Além disso, outro motivo foi o uso de distintas formas avaliativas, sendo, em nenhum momento, nosso propósito o de melhorar os escores dos alunos nas avaliações pela introdução do Vê de Gowin, percebendo-se inclusive a tendência de que os alunos com escores mais altos mantivessem essa característica ao longo de todo o semestre, e vice-versa. Optamos, então, por uma avaliação qualitativa dos registros. Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os escores (notas) dos alunos no primeiro e segundo semestres.

A utilização do relatório tradicional no início do estudo buscava indícios sobre a postura dos alunos sobre o laboratório. Nossa concepção prévia, que foi corroborada nessa etapa, era de que eles tentariam confirmar a teoria e que procederiam de forma mecânica no decorrer da atividade, sem refletir muito. Através do questionário, colocaram-se novos itens,

não muito usuais em relatórios, como as questões 7 e 8 do Quadro 2 (p.47), antecipando o que viria a seguir.

Tabela 1 – Notas dos alunos do primeiro semestre.

Laboratório	TIPO ⁷	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5	Aluno 6	Aluno 7	Aluno 8
Campo eletrostático	R	-	8,6	8,3	6,3	6,6	10,0	7,1	8,5
Lei de Ohm (Resistores lineares, não-lineares)	R	8,4	8,6	7,0	9,0	10,0	10,0	10,0	-
Circuito RC em série	Q	-	7,5	9,0	8,6	9,0	8,1	7,4	8,7
Determinação do campo magnético terrestre	Q	10,0	9,5	9,0	-	9,0	10,0	-	-
RC como diferenciador e integrador	Q	-	8,9	7,5	8,5	9,0	8,5	7,0	9,5
Fluxo magnético	V	7,0	10,0	-	8,0	10,0	9,5	9,5	10,0
Indutância e circuito RL	V	8,5	10,0	8,5	7,0	9,0	10,0	7,5	10,0
Reatância capacitiva e indutiva	V	-	10,0	7,5	7,5	8,5	10,0	9,5	10,0
Histerese	V	-	9,5	6,0	7,0	9,0	10,0	9,5	6,3

Tabela 2 – Notas dos alunos do segundo semestre.

Laboratório	TIPO ³	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5	Aluno 6	Aluno 7	Aluno 8	Aluno 9	Aluno 10
Campo eletrostático	R	-	-	6,0	6,0	-	7,5	10,0	10,0	10,0	7,5
Lei de Ohm (linear, não-linear)	R	8,5	6,0	7,0	6,0	8,5	9,0	10,0	8,5	9,0	9,0
Circuito RC em série	Q	9,5	4,5	-	10,0	10,0	6,5	8,8	9,8	10,0	10,0
Determinação do campo magnético terrestre	Q	9,0	2,0	5,0	8,5	9,8	7,2	10,0	8,8	10,0	8,5
RC como diferenciador e integrador	Q	-	7,0	6,0	10,0	-	9,5	9,0	9,5	10,0	9,2
Fluxo magnético	V	6,5	8,0	6,0	-	10,0	8,5	10,0	9,5	9,8	9,5
Circuito RLC ressonante	V	8,5	4,0	-	8,5	10,0	8,5	10,0	10,0	10,0	8,0
Reatância capacitiva e indutiva	V	-	4,0	8,0	7,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	7,0

⁷ A coluna tipo refere-se à abordagem: R= relatório; Q=questionário e V=diagrama Vê.

Finalmente, com o diagrama Vê, foram acrescentados itens que levassem à reflexão sobre as relações envolvidas na atividade experimental como um todo, como a filosofia ou a visão de mundo. Ainda nele foram separados os dados de suas transformações, o que também usualmente não ocorre. Assim, o impacto esperado pelo diagrama Vê era qualitativo e não quantitativo. Mesmo assim, foi observado que a média dos alunos ao utilizarem o Vê foi levemente superior à com o relatório, sugerindo uma melhor compreensão do experimento como um todo e das relações teórico-práticas do conteúdo abordado.

Também foi realizada uma análise qualitativa sobre a evolução dos estudantes para complementar estes dados. Para os primeiros experimentos, em que o uso de relatório tradicional foi mantido, procurou-se observar o comportamento dos alunos em aulas experimentais habituais.

As observações feitas indicam que houve uma melhoria progressiva tanto no que concerne à compreensão quanto ao uso do Vê na análise da estrutura de cada experimento: os alunos foram melhorando sua habilidade com o instrumento e, como consequência, também sua criticidade sobre o próprio objeto de estudo. Nesse sentido, a aprendizagem significativa – que estamos tentando buscar – recairia sobre a ligação entre teoria e experimentação, mais do que em questões como a destreza dos alunos ao realizar o experimento.

As dificuldades encontradas na construção do diagrama Vê pelos alunos foram detectadas essencialmente no domínio conceitual, devido a problemas de expressão sobre relações entre conceitos, funções, estrutura e organização conceitual, além de confusões entre princípios, leis e conceitos. Ainda foram observadas falhas de fundamentação teórica, mas que logo foram superadas. Já no domínio metodológico os alunos apresentaram mais facilidade e aptidão, com algumas insuficiências com relação ao erro experimental, podendo-se atribuir a isto sua experiência anterior em disciplinas semelhantes.

Dessa análise fica nossa sensação de que os roteiros deveriam ser modificados de modo a introduzir aspectos mais amplos onde as atividades práticas

estão inseridas, e que deveria ser acrescido no Vê de Gowin aplicado ao laboratório um item que dissesse respeito unicamente ao erro associado às medidas.

Esses problemas encontrados, principalmente os de natureza conceitual, devem, certamente, ser objeto de atenção por parte do professor ao usar uma abordagem semelhante a esta. A rigor, isto é válido para toda e qualquer abordagem dada ao ensino experimental, já que

... a aprendizagem decorrente de qualquer abordagem a esse ensino, ou a qualquer outro, somente será significativa na medida em que o aprendiz tiver em sua mente uma estrutura conceitual com um mínimo de clareza, estabilidade e diferenciação que sirva de ancoradouro, interativamente, para essa aprendizagem (Moreira & Levandowski, 1983, p.109).

Todas as experiências anteriores, principalmente as vividas em situação de laboratório, são fatores que exercem maior influência na aprendizagem subsequente, segundo Ausubel (2000).

Esses obstáculos não poderiam ser identificados em um relatório tradicional, pois sua própria estrutura não cede espaço para certos questionamentos, muito relevantes para fundamentar a futura prática profissional do estudante. O relatório tradicional reforça a tendência do aluno em escrever muito e refletir pouco sobre o experimento. O Vê está justamente na direção oposta, fazendo com que o aluno reflita mais e escreva menos ou, pelo menos, com mais propriedade e síntese.

Sabemos pela teoria de Ausubel (1980) que o alcance de uma aprendizagem significativa, em situação formal de ensino, é facilitado se a exposição das atividades de sala de aula começar com aspectos mais gerais da matéria, com o intuito de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Esse processo de diferenciação não ocorre por falta de tempo nos laboratórios, assim como por falta de um espaço apropriado nos roteiros das atividades. Neles os alunos já encontram o que devem fazer e pronto; sem nenhuma menção à utilização prática do conhecimento a ser gerado. Quanto a isto damos

destaque à atividade de circuitos diferenciadores e integradores, que muitos alunos responderam não entender a utilização prática deste circuito.

No entanto, ainda que os roteiros não favoreçam a diferenciação progressiva localmente, no conjunto, as atividades experimentais são muito bem organizadas. Na maioria das vezes os roteiros foram estrategicamente organizados de tal forma que as primeiras atividades sirvam de base para as posteriores. Isso é perfeitamente adequado uma vez que se sabe que para avançar em um determinado assunto deve se ter uma base de conhecimento de conceitos importantes. Por exemplo, para o entendimento do circuito RLC necessitamos primeiramente do domínio de conceitos como capacitância e indutância, assim como sua relação com a frequência da fonte. Contudo, se o aluno tiver consciência disso, será apenas no final de todas as atividades.

Podemos agora pensar nos roteiros como um *curriculum*, assim como teorizado por Gowin. Dentro da perspectiva dos 5 critérios por ele definidos, podemos dizer que os roteiros são veículos de excelência, ainda que possam ser melhorados com o intuito de favorecer a diferenciação progressiva localmente, pois pelo menos sua forma sequencial facilita a execução da atividade.

Como um registro de eventos nem seria necessário comentar o fato que atende bem a este critério. Até onde se sabe esses roteiros são utilizados há mais de 10 anos. Por essa razão sua usabilidade está mais do que comprovada. Devido aos fins a que se destina não podemos medir a sua autoridade sobre os registros, pois a natureza dos roteiros não era informativa e sim operacional. Então, se pensarmos que o roteiro pode servir como autoridade sobre os procedimentos adotados, daí sim, podemos dizer que ele cumpre satisfatoriamente este requisito.

Como um organizador conceitual podemos alegar que os roteiros desempenham regularmente, se analisarmos o fato que para realizar os procedimentos existe sim uma prévia teórica daquilo que é necessário. Porém a forma como é exposta não favorece a diferenciação progressiva, como já mencionamos, sendo assim, ainda que organize os conceitos de forma clara, ele não desempenha um papel de multiplicador de significados, da forma como Gowin (1983) nos ensina, ou seja, como os alunos raramente percorrem o mesmo caminho cognitivo até a aprendizagem, o organizador deveria respeitar essas múltiplas formas de alcançar a aprendizagem significativa. O interessante seria aliar a

aplicação prática cotidiana ao experimento, para que o aluno sempre que consultasse o roteiro fosse levado a reavaliar seu entendimento da atividade experimental de forma recursiva.

7.2 Questão Epistemológica

Em geral os alunos cumpriam a sequência de itens solicitados no roteiro e, ao escrever o relatório, utilizavam em suas conclusões termos com sentido de comprovação, apontando para a experiência como demonstração de que a teoria está correta, como mostrado nos seis primeiros trechos recortados de relatórios dos alunos (ver quadro 3).

Nos relatórios ficou evidente a aparente necessidade de comprovação da teoria, mesmo quando o que se esperava com o experimento era justamente mostrar uma exceção. Como pode ser visto nas linhas 7, 8 e 9 do quadro 3, os alunos tendiam a “forçar” o caminho da comprovação da teoria através da experiência, mesmo que os dados (e até mesmo os gráficos) apontassem o contrário.

No experimento sobre campo elétrico, o aluno da linha 7 obteve como valores para o campo elétrico $E_1=26$ N/C, $E_2=27$ N/C e $E_3=24$ N/C, mostrando que o campo não é constante. No experimento sobre a Lei de Ohm, (linhas 8 e 9) apenas o resistor comum era ôhmico, já a lâmpada e os resistores VDR, LDR e NTC não apresentavam esta característica, o que podia ser identificado através do gráfico linear para o resistor comum e não linear para os outros casos. Agindo deste modo, os estudantes negligenciavam características muito ricas sobre aspectos da teoria, que talvez fossem contempladas com um instrumento menos estruturado.

Quadro 3 – Trechos recortados de alguns relatórios entregues pelos alunos

Experimento	Trecho
1 Campo elétrico	<p>A TEORIA APRESENTADA EM SALA DE AULA, SOBRE DEFINIÇÃO DE POTENCIAIS ELÉTRICOS, SUA RELAÇÃO COM AS LINHAS DE CAMPO E COMO OBTÊ-LA ATRAVÉS DO MESMO FOI CONFIRMADA NO LABORATÓRIO.</p> <p><i>A teoria apresentada em sala de aula, sobre definição de potenciais elétricos, sua relação com as linhas de campo e como obtê-la através do mesmo foi confirmada no laboratório.</i></p>

2 Campo elétrico	<p>Através do experimento foi possível comprovar a relação entre o potencial e o campo elétrico, relação essa muito útil, um</p> <p>Através do experimento foi possível comprovar a relação entre o potencial e o campo elétrico (...)</p>
3 Campo elétrico	<p>Este experimento foi útil para testarmos engenhosamente teorias de importância crucial. Assim, dentro do possível, conseguimos obter resultados satisfatórios e coerentes com a teoria, não obstante alguns erros desagradáveis.</p> <p>Este experimento foi útil para testarmos engenhosamente teorias de importância crucial. Assim, dentro do possível, conseguimos obter resultados satisfatórios e coerentes com a teoria, não obstante alguns erros desagradáveis.</p>
4 Campo elétrico	<p>na prática não pode ser feito. Vemos também que as linhas de campo entre as duas placas são paralelas, comprovando assim a teoria.</p> <p>(...) Vemos também que as linhas de campo entre as duas placas são paralelas, comprovando assim a teoria.</p>
5 Campo elétrico	<p>Logo percebe-se que o campo é constante pois $E_1 \cong E_2 \cong E_3$, assim o campo é uniforme</p> <p>Logo se percebe que o campo é constante, pois $E_1 \cong E_2 \cong E_3$, assim o campo é uniforme.</p>
6 Lei de Ohm	<p>A LEI DE OHM FOI VERIFICADA EXPERIMENTALMENTE</p> <p>A lei de Ohm foi verificada experimentalmente.</p>
7 Lei de Ohm	<p>O resultado deste experimento foi satisfatório, podendo através dele comprovar a linearidade da razão diferença de potencial e corrente para resistores ôhmicos. O relatório foi elaborado com consulta aos autores</p> <p>O resultado deste experimento foi satisfatório, podendo-se através dele comprovar a linearidade da razão diferença de potencial e corrente para resistores ôhmicos. (...)</p>
8 Lei de Ohm	<p>Baseados na análise gráfica podemos afirmar que a lampada o resitor comum e o resitor VDR são lineares ou Ohmicos ou seja sua resistência é constante para uma dada tensão ou corrente fixa.</p>

	<p><i>Baseados na análise gráfica, podemos afirmar que a lâmpada, o resistor comum e o resistor VDR são lineares ou ôhmicos, ou seja, sua resistência é constante para uma dada tensão ou corrente fixa.</i></p>
<p>9 Lei de Ohm</p>	<p>O objetivo do experimento foi alcançado. Verificamos a validade da Lei de Ohm através de experimentos usando diversos tipos de resistores. Verificamos que na prática existem tipos de resistores constantes que obedecem à Lei de Ohm, no caso, resistores comuns e lâmpadas resistivas e que existem também resistores que variam em função de outras variáveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> VDR – varia conforme a diferença de potencial LDR – varia conforme a intensidade luminosa NTC – varia conforme a temperatura <p><i>O objetivo do experimento foi alcançado. Verificamos a validade da lei de Ohm através de experimentos usando diversos tipos de resistores. Verificamos que na prática existem tipos de resistores constantes que obedecem à Lei de Ohm, no caso, resistores comuns e lâmpadas resistivas e que existem também resistores que variam em função de outras variáveis: VDR – varia conforme a diferença de potencial; LDR – varia conforme a intensidade luminosa; NTC – varia conforme a temperatura.</i></p>

Ainda utilizando o relatório, como já foi dito anteriormente, foi observado que as fontes de erro não recebem a devida atenção. Na segunda e terceira linha do Quadro 4 são apresentados recortes do relatório de dois alunos que realizaram o experimento sobre *campo elétrico* na mesma equipe de coleta de dados. Para o aluno A, a fonte de erro é considerada importante, pois qualquer modificação na inclinação da ponteira acusava um valor diferente no multímetro, no entanto a validade do experimento não foi questionada. Já para o aluno B foi *fácil notar* a superfície equipotencial *bem definida*, ou seja, a questão da inclinação dos ponteiros não foi considerada. Deve-se notar aqui que este é, sem dúvida, o experimento mais impreciso do conteúdo programático, justamente pela dificuldade encontrada quanto à localização dos pontos que indicam a superfície equipotencial. Esta dificuldade causava indefinição de leitura no multímetro, uma vez que o mau posicionamento ou uma simples inclinação das ponteiros fornecia leituras muito diferentes. Além deste problema, ainda o aluno B, em seu gráfico, supôs uma curva baseando-se em apenas dois pontos obtidos na medição. Ora, como se poderia dizer que dois pontos indicam uma reta ou uma curva? Ou que curva seria essa? Seriam necessários mais pontos.

Quadro 4 – Trechos recortados de relatórios sobre “campo elétrico” de dois alunos da mesma equipe.

Aluno	Trecho:
A	Apesar de a diferença ser muito pequena, ela é presente pois as fontes de erro não eram inexistentes. A maior delas envolvia a inclinação do ponteiro do voltímetro. Qualquer fuga da posição vertical, por menor que fosse, causava uma grande diferença de leitura.
B	Com os experimentos realizados é muito fácil notar que as superfícies equipotenciais são bem definidas e que não é só na teoria que podemos desenhar as linhas de campo a partir das superfícies equipotenciais.
B	O 2º experimento é o exemplo perfeito de duas placas finitas eletricamente carregadas. Se analisarmos um ponto muito perto de uma das placas e longe das bordas podemos aproximar aquelas placas como se fossem placas infinitas, pois o campo é uniforme e perpendicular a placa.

Outra discussão a ser realizada nas aulas de laboratório é sobre a questão da melhor identificação dos pressupostos teóricos do experimento. Na última linha do Quadro 4 o aluno faz uma aproximação indevida: o experimento tratava de duas placas finitas, não próximas, paralelas. É conhecido e estudado o resultado teórico para o caso de duas placas infinitas paralelas e, para tentar fazer uma aproximação deste para o caso das placas finitas, elas devem estar *muito* próximas. Portanto, o experimento não deveria servir como *exemplo perfeito* de duas placas infinitas. A discussão adequada deveria apresentar essas aproximações, pois os dados não fundamentam a questão da generalização dos resultados. A suposição teórica envolvida no experimento não levava em conta uma possível generalização. Novamente o aluno “forçou” a correspondência do experimento com a teoria conhecida, não observando estas questões.

Durante a etapa de transição, ou seja, nos experimentos utilizando o questionário, alguns alunos mantiveram sua postura em relação a essa necessidade de comprovação, mas gradualmente passaram a observar que nem sempre o experimento corresponde às expectativas teóricas, embora ainda assim mantenha o seu valor. Alguns alunos, até mesmo para poder elaborar novas questões (respondendo ao item 7 do Quadro 2, p. 47), passaram a investir mais tempo no experimento, testando suas hipóteses. Neste caso, a nova questão proposta na verdade já estava sendo investigada, fazendo com que o estudante relacionasse melhor o conteúdo em sua estrutura cognitiva. No questionário foi atribuído um valor variável para cada questão, uma vez que se tentou explorar aspectos deixados de lado nos relatórios, como a questão-foco, a análise mais cuidadosa dos dados e a

utilidade de cada experimento. É simples perceber que um bom relatório experimental contempla todas as respostas deste questionário, mas, na prática, isso geralmente não ocorre.

Com o uso do Vê epistemológico, na terceira fase, ficou mais claro para os estudantes que, quando expectativas são violadas, podem-se buscar novas explicações teóricas ou mesmo investigar mais a fundo novas questões. É este tipo de comportamento que se pretendia instigar nos alunos. No item *asserção de valor* solicitou-se aos estudantes que sugerissem pelo menos uma nova questão-foco, que pudesse originar novas pesquisas, ou que identificassem aspectos que permaneceram em aberto após o experimento, dando conta das transgressões em suas expectativas. Observa-se, no entanto, que a primeira das asserções de valor é, na verdade, uma asserção de conhecimento porque responde à questão-foco. É comum que nos primeiros Vês construídos por alunos, e até mesmo professores, haja essa confusão.

A Figura 6, apresentada na página 50, corresponde ao Vê entregue pelo aluno cujo trecho do relatório foi transcrito na *última* linha do Quadro 3. Já as Figuras 93 e 94 correspondem aos Vês entregues pelos alunos das linhas 3 e 4, do Quadro 4. Essas figuras são bastante semelhantes as que foram construídas por outros alunos, por isso foram aqui apresentadas como exemplos. É perceptível a evolução dos estudantes frente à sua percepção sobre o laboratório: o caráter complementar da relação teoria-prática fica mais claro, mesmo em diagramas que não estejam totalmente completos.

Vimos que o Aluno 4 surpreendentemente apresentou um Vê (Figura 77, p. 111), que apesar de estar totalmente desorganizado, o seu trabalho está bom, e isso pode ter uma explicação lógica razoável. Apesar de não ser um aluno muito interessado pelo capricho, ele tentou responder o questionário nas outras avaliações, embora também de forma precária. Mesmo se tratando de um caso muito particular, isto nos leva a acreditar que o questionário ajuda de fato os alunos com mais dificuldades a realizar um Vê adequado, ainda que não possua todos os requisitos exigidos.

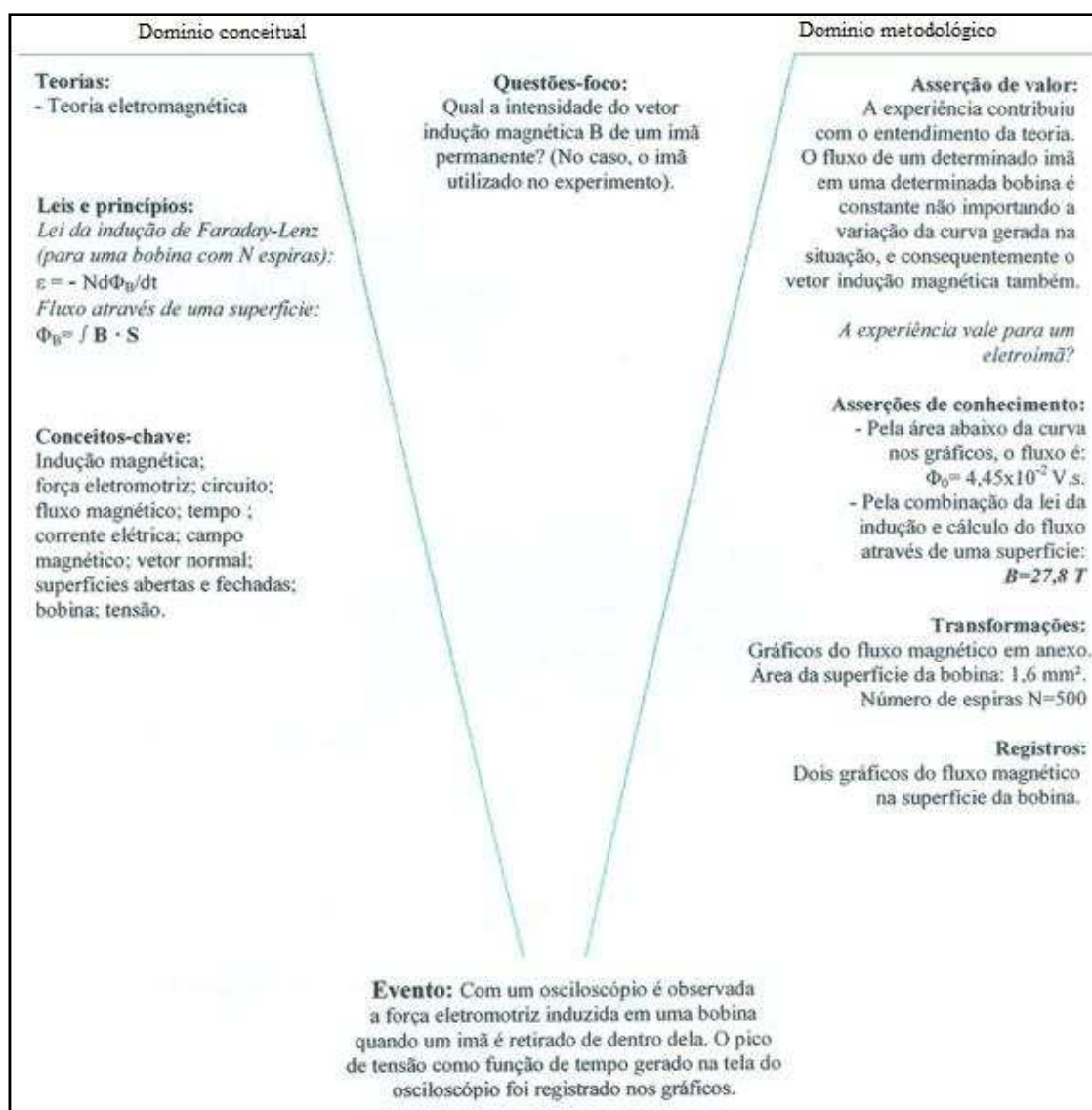


Figura 93 – Exemplo de Vê construído por um aluno, para o experimento “Fluxo magnético”.

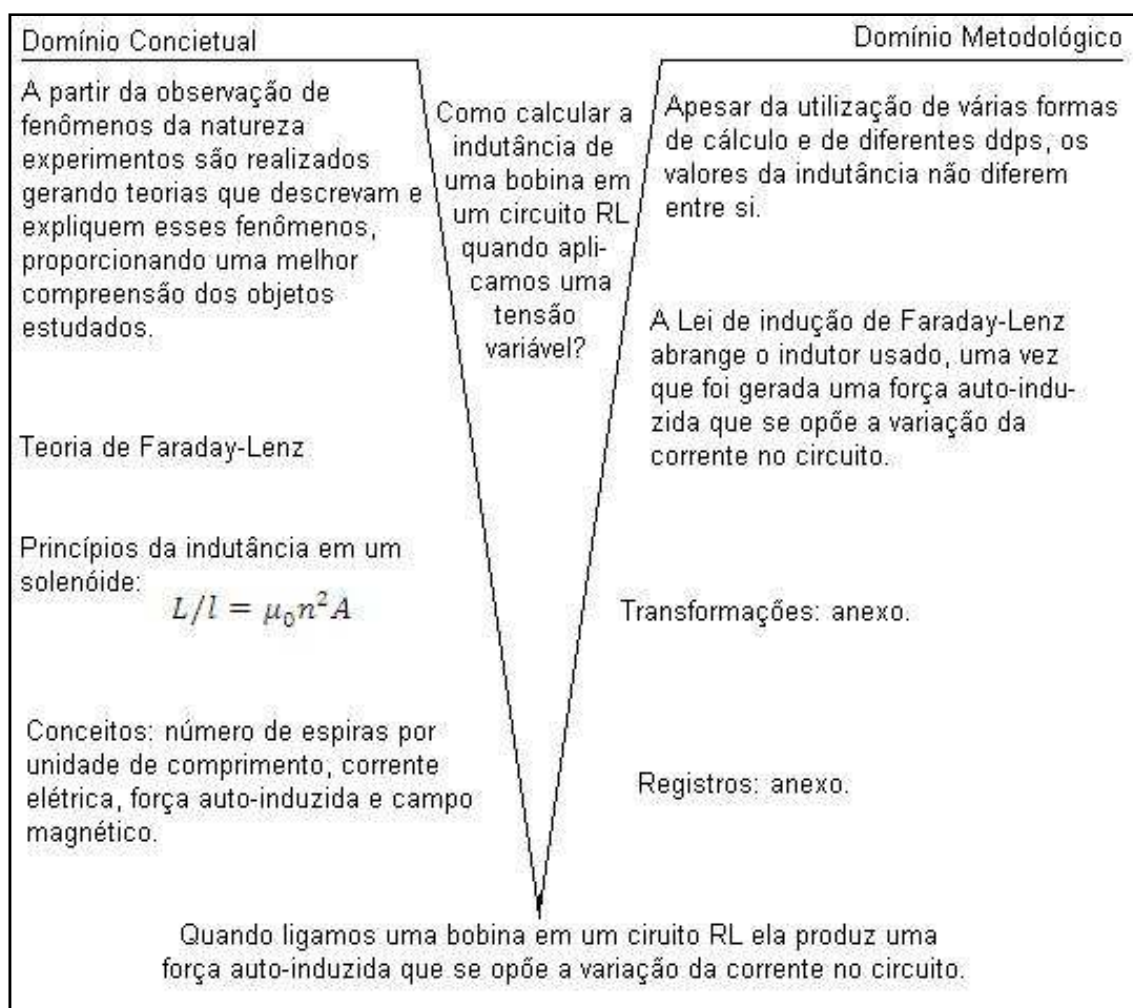


Figura 94 – Exemplo típico de Vê construído por um aluno da disciplina, para o experimento “Indutância e circuito RL”.

Nesse mesmo ponto, o Vê apresentado pelo aluno possuía uma discussão sobre o erro obtido em relação às duas medidas das áreas (Figura 77, p.111). Acrescentando nessa discussão, o Aluno 1 em diversos momentos destacou com muita brevidade os erros em outros relatórios, e o Aluno 2 também o fez em alguns momentos muito raros.

Sabemos que o erro está sempre presente em nossa prática de laboratório, ainda assim os alunos não dão o devido valor a ele em seus relatórios. Sobre isto podemos alegar que de fato o próprio Vê não tinha um espaço específico para isso, sendo mais apropriado o tópico de asserções de conhecimento. Contudo, um relatório tradicional não necessariamente possui o mesmo tópico específico, ficando a cargo de quem o constrói verificá-lo e discuti-lo em algum momento onde se analisa os resultados. Levando em consideração que se trata de um laboratório didático, em nossa experiência ficamos com a sensação que deveríamos ter

incluído um tópico específico sobre o erro no Vê de Gowin aplicado ao laboratório de ensino. **Essa alegação se fundamenta na observação do comportamento dos alunos em dar como satisfatórias certas atividades que eram extremamente imprecisas, como foi o caso da atividade sobre o campo elétrico e sobre fluxo magnético.**

Vimos também que o Aluno 1, que possui ótimo aproveitamento, tem asserções de valor superficiais. A origem desse comportamento pode ser entendida desde o primeiro relatório, em que não havia qualquer menção sobre a utilidade dos conhecimentos adquiridos pela prática. Mesmo em tópicos que solicitavam a discussão, como o caso dos resistores LDR e VDR, muitos alunos se limitavam a apresentar apenas as características dos resistores. Embora o estudo da falta de motivação não tenha sido alvo de nossa pesquisa, essa tendência de não explorar a utilização prática dos conhecimentos do laboratório pode ser o motivo da falta de motivação com que os alunos encaram as atividades práticas. Dessa maneira, ao introduzirmos um item sobre a utilização prática, estaríamos trabalhando uma nova dimensão de avaliação, a qual acreditamos que os alunos não estavam acostumados. Isso fez com que alunos com bom aproveitamento, como o Aluno 1, sejam muitas vezes superficiais, ao passo que alunos, como o Aluno 3, apresentem uma boa asserção de valor.

Pensando agora como poderiam ter sido os semestres anteriores, podemos alegar que os alunos conhecem muito bem o significado de registros, tabelas e gráficos. Esse sentimento nos é reforçado ao olharmos para o domínio metodológico dos Vês apresentados pelos alunos. Nem tanto por parte do Aluno 1, mas em razão dos outros alunos que apresentaram os Vês e obtiveram um aproveitamento razoável, e também ao Aluno 4 que praticamente só entregou dados numéricos. Uma vez que, se aceitarmos que no laboratório o aluno de fato tem o objetivo de coletar dados, que são solicitados para se construir tabelas, e que também se pede para se construir gráficos, parece natural o entendimento de que os dados obtidos na sua forma bruta são os registros no Vê, e que a sua inserção em uma tabela, juntamente com outras variáveis calculadas a partir daqueles, caracterizariam uma transformação metodológica nos dados.

Dessa forma, podemos agora alegar que na construção do Vê de Gowin os alunos possuem a tendência de preencher corretamente os registros e transformações, e que isso se deve, em boa parte, ao costume de que na maioria das aulas de laboratórios são solicitados dados, tabelas ou gráficos. Em geral, os alunos creditam bastante valor aos dados

numéricos, sendo que alguns ainda consideravam os dados numéricos como a própria conclusão de seus relatórios.

Tendo em vista tudo o que foi afirmado até este ponto, parece plausível tentar ver os comportamentos apresentados pelos alunos como regras no sentido khuniano. Vimos que os alunos possuem diferentes formas de apresentação dos relatórios, alguns muito caprichados, outros deixando muito a desejar. No entanto, se fosse possível fazer uma espécie de “mínimo múltiplo comum” nos relatórios, veríamos que em todos eles são apresentados os dados, ainda que de forma precária em alguns, eles estão lá.

O que fica evidente é que para os alunos o importante nas aulas de laboratório são os dados coletados transformados em tabelas ou gráficos. Logo no início de nossas atividades, os alunos foram instruídos para fazer seus relatórios exatamente da forma que em semestres anteriores e, por isso, somos levados a acreditar que existe de fato uma cultura entre eles que atribui muito valor aos dados numéricos. Com relação a isto não há problemas. O problema estaria em uma atribuição de valor exagerada.

Se olharmos somente para o relatório do Aluno 1 jamais seria possível fazer tal alegação, uma vez que os alunos que seguem o padrão do Aluno 2, também seguem um padrão de escrita parecido com o do Aluno 1, ficando assim difícil avaliar esse comportamento. O que nos faz pensar nisso são os relatórios dos Alunos 3 e 4. Podemos pensar que, para os alunos que não desenvolvem os temas apresentados nos laboratórios, o que deve ser colocado no relatório é aquilo que tem de fato mais importância para a atividade, portanto, mesmo não caracterizando o evento, mesmo não discutindo os aspectos teóricos que dão base a qualquer tipo de alegação sobre os resultados de laboratório, ainda sim os resultados se apresentariam por si.

A falta de discussão sobre o erro nas primeiras atividades, principalmente por parte do Aluno 1, nos reforça tal sentimento. A primeira atividade possuía um erro experimental considerável. Ainda sim, é surpreendente a segurança dos alunos em afirmar que a atividade era satisfatória, somando a isso os belos gráficos por eles obtidos que comprovariam a teoria.

Vimos que a experiência sobre a lei de Ohm também nos traz esse mesmo fato, de forma muito evidente, que foi a aparente necessidade de comprovação da teoria. Mesmo

que o intuito fosse mostrar o contrário, o erro atribuído a si mesmo parece ganhar força à medida que se pense que a teoria científica consegue modelar totalmente o evento estudado, sugerindo resultados parecidos com Marineli e Pacca (2006).

Então, vemos aqui uma regra do tipo I, conforme a definimos anteriormente (p. 41). No entanto, ela possui diferentes apropriações pelos alunos. Lembramos que tipo I dizia respeito à atitude de relacionar a teoria com a prática experimental, com o intuito de dar significado aos resultados. Alguns alunos o fazem com mais coerência que outros, de tal forma que podemos montar uma espécie “escala” na qual posicionamos os alunos estudados, conforme a Figura 95.

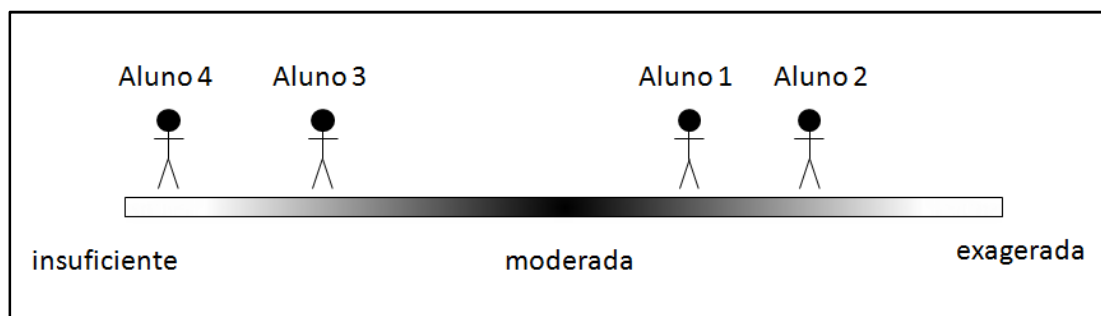


Figura 95 – Escala referente à atitude de relacionar teoria e experimentação.

Consideramos atitude de relacionar teoria e experimentação como “insuficiente” aquela na qual o aluno só apresenta os dados, ainda que transformados, sem nenhuma relação com a teoria.

A atitude “moderada” é aquela na qual desejaríamos que todos os alunos tivessem que é a apresentação dos resultados interpretados à luz de um referencial teórico. Ou seja, o aluno delimitaria muito bem o foco do questionamento através de perguntas relacionadas à experiência. O erro não seria apenas um acessório, ou ainda, atribuído ao próprio aluno por alguma questão de imperícia, mas sim, fonte de importantes discussões sobre a construção e aceitação do conhecimento.

A atitude “exagerada” é aquela na qual o aluno segue a regra do tipo I de forma muito geral e tendenciosa. Uma experiência sempre deve seguir aos ditames da teoria. Mesmo que o erro percentual seja elevado, o aluno tem a tendência de qualificar bem a

experiência e com isso acaba *comprovando* a teoria na prática. Dessa forma a natureza está completamente governada pelo modelo científico proposto.

Com isso vemos na Figura 95 que em nossa concepção existe um gradiente de atitudes entre esses três tipos. Os alunos estudados foram classificados de acordo essa escala, levando em consideração o aspecto geral de todas as atividades de laboratório. Agora fica claro que o Vê de Gowin pode ser usado com o intuito de aproximar os alunos do centro da classificação. Vimos que o Aluno 4 apresentou um “lampejo” de comportamento moderado ao apresentar as respostas ao questionário sobre o campo magnético terrestre (p. 101) e um Vê de Gowin no experimento sobre fluxo magnético (p.111).

Essa possível regra parece nascer então de uma cultura focada nos resultados. Ora, se os laboratórios em sua totalidade exploram o tratamento quantitativo, é mais do que natural que o aluno manifeste interesse quase que exclusivo sobre os dados numéricos, a tal ponto que eles próprios (os dados) seriam os resultados por si. Ainda podemos alegar que a falta de rigor nos experimentos de campo elétrico e fluxo magnético pode reforçar ainda mais essa tendência. Na verdade ressalta-se que, no intuito de buscar a formação do jovem cientista, devemos ter a consciência de que experimentos imprecisos, de tal forma a quase invalidar toda a atividade, podem reforçar a idéia de que os cientistas tentam corroborar suas teorias de qualquer forma, sem ater-se a um método. Ou ainda, mesmo que tenham um método, a imprecisão não seria levada em conta a fim de provar de qualquer jeito o que se quer.

Esta regra implícita só poderia encontrar guarida nos manuais, e também na forma como os alunos aprenderam a fazer relatórios, pois não existe nas disciplinas anteriores a esta, qualquer tópico sobre como se fazer relatórios. Ou seja, os alunos aprendem fazendo, à medida que os relatórios são corrigidos pelos seus professores. Com isso acreditamos que esse comportamento não tenha sido oriunda de nossas aulas e sim de semestres anteriores.

7.3 Aproveitamento dos Alunos

À medida que vimos o desenvolvimento dos alunos, pudemos perceber que um dos resultados que se destaca é a regularidade na apresentação dos trabalhos. O Aluno 1 já possuía uma ótima apresentação e organização de seus relatórios tradicionais, e este padrão permaneceu nos questionários e depois nos Vês. Mesmo esse aluno tendo apresentado dificuldades inerentes à mudança de avaliação, seu empenho em produzir um material de qualidade era sensível. Essa regularidade é compartilhada por outros alunos que também demonstraram aptidão para realizar relatórios de bom nível. Podemos destacar outro aluno por meio da Figura 96, o qual apresenta o mesmo comportamento do Aluno: desenvolvimento teórico completo. Em seguida, o mesmo padrão é mantido nas respostas aos questionários e nos Vês, como podemos ver nas Figuras 97 e 98.

Seguindo essa ideia, nos voltamos aos trabalhos apresentados pelo Aluno 2. Ao longo da apresentação de seus dados, percebemos que, apesar de não ter o mesmo zelo na construção de seus relatórios como o Aluno 1 possuía, ele apresentava bons relatórios, ressalvados alguns vícios. Podemos caracterizá-lo como um aluno de médio aproveitamento, e assim vemos que outros alunos seguem o mesmo padrão (Figuras 99, 100 e 101).

Introdução:

Quando se aplica uma diferença de potencial a um condutor, ocorre um fluxo de carga elétrica, a corrente elétrica. Essa corrente (I) pode ser definida como a taxa de passagem da carga através da área da seção reta de um condutor.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

O sentido que foi conveniado da corrente é o sentido do fluxo de carga positiva, apesar de se saber que o que realmente ocorre é um fluxo de carga negativa.

Quando não há campo elétrico no condutor, os elétrons livres movimentam-se com velocidades bastante grandes, mas como este movimento não é ordenado, a velocidade média dos elétrons é nula.

Quando há um campo elétrico externo, os elétrons livres sofrem uma aceleração devido à força eletrostática e adquirem velocidade com direção oposta ao campo. A energia que os elétrons recebem é, no entanto, dissipada pelas colisões que sofrem no interior do condutor, o que faz com que a velocidade de migração dos elétrons seja muito pequena.

Essas colisões também fazem com que haja uma queda de potencial elétrico (V). A razão entre essa queda de potencial e a corrente elétrica no condutor é a resistência (R).

$$R = \frac{V}{I}$$

Se a resistência do material não depender nem da voltagem nem da corrente, esse material pode ser considerado ôhmico, pois obedece à Lei de Ohm:

$$V = IR, \quad R \text{ constante.}$$

Já os materiais não-ôhmicos tem uma resistência que depende da corrente e a diferença de potencial não é proporcional ao seu comprimento.

Pode-se observar também que a relação entre a corrente elétrica e a diferença de potencial para um material ôhmico é linear, o que não ocorre em um material não-ôhmico.

A resistência de um fio condutor é proporcional ao comprimento do condutor e inversamente proporcional à área da seção reta:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

onde a constante de proporcionalidade ρ é a resistividade do material e depende da temperatura.

Assim, o experimento realizado tinha como objetivo determinar se os resistores testados seguem a Lei de Ohm, além de determinar o valor de uma resistência elétrica através da diferença de potencial e da corrente elétrica.

Figura 96 – Outro aluno que desenvolveu completamente a teoria.

1. Qual é a questão-chave que você está tentando resolver?

Qual é o campo magnético terrestre local?

2. Esta questão se refere a que fato?

A orientação da agulha de uma bússola, quando aplicada uma corrente elétrica, na direção do campo magnético resultante do campo gerado e do terrestre.

3. Quais são os conceitos físicos importantes envolvidos?

Os conceitos importantes são corrente elétrica e campo magnético.

4. Qual a teoria envolvida?

O módulo do campo magnético ao longo do eixo de uma espira de raio R é:

$$B(x) = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 i R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

O módulo do campo entre as duas espiras, no centro geométrico pode ser calculado por:

$$B(0) = B_1\left(\frac{R}{2}\right) + B_2\left(\frac{R}{2}\right) \quad \text{onde } \frac{R}{2} \text{ é a distância da espira ao centro.}$$

$$B(0) = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 i R^2}{(R^2 + \frac{R^2}{4})^{3/2}} + \frac{1}{2} \frac{\mu_0 i R^2}{(R^2 + \frac{R^2}{4})^{3/2}}$$

$$B(0) = \frac{\mu_0 i R^2}{(5\frac{R^2}{4})^{3/2}} = \frac{8\mu_0 i R^2}{R^3 \sqrt{5}} = \frac{8\mu_0 i}{R\sqrt{5}}$$

Como cada bobina é constituída de N espiras:

$$B(0) = \frac{8\mu_0 i N}{R\sqrt{5}}$$

Figura 97 – Respostas consideradas satisfatórias para as quatro primeiras perguntas.

Domínio Conceitual	Domínio Metodológico
<p>Visão de Mundo: Capacitores e indutores são elementos muito importantes de um circuito, mas é preciso ter cuidado ao usá-los em correntes alternadas porque eles se comportam de maneira um pouco diferente.</p>	<p>Questão-foco: Qual a relação entre a reatância capacitiva, a frequência angular e a capacitância?</p>
<p>Teoria: Capacitores e indutores oferecem uma certa resistência à passagem de corrente elétrica que varia com o tempo.</p>	<p>Qual a relação entre a reatância indutiva, a frequência angular e a indutância?</p>
<p>Princípios e Leis: A reatância capacitiva é: $X_c = \frac{V_c}{I_c}$</p>	<p>Asserções de Valor: As reatâncias, podem ser "exploradas" de modo a obter a mesma resistência sem precisar usar resistores. Como ficam as reatâncias quando se ligam capacitores ou indutores em série e em paralelo?</p>
<p>A reatância indutiva é: $X_L = \frac{V_L}{I_L}$ onde $I_c = I_L = I_R = \frac{V_R}{R}$</p>	<p>Asserções de Conhecimento: Com base nos dados coletados, pode-se ver as seguintes relações: $X_c = (\omega C)^{-1}$ e $X_L = \omega L$</p>
<p>Conceitos-chave: capacitância, resistência, indutância, reatância capacitiva, reatância indutiva, frequência angular, tensão.</p>	<p>Transformações: tabelas no verso e gráficos de $\log X_c \times \log \omega$, $\log X_L \times \log \omega$ e $\log X_c \times \log C$</p>
<p>Evento: Medir as tensões V_R e V_C, montando um circuito em série com um gerador de onda senoidal, uma resistência $R = 1,051 \text{ k}\Omega$ e um capacitor $C = 0,22 \mu\text{F}$, variando-se apenas a frequência f.</p>	<p>Registros: medidas de oito diferentes valores V_c e V_R para o circuito com o capacitor e outras oito para o com o indutor; quatro medidas de V_c e V_R para capacitâncias variáveis.</p>
<p>Medir V_c e V_R no mesmo circuito para uma frequência constante $f = 1500 \text{ Hz}$ e variando-se a capacitância. Medir V_c e V_R no mesmo circuito substituindo-se o capacitor por um indutor e variando-se novamente a frequência.</p>	

Figura 98 – Vê de Gowin apresentado por outro aluno com ótimo desempenho.

1. QUAL É A QUESTÃO CHAVE?

QUAL É O VALOR DA COMPONENTE HORIZONTAL DO CAMPO MAGNÉTICO LOCAL?

2. A QUE QUESTÃO SE REFERE O FATO?

A TERRA AGE COMO UM IMÃ "GIGANTESCO", PORTANTO POSSUI UM CAMPO MAGNÉTICO, COM SUAS LINHAS SAINDO DO PÓLO NORTE MAGNÉTICO EM DIREÇÃO AO PÓLO SUL MAGNÉTICO.

3. QUAIS SÃO OS CONCEITOS FÍSICOS ENVOLVIDOS?

CAMPO MAGNÉTICO \vec{B} , CORRENTE i , CONSTANTE DE PERMEABILIDADE μ_0

4. QUAL A TEORIA ENVOLVIDA?

O MÓDULO DO CAMPO MAGNÉTICO \vec{B}_b , EM UMA ESPIRA DE RAIO R COM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DE SEU EIXO x É DADO POR:

$$B_b(x) = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 i R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

ONDE i É A CORRENTE, μ_0 A CONSTANTE DE PERMEABILIDADE E R O RAIO DA ESPIRA.

PARA A SITUAÇÃO DA EXPERIÊNCIA, DUAS BOBINAS COM N ESPIRAS SEPARADAS POR UMA DISTÂNCIA R , O CAMPO NO CENTRO GEOMÉTRICO É:

$$B_b\left(\frac{R}{2}\right) = 2 \frac{N \mu_0 i R^2}{2 \left(R^2 + \frac{R^2}{4}\right)^{3/2}} = \frac{N \mu_0 i R^2 \sqrt{64}}{5\sqrt{5} R^3} = \frac{8N i \mu_0}{5\sqrt{5} R} \quad (1)$$

O CAMPO \vec{B}_b DEVE SER UNIFORME ~~EM~~ EM $-R < x < R$, ESTA É UMA DAS VANTAGENS DA BOBINA DE HELMHOLTZ.

Figura 99 – Questionário do campo magnético terrestre para um aluno de médio aproveitamento.

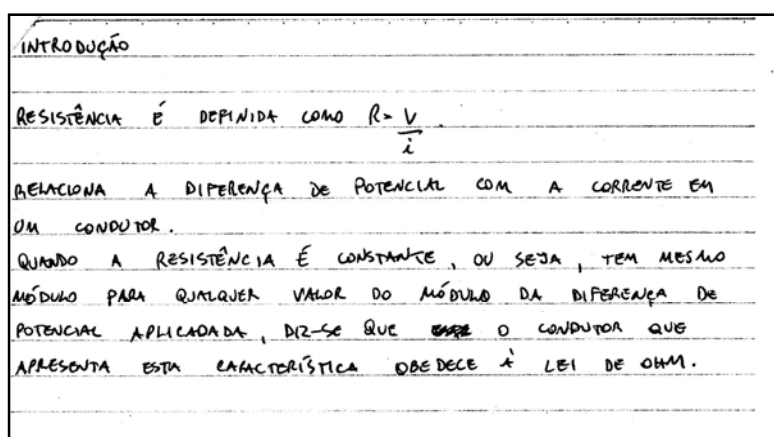


Figura 100 – Aluno com médio aproveitamento. Teoria desenvolvida em um tópico de introdução.

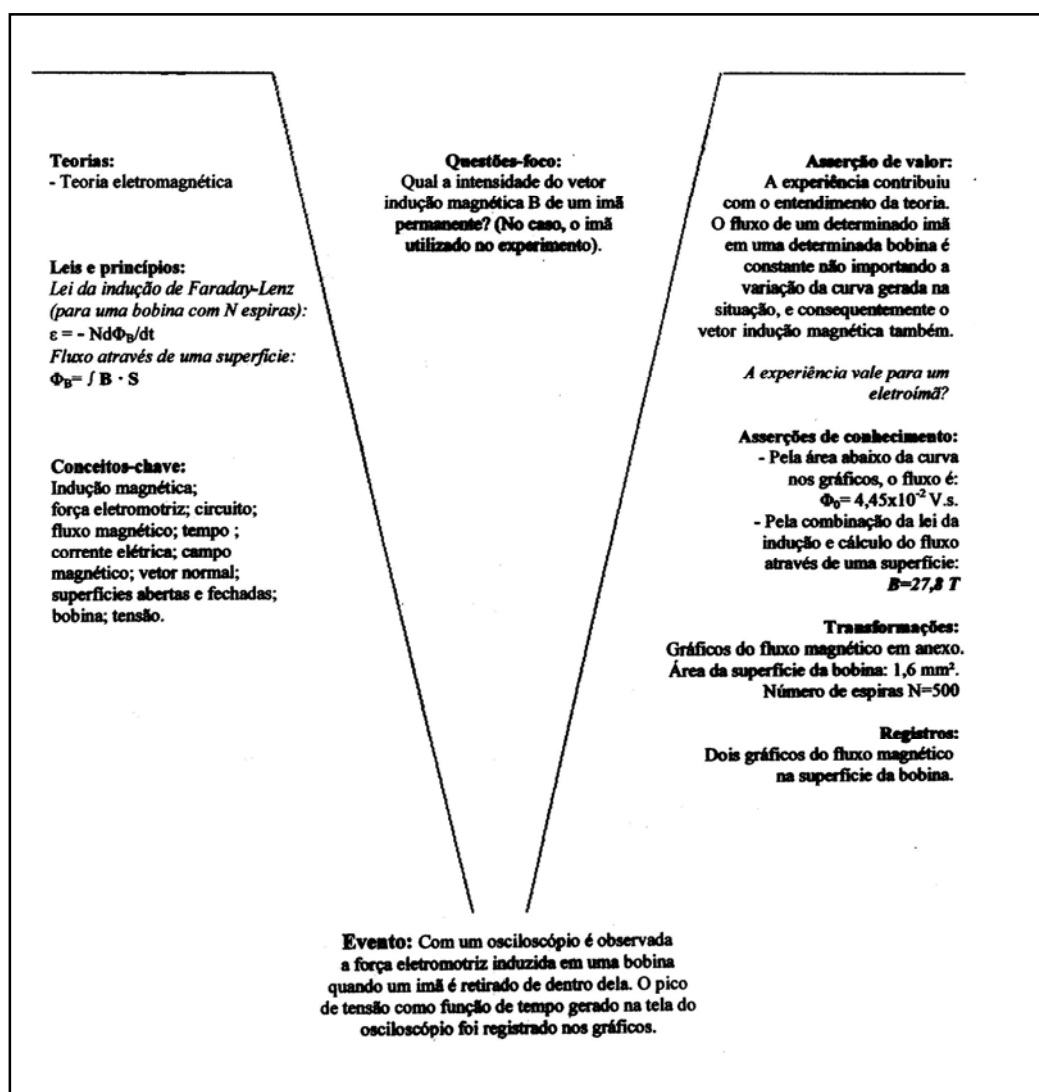


Figura 101 – Vê de Gowin apresentado por outro aluno com médio aproveitamento.

Nesta oportunidade não será necessário articular novos dados para caracterizar o Aluno 3 como um aluno de baixo aproveitamento, uma vez que apresentamos ao longo do texto outros trabalhos apresentados pelo Aluno 4, que acreditamos estarem no mesmo nível.

Dessa forma, já podemos afirmar que os alunos de alto aproveitamento assim permaneceram durante todo o semestre; e que os alunos de médio e baixo aproveitamento também mantiveram os seus níveis. Com essa visão, podemos alegar que a introdução do Vê de Gowin como um instrumento de avaliação dos relatórios de laboratório não apresentou interferências em relação à atitude do aluno em sua forma de apresentação, ainda que não tenha contribuído para os alunos de médio e baixo aproveitamento a melhorarem a suas notas. Em verdade, o Vê de Gowin articula de forma mais positiva as informações que já se encontrariam em um relatório tradicional, acrescentando agora um pensar concretamente à luz das teorias e das filosofias que fundamentam todo o nosso fazer.

Assim, também podemos alegar que o Vê de Gowin trabalhou outros aspectos que antes não eram articulados, ou eram com pouco valor. Com isso, introduzir uma nova dimensão avaliativa que se faz sobre a apresentação da filosofia e de teorias, que fazem parte do domínio conceitual, não prejudica o desenvolvimento dos alunos, mas também os alunos não apresentaram melhora no seu aproveitamento.

Ainda com base nesse pensamento, podemos inferir que já nas perguntas de Gowin é possível prever alguma coisa em relação aos futuros Vês desses alunos, uma vez que o aproveitamento parece inerente ao aluno. Isso possibilitaria ao professor atuar de uma forma melhor em relação ao acompanhamento ao longo de semestre. Ou seja, identificando já o tipo de aproveitamento, o professor poderia intervir com o intuito de melhorar o desempenho do aluno nos Vês.

7.4 Relatórios Incompletos

Em relação ao passo que se deu ao introduzir as perguntas de Gowin modificadas, podemos articular outra discussão. É complicado querer avaliar um relatório tradicional à luz do mesmo tipo de avaliação que foi realizada nos questionários. Contudo,

uma vez que um relatório praticamente contempla todas as questões solicitadas, podemos avaliar o relatório do Aluno 2 sobre o circuito RC para chamarmos a atenção de como é fácil detectar as falhas que os alunos cometem ao construir os seus relatórios.

Naquela oportunidade, o Aluno 2 deveria, em primeiro lugar, deixar claro qual o seu objetivo logo no início de seu relatório ao invés de inseri-lo após a exposição teórica, que neste caso, para piorar a situação, era uma cópia do roteiro. Passado isso, o aluno não informa os dados em uma tabela (transformações sob a perspectiva de um Vê), mas apresenta um gráfico, e ainda assim sem informar a constante de tempo. Se alguém se propõe a um objetivo, é natural que exponha seu sucesso ou fracasso, mas o Aluno 2 não o fez. Mesmo traçando seu objetivo, até de forma bastante clara, sua conclusão não contempla o seu sucesso ou a possível falha. Isto indicou um total desligamento entre objetivo e o resultado, ou seja, entre aquilo que se quer fazer e aquilo que se alcançou. Essa falha seria totalmente suprimida respondendo-se o questionário de Gowin. Também é interessante notar que o Aluno 2 alega ser útil a experiência para se determinar resistências internas de certos equipamentos, mas sem mencionar se ele mesmo conseguiu ou não. O Aluno 4 também não entregou seu relatório na forma do questionário, preferindo entregar apenas os seus dados em uma tabela, as respostas das três primeiras perguntas e um gráfico. Essa péssima apresentação torna virtualmente impossível avaliá-lo positivamente, uma vez que não se tem o procedimento, a indicação dos resultados e a sua conclusão.

Durante a avaliação dos Vês, esse padrão continuou, e nos fez pensar em: qual a diferença entre um Vê que só apresenta os registros e transformações para um que não o apresenta? Se pensarmos dentro de nosso âmbito de aplicação, ou seja, o Vê como um instrumento de análise das atividades de laboratório didático, a resposta é que não existe diferença alguma e são incompletos da mesma forma. Temos que pensar o Vê como um todo, um domínio completa o outro, por essa razão não se pode considerar positivo um relatório que só apresente dados, ainda que transformados em um gráfico, pois é a mesma coisa que nada se não for informada sua utilidade ou a sua interpretação à luz de uma teoria.

8. CONCLUSÃO

A aprendizagem significativa depende fundamentalmente do conhecimento prévio do aprendiz, mas depende igualmente de sua predisposição para aprender e esta depende de que as situações façam sentido para quem aprende. No caso, acreditamos que as situações de laboratório, em disciplinas de Física Geral, passam a fazer muito mais sentido para os estudantes quando conduzidas na perspectiva do Vê epistemológico e, portanto, com maior potencial para facilitar a aprendizagem significativa. Os roteiros de laboratório tradicionais, tipo “receita”, normalmente promovem a aprendizagem mecânica. Sabe-se que o Vê por si só não traz resultados efetivos, porém pode fornecer indícios que levem à possibilidade de promover modificações nos roteiros e/ou na metodologia utilizada nas aulas de laboratório, o que, pelo menos por enquanto, não foi possível.

Com relação à possibilidade, de modificar os roteiros de laboratório, fica então a sugestão concreta de alterar suas partes introdutórias, com o intuito de estabelecer uma conexão entre o mundo real e a atividade prática a ser desenvolvida. Por exemplo, no laboratório sobre circuito RC (e também sobre circuito RC como diferenciador e integrador), seria bom uma introdução sobre o uso de circuito diferenciadores e integradores em filtros e amplificadores de sinais analógicos.

Outra sugestão, agora sobre o primeiro laboratório. Como foi mencionado anteriormente, da maneira que foi projetada, a experiência é muito imprecisa. Sendo assim, é muito melhor que os alunos, ao invés de ficarem “apontando” dentro da cuba d’água tentando achar um valor específico de potencial, tivessem um suporte que unisse as duas ponteiros, medindo agora a direção onde ocorreria a maior diferença de potencial, que é a própria definição de campo elétrico. Essa sugestão se baseia na constatação de que medidas de diferenças “curtas” de potencial são mais estáveis do que com um ponteira só. Do contrário, essa experiência teria um melhor aproveitamento se fosse apenas demonstrativa.

Assim como em outras pesquisas (Cappelletto, 2009; Moreira, 2006; Gurley-Dilger, 1992; Moreira & Levandowski, 1983; Moreira 1977), percebeu-se que os alunos gradualmente adquiriram destreza na construção do Vê. Isto pode significar que, se fosse dada continuidade a este modo de avaliação, talvez eles tivessem cada vez mais habilidade

em relacionar a teoria com a experimentação, tornando a aprendizagem mais e mais significativa. Por outro lado, o contato inicial dos alunos com o Vê não foi mais satisfatório devido às características do próprio instrumento: sempre que ocorre a necessidade de alteração de um padrão até então muito bem utilizado pelos estudantes – de “escrever mais e pensar menos” para “pensar mais e escrever menos” – há, no começo do processo, muita expectativa e um pouco de desconforto.

Essa atividade se mostrou bastante simples de ser aplicada, tendo em vista que os alunos demonstravam certa antipatia pelos relatórios tradicionais, apesar de, ainda assim, resistirem um pouco às modificações. Para um aluno devidamente instruído, a construção do Vê passa a ser uma atividade menos penosa do que a elaboração de um relatório e muito mais construtiva.

O Vê de Gowin pareceu ser um bom instrumento para reverter a situação atual das aulas de laboratório. Dando seguimento a esta pesquisa, pretende-se comparar o uso de relatórios tradicionais e Vês, em um novo estudo, porém ainda não se tem informações sobre o número de alunos/turmas participantes ou a possibilidade de reelaboração dos guias de laboratório. Também será proposto um acompanhamento do desempenho do aluno em semestres posteriores à intervenção, se possível, com intuito de avaliar se as mudanças de postura em relação às atividades experimentais são persistentes.

Ainda podemos pensar em outras metodologias que poderiam servir para futuras pesquisas. Foi mencionado que os roteiros deveriam conter um material instrucional com o intuito de facilitar a diferenciação progressiva, e também que deveria ser colocado um tópico extra no Vê de Gowin que auxiliasse o aluno a pensar sobre o erro experimental, de tal forma a melhorar a compreensão da relação entre teoria e prática. No entanto, uma situação de difícil contorno foi o fato de que muitas vezes os alunos não tinham embasamento teórico consistente para a realização da experiência. Isto foi devido a muitos fatores, entre eles o de que as atividades de laboratório precediam a matéria na aula expositiva. Pelo menos esta situação poderia ser amenizada com a diminuição das aulas de laboratório conforme Dias da Silva (2002), ainda que na realidade do Instituto de Física da UFRGS implicasse em uma mudança difícil de ocorrer. Uma outra alternativa poderia ser um pré-teste em relação ao conhecimento prévio do aluno sobre a teoria, pois ele seria

comparado com os relatórios produzidos, e assim embasar de forma mais conclusiva a respeito da real aprendizagem significativa do aluno.

Levando em consideração o conhecimento produzido, poderíamos pensar ainda em uma abordagem com o intuito de detectar os padrões procedimentais apresentados pelos alunos. Em uma pesquisa que visasse de fato a melhorar as notas de laboratório seria muito sensato interagir desde o início com o aluno com o intuito de melhorar o seu aproveitamento. Para isso, no caso do eletromagnetismo, é necessário que se realizem mais pesquisas no laboratório, pois apesar de conduzirmos nosso pensamento em função de três alunos característicos, não há motivo para acreditar que eles sejam únicos.

Neste trabalho apresentou-se uma forma diferente de fundamentar uma pesquisa em uma teoria epistemológica. Thomas Khun em sua obra *A Estrutura das Revoluções Científicas* (1962) encontrou grande aceitação, assim como grande recusa por parte dos filósofos da ciência. Aqui ele foi utilizado para nos ajudar a entender o processo de formação do cientista, ao invés de utilizá-lo através de uma analogia direta, epistemologia-ensino, muito utilizada em pesquisa em ensino de ciências. De forma alguma se pretende invalidar este outro tipo de delineamento, uma vez que ele é muito difundido. Apenas criou-se uma tentativa de melhorar nossa compreensão sobre o comportamento dos alunos num laboratório de física. Espera-se que outras pesquisas utilizem um referencial epistemológico da mesma forma, pois se mostrou muito consistente.

REFERÊNCIAS

ANDRÉS, Z.; MAITE, Ma.; PESA, M. A.; MENESES V., J. Desarrollo conceptual acerca de ondas mecánicas en un laboratorio guiado por el modelo MATLaF. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 260-288, jun. 2006.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

ARAÚJO, I. S. **Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de Física Geral**. 2005 229 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625 p.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 212 p.

CAPPELLETTI, E. **O Vê de Gowin conectando teoria e experimentação em física geral: questões didáticas, metodológicas e epistemológicas relevantes ao processo**. 2009. 297 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

DIAS DA SILVA, J. H. Algumas considerações sobre ensino e aprendizagem na disciplina laboratório de eletromagnetismo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 4, p. 471-476, dez. 2002.

DORNELLES, P. F. T. **Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional Modellus**. 2005 141 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

JAMETT C., H. D. **Laboratório de física: uma análise do currículo e da aprendizagem**. 1985 208 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.

GOWIN, D. B. **Educating**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1981. 210 p.

GURLEY-DILGER, L. Gowin's Vee - linking the lecture and the laboratory. **The science teacher**, Arlington, v. 59, n. 3, p. 50-57, mar. 1992.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. v. 3.

KUHN, T. S. **A Estrutura das revoluções científicas**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1987. 257 p.

KUHN, T. S. **O caminho desde a estrutura**. São Paulo: Unesp, 2003. 403 p.

KUHN, T. S. **A tensão essencial**. Lisboa: Edições 70, 1989. 421 p.

MARINELI, F.; PACCA, J. L. A. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 497-505, 2006.

MASTERMAN, M. A Natureza de um paradigma. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). *A crítica do desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1970. p. 72-108.

MOREIRA, M. A.; AXT, R.. **Tópicos em ensino de ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991. 109 p.

MOREIRA, M. A.; LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1983. 117 p.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 108-117, Ago. 1993.

MOREIRA, M. A. **An ausubelian approach to physics instruction**: an experiment in an introductory college physics course. 1977. 258 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Cornell University, New York, 1977.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006. 103 p.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em ensino**: aspectos metodológicos e referenciais teóricos à luz do Vê epistemológico de Gowin. São Paulo: EPU, 1990. 94 p.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 100 p.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino de Física**: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1983. 189 p.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: Para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Khun. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 184-196, 1996.

POPPER, Karl A ciência normal e seus perigos. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). *A crítica do desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1970. p. 63-71.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem de física, em sala de aula – um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006.

WINDSCHITL, M.; THOMPSON, J.; BRAATEN, M. Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. **Science Education**, v. 92, n. 5, p. 941-967, sept. 2008.

WINDSCHITL, M. Folk theories of “inquiry:” how preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific method. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 41, n. 5, p. 481-512, may. 2004.

ZYLBERSZTAJN, A. Revoluções científicas e ciência normal na sala de aula. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. (Org.). *Tópicos em ensino de ciências*. Porto Alegre: Sagra, 1991. p. 47-61.

A – Roteiro da Prática de Laboratório sobre Campo Eletrostático

INSTITUTO DE FÍSICA – UFRGS Física Geral e Experimental III A (FIS01202)

Atividade de Laboratório II

CAMPO ELETROSTÁTICO

I. – **Objetivos:** Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:

- 1 – entender, na prática, o que é uma *superfície equipotencial*;
- 2 – obter a configuração das *linhas de força* de um campo elétrico \vec{E} a partir das correspondentes superfícies equipotenciais;
- 3 – obter o campo elétrico \vec{E} a partir das variações do potencial nos eixos x e y ;
- 4 – descrever o comportamento do potencial elétrico e do campo elétrico no interior e na superfície de um condutor em equilíbrio eletrostático.

II. – **Introdução:**

A relação matemática entre o campo eletrostático $\vec{E}(\vec{r})$ num determinado ponto \vec{r} e o valor do potencial $V(\vec{r})$ neste mesmo ponto é

$$\vec{E} = -\text{grad}(V) \quad (1)$$

Observe que enquanto V é uma função escalar da posição, o campo \vec{E} é uma função vetorial. O gradiente de V nada mais é do que a derivada do potencial V em relação às três direções x, y e z do espaço, multiplicada pelos correspondentes vetores unitários nestas direções, ou seja,

$$\vec{E} = -\frac{dV}{dx}\vec{i} - \frac{dV}{dy}\vec{j} - \frac{dV}{dz}\vec{k} \quad (2)$$

No experimento a ser realizado hoje traçaremos as linhas de força do campo eletrostático. Estas linhas nada mais são do que curvas que acompanham os vetores \vec{E} em cada ponto do espaço, de modo que o vetor \vec{E} seja sempre tangente à curva no ponto. O multímetro não pode medir diretamente o vetor \vec{E} , mas sim diferenças de potencial. Por isso mediremos as linhas equipotenciais e a partir delas traçaremos as linhas de força do

campo \vec{E} . Conforme estabelecido pela relação (2), as linhas de \vec{E} são traçadas ortogonais às linhas equipotenciais. Devem partir da região de maior potencial para a de menor potencial.

III. – Atividades práticas:

III.1 – Obter a configuração do campo elétrico de um **dipolo elétrico** colocado numa cuba com água. A experiência consiste em aplicar-se uma diferença de potencial de 10 Volts entre dois eletrodos na forma de ponteiros submersos em água, como indicado na Figura 1. O potencial elétrico distribui-se uniformemente entre as duas ponteiros. Mede-se o potencial de vários pontos do líquido em relação a um dos eletrodos, fazendo-se num papel milimetrado um mapeamento da região medida e, então desenhando-se as superfícies equipotenciais. Considere o potencial do eletrodo negativo como sendo nulo. A seguir traçam-se as linhas de força do campo eletrostático como ortogonais das equipotenciais. As linhas assim obtidas assemelham-se bastante às linhas de força geradas por duas cargas puntiformes de sinais opostos, separadas pela mesma distância que separa os eletrodos. Estas linhas de força descrevem apenas qualitativamente o campo \vec{E} pois apenas indicam sua direção. A magnitude de \vec{E} seria maior nas regiões onde as linhas estão mais próximas.

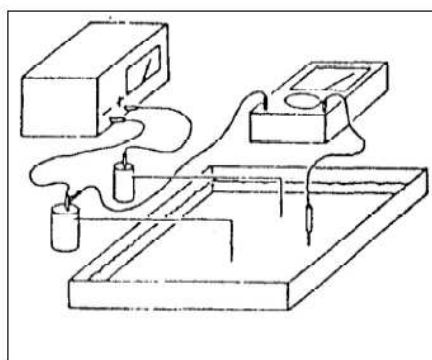


Figura 1. Montagem do experimento.

Para calcularmos o módulo de \vec{E} devemos somar vetorialmente as derivadas do potencial segundo as três direções, conforme a relação definida pela equação (2). Este cálculo simplifica-se bastante sobre o eixo x [quando definido como a reta que une os dois eletrodos]. Por quê? Faça um gráfico do potencial ao longo deste eixo x, entre os dois eletrodos, isto é, entre $x = -10$ e $x = +10$. Calcule agora a intensidade do vetor \vec{E} nos pontos $(-5,0)$, $(0,0)$ e $(+5,0)$. Com base no que aprendeu até agora, você tem condições de medir a intensidade do vetor campo elétrico em qualquer ponto. Que conjunto de medidas são necessárias para determinar a intensidade de \vec{E} no ponto $(+5,+5)$? Faça estas medidas e determine este valor.

III.2 – Obter a configuração do campo elétrico de duas **placas** metálicas planas, **paralelas**, com cargas iguais e de sinais contrários. Repita a experiência anterior utilizando eletrodos de placas paralelas.

III.3 – Obter a configuração do campo elétrico de um **cilindro** metálico colocado no centro da região entre as placas do item anterior. Coloque um cilindro metálico fechado na região entre os eletrodos de placas paralelas. Meça o potencial dentro e próximo ao lado externo do cilindro. Faça o mapa das linhas de corrente (ou força) próximo e dentro do condutor.

IV. – Procedimento experimental:

Para cada um dos esquemas acima: 1 – Com a fonte de tensão (contínua) constante, aplicar aproximadamente 10 V entre os condutores colocados na cuba. 2 – Fixar a ponteira negativa do voltímetro no eletrodo negativo e, com a ponteira positiva (sempre na posição vertical!), localizar na água pontos que tenham a mesma tensão (voltagem, potencial) em relação à ponteira fixa, considerada agora como o potencial de referência.

Cuidados especiais: evitar *curtos-circuitos*, isto é, contato entre os eletrodos positivo e negativo.

3 – Assinale estes pontos no papel milimetrado e os una por uma linha tracejada de modo a visualizar a projeção da superfície equipotencial medida. Construa, desta forma, um conjunto de linhas equipotenciais. 4 – A partir do conjunto de linhas equipotenciais, trace as correspondentes linhas de força do campo elétrico.

IV. – Trabalho a entregar:

- 1 – As três configurações do potencial e campo elétrico em papel milimetrado.
- 2 – Faça um gráfico do potencial ao longo do eixo x , entre os dois eletrodos, (entre $x = -10$ e $x = +10$). Calcule intensidade do vetor \vec{E} nos pontos $(-5,0)$, $(0,0)$ e $(+5,0)$.
- 3 – Faça as médias necessárias para determinar a intensidade de \vec{E} no ponto $(+5,+5)$ e determine este valor.
- 4 – Descreva V : (a) na superfície do cilindro; (b) no interior do cilindro.
- 5 – Levando em consideração que o cilindro é condutor, analise o que ocorre com suas cargas livres quando ele é submetido à diferença de potencial imposta pelas placas paralelas.
- 6 – Analise o comportamento das linhas de campo elétrico para a situação das partes 1 e 2 da experiência:
 - a qual sistema de cargas pode ser comparada cada uma delas?
 - qual a relação entre placas infinitas e as placas usadas no experimento? São equivalentes?

B – Roteiro da Prática de Laboratório sobre Lei de Ohm

INSTITUTO DE FÍSICA – UFRGS Física Geral e Experimental III A (FIS01202)

Atividade de Laboratório III

LEI DE OHM E DETERMINAÇÃO PRÁTICA DE RESISTÊNCIAS ELÉTRICAS
(COMPORTAMENTOS LINEARES E NÃO-LINEARES)

I. – **Objetivos:** Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:

- 1 – distinguir entre um resistor *linear* e um resistor *não-linear*;
- 2 – determinar o valor de uma *resistência elétrica* indiretamente usando, para tal, um voltímetro e um amperímetro;
- 3 – traçar a curva $i \times V$ para um resistor qualquer;
- 4 – dizer em que condições é válida a *lei de Ohm*;
- 5 – descrever o procedimento experimental necessário para determinar se um resistor é linear ou não.

II. – **Procedimento experimental:**

O material disponível para a atividade é constituído de uma fonte de tensão contínua, multitestes, resistores variados, suporte e fios conectores. Faça ao lado um esquema do circuito experimental que permitirá as medições necessárias. Para medir correntes utilize o multímetro *ICEL MD10*, e para medir diferenças de potencial utilize um dos seguintes multímetros: *BKTEST BENCH 388A* ou *MINIPA ET-2082*. **Monte o circuito e chame o professor ANTES de ligar a fonte de tensão !!**

III. – **Atividades práticas:**

1 – Você dispõe de um *resistor comum*, uma *lâmpada de filamento*, um *resistor VDR* ("voltage dependent resistor"), um *resistor NTC* ("negative temperature coefficient") e um *resistor LDR* ("light dependent resistor"). Usando o circuito montado, faça 10 medidas para o *resistor comum* e 10 para a *lâmpada de filamento*, preenchendo as tabelas abaixo. **Observe com atenção as escalas que devem ser adotadas nos instrumentos e aparelhos!** Faça os gráficos $i \times V$ para cada caso e responda: qual dos resistores obedece à *lei de Ohm*? Por que?

4 – Finalmente, coloque no circuito primeiro o NTC e depois o LDR. A partir de suas observações procure encontrar utilizações práticas para estes dispositivos. (Ao ligar o resistor NTC, tenha especial **cuidado** para não danificar os instrumentos de medida, pois a partir de uma certa temperatura a corrente sobe bruscamente. Se isto acontecer, desligue o multiteste.)

IV. – Observações:

1 – Considere um condutor no qual está aplicada uma diferença de potencial V entre dois pontos a e b . Conhecendo-se a corrente elétrica i que percorre o segmento ab do condutor, define-se *resistência elétrica* R do segmento ab do condutor

como sendo a razão $R = \frac{V}{i}$.

2 – Os fatores que determinam a resistência elétrica de um fio condutor são: sua *resistividade* ρ , seu *comprimento* l e sua *secção reta* A , i.e.,

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

C – Roteiro da Prática de Laboratório sobre Circuito RC em Série

INSTITUTO DE FÍSICA – UFRGS
Física Geral e Experimental III A (FIS01202)

Atividade de Laboratório IV

CIRCUITO RC EM SÉRIE. PROCESSOS DE CARGA E DESCARGA

I. – Introdução

O circuito RC mais simples é aquele constituído por um capacitor inicialmente carregado com uma tensão V_0 descarregando sobre um resistor, conforme esquema ao lado. A lei das malhas de Kirchhoff aplicada ao circuito nos fornece

$$V_C(t) = i(t)R. \quad (1)$$

A corrente no resistor é devida à carga que sai do capacitor, ou seja,

$$i(t) = -\frac{dQ(t)}{dt}, \quad (2)$$

onde o sinal representa o fato, que a carga do capacitor está diminuindo. A tensão instantânea no capacitor é dada por

$$V_C(t) = \frac{Q(t)}{C}. \quad (3)$$

Substituindo as eqs. (2) e (3) na eq.(1) temos

$$\frac{Q(t)}{C} = -R\frac{dQ(t)}{dt} \rightarrow \frac{dQ(t)}{Q(t)} = -\frac{1}{RC}dt. \quad (4)$$

Definindo $RC \equiv \tau$ e integrando ambos os lados da eq. acima obtemos

$$\ln Q(t) + A = -\frac{t}{\tau} + B, \quad (5)$$

com A e B constantes de integração. Reescrevendo, temos

$$Q(t) = ke^{-\frac{t}{\tau}}, \quad \text{com} \quad k = e^{(B-A)}. \quad (6)$$

A constante k pode ser facilmente determinada, pois para $t = 0$ a carga no capacitor é $Q_0 = V_0C$. Assim, $k = Q_0 = V_0C$ e a solução se escreve

$$Q(t) = Q_0e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad \text{ou por (3)} \quad (7)$$

$$V(t) = V_0e^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (8)$$

O processo de carga de um capacitor conectado em série com um resistor também será estudado. Nesta situação uma fonte de tensão contínua \mathcal{E} é introduzida na malha da figura 1. A lei das malhas de Kirchhoff resulta em:

$$\mathcal{E} - i(t)R - V_C(t) = 0, \quad \text{ou} \quad (9)$$

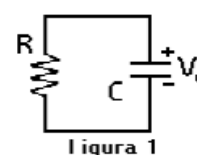


Fig1. Esquema da descarga de um capacitor sobre um resistor.

$$\mathcal{E} - R \frac{dQ(t)}{dt} - \frac{Q(t)}{C} = 0. \quad (10)$$

A solução da equação diferencial (10) deve satisfazer as condições $Q(t=0) = 0$ e $Q(t=\infty) = Q_0$ (carga máxima). As equações e as soluções de cada caso estão resumidas na tabela abaixo.

	carga	descarga
Equação diferencial:	$\mathcal{E} = R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C}$	$R \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0$
solução	$Q(t) = \mathcal{E} C \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$	$Q(t) = \mathcal{E} C e^{-\frac{t}{RC}}$
$t = RC \rightarrow$	$V_C(t) = \mathcal{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$ $V_C(RC) = 0,63\mathcal{E}$	$V_C(t) = \mathcal{E} e^{-\frac{t}{RC}}$ $V_C(RC) = 0,37\mathcal{E}$

Neste experimento verificaremos as relações dos processos de *carga* e *descarga* de um capacitor em um circuito RC e sua respectiva *constante de tempo* τ definida acima.

II. – Objetivos: Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:

- 1 – determinar a *constante de tempo* de um circuito RC -série nas situações de *carga* e *descarga* do capacitor;
- 2 – determinar a capacitância de um capacitor através de um circuito RC -série;
- 3 – descrever os procedimentos experimentais necessários para as determinações anteriores.

III. – Procedimento experimental:

Nesta etapa da atividade, você determinará a *constante de tempo* de um circuito RC , com o auxílio de um multímetro, observando os processos de *carga* e *descarga* do capacitor existente. Ao realizar a leitura do texto, observe a figura que se encontra ao lado do texto em cada etapa.

I – CARGA

a) Com L_1 e L_2 ambas na posição 1, o voltímetro indica a tensão \mathcal{E} da fonte;

b) Abrindo a chave L_2 (posição 2), o capacitor C começa a carregar-se através da resistência interna R_V do voltímetro. Desta forma, o voltímetro marca, então, a cada instante, a tensão $V = \mathcal{E} - V_C$, onde V_C é a tensão entre as placas do capacitor. Logo, $V_C = \mathcal{E} - V$.

c) Use $\mathcal{E} = 12 \text{ V}$ e faça 10 leituras de V em diferentes instantes de tempo t , ligando (em 1) e desligando (em 2) L_2 . Calcule V_C e complete a Tabela 1 adiante com os dados para o processo de *carga* do capacitor.

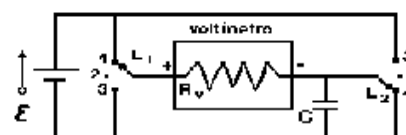


Figura 2

Fig.2. Esquema da montagem do circuito RC na configuração de carga.

II – DESCARGA

a) Desligue a fonte de tensão.

b) Inverta os fios (a polaridade!) do voltímetro e as ligações das chaves L_1 e L_2 , colocando ambas na posição 3 indicada ao lado.

c) Religue a fonte de tensão no mesmo valor $\mathcal{E} = 12 \text{ V}$. Nesta situação o capacitor carrega-se quase que imediatamente, pois seus terminais estão ligados diretamente à fonte de tensão.

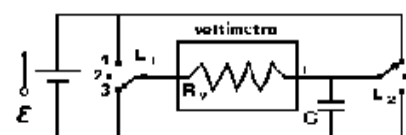


Figura 3

Fig.3 Esquema da montagem do circuito RC na configuração de descarga.

d) Abrindo a chave L_2 (posição 2), o capacitor começa a descarregar-se através da resistência R_V . O voltímetro, assim, indica, a cada instante, o valor $V = V_C$ diretamente.

e) Novamente faça 10 medidas de V_C em diferentes tempos t ligando (em 3) e desligando (em 2) L_2 e complete a Tabela 2 adiante com os dados do processo de *descarga* do capacitor.

IV – Atividades práticas:

1 – Em papel milimetrado faça os gráficos $V_C \times t$ para estes dois processos (veja Fig.4).

2 – A partir dos gráficos, determine o valor experimental da *constante de tempo*, RC , primeiro para o processo de *carga* e então para o de *descarga* do capacitor.

3 – Do valor obtido para RC e do valor nominal da capacitância (indicado no capacitor), calcule o valor experimental da resistência interna R_V do voltímetro. Compare o valor calculado com valor indicado pelo fabricante. ¹

Tabela 1 – CARGA

V	$V_C = \mathcal{E} - V$	t

Tabela 2 – DESCARGA

$V_C = V$	t

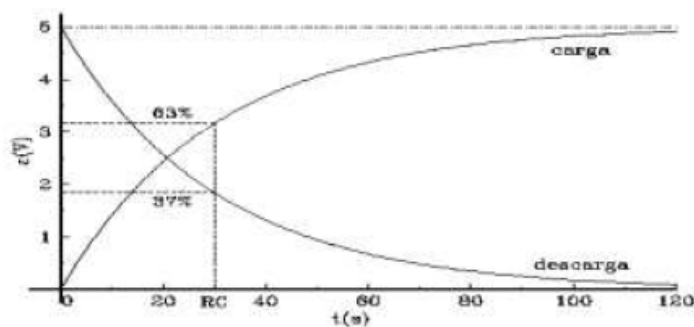


Fig.4 $V \times t$ nas situações de *carga* e *descarga* do capacitor C .

¹Nos multímetros analógicos, R_V é obtida multiplicando-se o valor indicado pelo fabricante em um dos cantos do mostrador ($20.000\Omega / V$ para o modelo Hioki P-80 e $50.000\Omega / V$ para o modelo Hioki AF-205) pelo valor indicado na escala selecionada, no caso em questão, 5.

D – Roteiro da Prática de Laboratório sobre Circuito RC como Diferenciador e Integrador

INSTITUTO DE FÍSICA – UFRGS
Física Geral e Experimental III A (FIS01202)

Atividade de Laboratório V

CIRCUITO RC COMO DIFERENCIADOR E INTEGRADOR

I. – Introdução

No experimento anterior, verificamos que um capacitor C sem carga inicial, quando ligado a uma fonte de tensão constante e através de um resistor R , carrega-se exponencialmente até atingir a tensão \mathcal{E} da fonte, obedecendo a equação

$$V_C(t) = \mathcal{E} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right), \quad (1)$$

onde $V_C(t)$ é a tensão entre as suas placas.

Reciprocamente, se o capacitor estiver carregado (possuir uma tensão inicial \mathcal{E}) e os seus terminais forem interligados por um resistor R , ele descarregar-se-á de acordo com a equação

$$V_C(t) = \mathcal{E} e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (2)$$

A constante $\tau = RC$, que determina a rapidez da carga ou da descarga, é chamada de constante de tempo capacitiva.

No presente experimento, faremos medidas de carga e descarga de capacitores, variando os valores da resistência e da capacitância. Verificaremos que, apesar das leis de carga e descarga serem sempre as dadas pelas relações (1) e (2) acima, elas podem determinar comportamentos diferentes do circuito, quando a tensão da fonte for ligada e desligada muitas vezes por segundo. Este é o caso, por exemplo, da aplicação de uma onda quadrada no circuito do capacitor e do resistor, ao invés de uma tensão \mathcal{E} constante como no capítulo anterior.

Esta onda quadrada, conforme mostra a figura 1, é produzida por um gerador de funções que tem a possibilidade de variar tanto a frequência como a amplitude da onda. No exemplo da figura 1, a onda possui uma amplitude de 1 volt, pico a pico, e um período T de 1 ms (10^{-3} s), ou seja, uma frequência $f = 1/T = 10^3 \text{s}^{-1} = 10^3 \text{Hz} = 1 \text{kHz}$. Esta onda quadrada, pode ser pensada como se a fonte estivesse "ligada" no intervalo de tempo 0 a 0,5 ms e "desligada" entre 0,5 a 1,0 ms, e assim por diante.

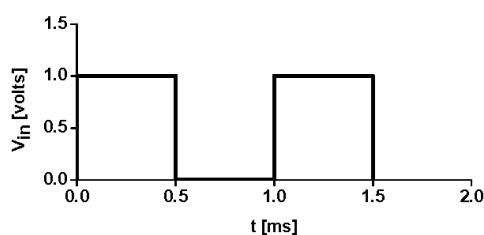


Fig.1 Onda quadrada.

II. – Procedimento experimental

1. O equipamento necessário para realizar o experimento é o seguinte:

- Gerador de funções (que gera uma onda quadrada).
- Capacitores e resistores: $R_1 = 1 \text{k}\Omega$, $R_2 = 4,7 \text{k}\Omega$, $C_1 = 0,01 \mu\text{F}$, $C_2 = 0,22 \mu\text{F}$.
- Suporte de madeira para as conexões.
- Osciloscópio.

2. Em primeiro lugar, devemos escolher uma frequência conveniente, por exemplo, a da figura 1, cujo valor é de $1kHz$. Para tanto, devemos colocar as extremidades da ponteira do osciloscópio nos bornes de saída do gerador de funções, selecionar uma escala de tempo do osciloscópio tal que 1 ciclo de uma onda de $1kHz$ ocupe quase todo o eixo horizontal (eixo do tempo) do osciloscópio.

3. Feito isso, selecionamos $R = R_2$ e $C = C_1$ e ligamos a saída do gerador, o capacitor e o resistor em série.

4. A seguir, medimos as tensões do capacitor (V_C) e do resistor (V_R). Levamos em conta o fato, que o gerador e o osciloscópio possuem saída e entrada assimétricas. Por isso, precisamos cuidar para ligar sempre as pontas passivas juntas (cor preta). Caso contrário, podemos pôr em curto um dos dois componentes. Uma vez que as pontas pretas do osciloscópio e do gerador de funções estarão sempre ligadas juntas, precisaremos trocar a ordem entre o capacitor e o resistor, na ligação em série, para conseguirmos medir V_C ou V_R .

5. A tensão V_C no capacitor deverá ter aproximadamente a forma indicada na figura 2. A interpretação desta figura é dada com base no experimento anterior; no primeiro semiperíodo, quando a tensão da onda quadrada está "ligada", o capacitor se carrega de acordo com a relação dada por (1) e, antes da onda quadrada completar o meio período, ele se acha praticamente carregado; no segundo semiperíodo, quando a fonte está "desligada", ele descarrega-se conforme a relação (2).

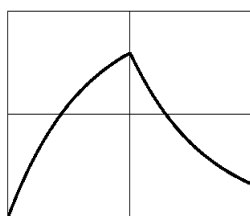


Fig.2 Tensão $V_C(t)$ no capacitor.

6. Meça as tensões V_C e V_R e faça gráficos $V_C(t)$ e $V_R(t)$.

7. Repita o procedimento para $R = R_1$ e $C = C_1$ depois para $R = R_2$ e $C = C_2$. Com isso, você poderá obter três gráficos para $V_C(t)$ e três para $V_R(t)$, além da tensão $V_{in}(t)$ da onda quadrada.

8. Em um papel milimetrado, coloque todos os gráficos conforme indicado na figura 3 preenchendo os parênteses com o valor de RC . Tome cuidado para que as escalas de tempo sejam coincidentes em todos os gráficos de uma mesma coluna.

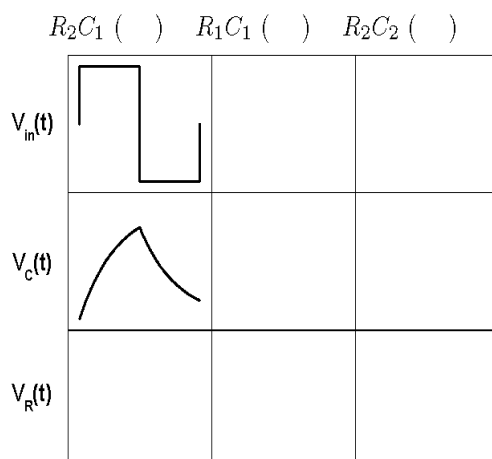


Fig.3 V_{in} , V_C e V_R em função do tempo para diferentes RC .

9. Interprete os gráficos de V_C .

10. Os gráficos de V_R , que dão a queda da tensão no resistor R, também nos informam sobre outra grandeza elétrica importante no circuito. Que grandeza é esta? Interprete estes gráficos em termos desta grandeza.

11. Existe uma relação entre as funções V_R e V_{in} da segunda coluna (para R_1 e C_1). Esta relação é um operador matemático que transforma a função V_{in} em V_R . Para $R_1 = 1k\Omega$ e $C_1 = 0,01\mu F$ a frequência do V_{in} ($1kHz$) é muito baixa, comparada com a frequência característica do circuito R_1C_1 ($\tau = 10^{-5}s$, $f_{R_1C_1} = 100kHz$). Em outras palavras o capacitor será carregado muito rápido e na relação

$$V_{in} = V_C + V_R, \quad (3)$$

V_C será aproximadamente igual a V_{in} ($V_C \approx V_{in}$). Temos ainda que

$$i(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = C \frac{dV_C(t)}{dt} \quad (4)$$

e

$$V_R = Ri(t) = RC \frac{dV_C(t)}{dt}. \quad (5)$$

Como $V_C \approx V_{in} \rightarrow \frac{dV_C(t)}{dt} \approx \frac{dV_{in}(t)}{dt}$ e então,

$$V_R = RC \frac{dV_{in}(t)}{dt}. \quad (6)$$

Podemos concluir, que medindo a corrente no circuito, ou respectivamente a queda de tensão no resistor, nós sabemos o **diferencial** do sinal da entrada V_{in} . Quando a variação do V_{in} é lenta, comparada com a constante de tempo num circuito RC , este circuito serve como "diferenciador" (veja Fig.4).

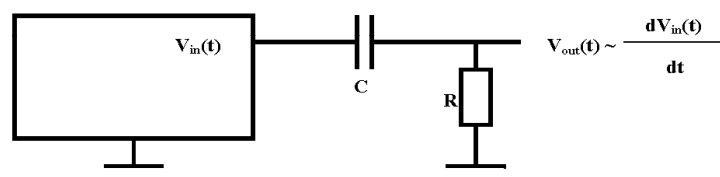


Fig.4 Circuito RC diferenciador.

12. Da mesma maneira, existe outro operador matemático, que relaciona o $V_C(t)$ e $V_{in}(t)$ na terceira coluna (para R_2 e C_2). Qual é a expressão para este outro operador? Encontre o critério, que caracteriza este comportamento e desenhe o circuito correspondente ao da Fig.4, que executa esta operação matemática.

13. Inclua no relatório as relações matemáticas, correspondentes ao comportamento do item 12, análogas às equações (3)-(6).

E – Roteiro da Prática de Laboratório sobre Campo Magnético Terrestre

INSTITUTO DE FÍSICA – UFRGS
Física Geral e Experimental III A (FIS01202)

Atividade de Laboratório VI

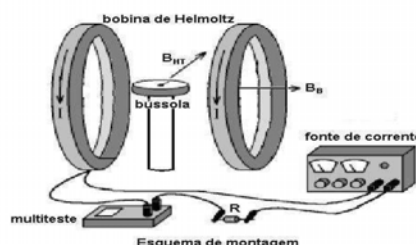
DETERMINAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE LOCAL

I. – Objetivos:

Ao término desta atividade você terá medido a componente horizontal do campo magnético terrestre local.

II. – Procedimento experimental:

O material disponível para a atividade é constituído de uma bobina de Helmholtz, uma fonte de corrente contínua, um multímetro operando como amperímetro e uma bússola.



III. – Considerações teóricas:

Sabemos que uma bússola orienta-se no campo magnético terrestre. Esta orientação pode ser modificada se algum campo magnético externo adicional for aplicado sobre ela. Neste caso a bússola procurará ficar orientada no campo magnético resultante da soma vetorial destes dois campos. A componente horizontal do campo magnético da Terra pode ser medido observando-se a mudança na orientação da bússola quando sobre ela for aplicado um campo magnético externo perpendicular ao campo magnético terrestre. Para produzir este campo magnético externo utilizaremos uma bobina de Helmholtz, que consiste de um par de bobinas comuns de mesmo raio R , alinhadas paralelamente uma a outra com os eixos coincidindo, e afastadas entre si de uma distância igual ao raio R . Tal arranjo é mostrado esquematicamente na figura acima. Com estas bobinas podemos produzir um campo magnético conhecido.

O valor do módulo do campo magnético \vec{B} ao longo do eixo de uma espira de raio R é:

$$B(x) = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 i R^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

onde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$, e i é a corrente elétrica e x a distância medida a partir do centro de uma das bobinas e ao longo do eixo.

Mostre que o módulo do campo magnético \vec{B} no centro geométrico, ou seja, entre as duas espiras que compõe a bobina de Helmholtz é dado por:

$$B(x) = \frac{8Ni\mu_0}{R5\sqrt{5}}$$

onde N é o número de espiras que compõe cada bobina.

Faça uma análise teórica da variação de \vec{B} no eixo das bobinas no intervalo $-R < x < +R$, colocando a origem do eixo x no centro geométrico.

IV. – Considerações de Natureza Prática:

O eixo da bobina deverá estar na posição horizontal e paralelo à direção leste-oeste, isto é, perpendicular ao eixo norte-sul.

A intensidade do campo magnético produzido pelas bobinas, \vec{B} , é função da corrente que circulará nas espiras. Se não houver corrente, a bússola colocada no interior da bobina de Helmholtz indicará a direção norte. Se a corrente aumentar, aparecerá um campo magnético perpendicular à componente horizontal de campo da Terra \vec{B}_{HT} , que fará a agulha da bússola girar de um certo ângulo. Quando a agulha estiver apontando a direção noroeste ou nordeste, isto é, estiver a 45° em relação à direção norte-sul, o campo da bobina será igual ao da componente horizontal do campo magnético da Terra. Na realidade, é possível determinar o valor do campo B_{HT} da Terra para qualquer que seja o ângulo de orientação da bússola.

Responda a seguinte questão:

Qual a relação entre os dois campos (componente horizontal do campo magnético da Terra, B_{HT} , e o campo magnético produzido pela bobina, B_B) e o ângulo da agulha da bússola com a direção Norte-Sul ?

V. – Procedimento Experimental:

Para termos uma maior precisão nas medidas é necessário alinharmos o eixo da bobina em relação aos eixos cardeais da Terra com bastante precisão. Para tanto executaremos um procedimento experimental, que deverá ser entendido por você:

1) Conecte a bobina de Helmholtz à fonte de tensão contínua, em série com um multímetro (operando como amperímetro) e com uma resistência de $100\ \Omega$. Coloque a bússola no centro da bobina.

2) Siga o procedimento abaixo para posicionar o eixo da bobina perpendicularmente à direção norte-sul.

2a) Com a fonte de corrente desligada (sem campo magnético), alinhe o eixo da bobina na direção norte-sul, isto é, torne o eixo da bobina paralelo à agulha da bússola;

2b) Em seguida faça passar pela bobina uma corrente de $100\ mA$;

ATENÇÃO: Para evitar super aquecimento no resistor de $100\ \Omega$ não ultrapasse os $100\ mA$ de corrente.;

2c) Essa corrente de $100\ mA$ faz com que o campo \vec{B}_B seja muito maior do que \vec{B}_{HT} , e a agulha da bússola ficará “presa” ao eixo da bobina;

2d) Faça uma rotação na bússola até que a agulha indique 90° ;

2e) Desligue a corrente e faça uma rotação de 90° em toda a bobina, a agulha passará a indicar 0° . O eixo da bobina estará então perpendicular ao eixo norte-sul.

3) Faça agora 9 (nove) medidas de valores da corrente na bobina para as quais a agulha assume ângulos θ entre 5° e 85° . Para $\theta = 45^\circ$ o campo produzido pela bobina será igual a componente horizontal do campo magnético da Terra.

4) Calcule os valores para a componente horizontal B_{TH} correspondente às nove medidas feitas. A média destes valores deverá fornecer a melhor expressão do valor experimental da componente horizontal do campo magnético terrestre.

F – Roteiro da Prática de laboratório sobre Fluxo Magnético

INSTITUTO DE FÍSICA – UFRGS
Física Geral e Experimental III A (FIS01202)

Atividade de Laboratório VII

FLUXO MAGNÉTICO

I. – Introdução

Este experimento consiste na determinação da intensidade do vetor indução magnética de um ímã permanente através da aplicação da lei da indução de Faraday-Lenz. Esta lei nos diz que a força eletromotriz (f.e.m.) \mathcal{E} induzida num circuito é igual à taxa de variação com o tempo do fluxo magnético Φ_B , através da área limitada pelo circuito:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}. \quad (1)$$

O sinal negativo se refere ao sentido da força eletromotriz induzida, que num circuito fechado origina uma corrente elétrica induzida, que tende sempre a se opor à variação da grandeza que a produziu.

O fluxo magnético através de uma superfície aberta ou fechada é definido como a integral de superfície da componente normal de \vec{B} (vetor indução magnética) sobre a superfície. Assim, o fluxo elementar $d\Phi_B$ através de uma superfície elementar dS é igual a:

$$d\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{S} = B_{normal} dS \quad (2)$$

e o fluxo total através de uma superfície será:

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot \vec{S} = \int B_{normal} dS \quad (3)$$

No caso particular em que \vec{B} seja uniforme e normal a uma superfície S , o fluxo através desta superfície será $\Phi_B = BS$. A unidade do fluxo magnético no sistema internacional é o Weber. Pela Eq. (3) tem-se que $Weber = Tesla.m^2$, razão pela qual alguns livros usam a unidade $Weber/m^2$ para o vetor indução magnética \vec{B} .

Se aplicarmos a Eq. (1) a uma bobina de N espiras, aparecerá uma f.e.m. induzida em cada uma das espiras. Se a bobina tiver as espiras enroladas compactamente, de modo que a variação do fluxo magnético seja a mesma para todas as espiras, a f.e.m. induzida total será igual a

$$\mathcal{E} = -\frac{d(N\Phi_B)}{dt} = -N \frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot \vec{S}. \quad (4)$$

II. – Procedimento experimental

Para a determinação do vetor indução magnética de um ímã usando a lei de Faraday-Lenz, usaremos osciloscópio, ímã e bobina (veja Fig.1). Conectando-se os terminais da bobina ao osciloscópio devidamente ajustado, é possível observar a f.e.m. que será induzida quando o ímã é aproximado ou afastado da bobina. Centrando-se o ímã dentro da bobina, esta conterá em seu interior uma região de campo magnético aproximadamente uniforme. Retirando-se o ímã com uma certa velocidade, na tela do osciloscópio aparecerá um pico de tensão como função do tempo (Veja Fig.2).

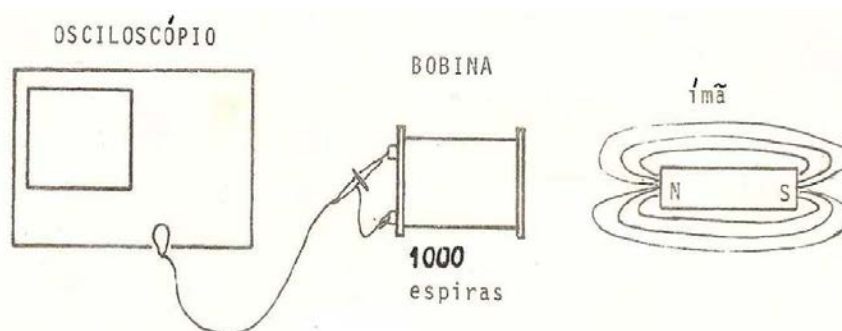
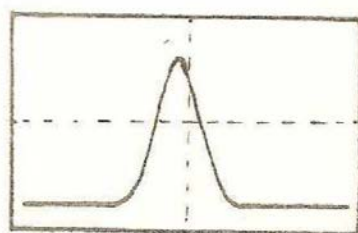


Fig.1 Equipamento.

Fig.2 \mathcal{E} como função do tempo.

O significado físico da área sob a curva pode ser obtido a partir da lei de Faraday-Lenz:

$$-d\Phi_B = \frac{1}{N} \mathcal{E} dt, \quad (5)$$

$$-\int_{\Phi_0}^{\Phi_1} d\Phi_B = \frac{1}{N} \int_{t_0}^{t_1} \mathcal{E} dt, \quad (6)$$

$$\Phi_0 = \frac{1}{N} \int_{t_0}^{t_1} \mathcal{E} dt, \quad (7)$$

pois $\Phi_1 = 0$, uma vez que o ímã não produz fluxo magnético detectável, quando fica totalmente fora das espiras.

Das relações acima vemos que o fluxo magnético inicial Φ_0 (quando o ímã está no centro da bobina) é igual ao valor da integral $\int_{t_0}^{t_1} \mathcal{E} dt$ dividido pelo número N de espiras. O valor desta integral é a área sob a curva mostrada na Figura 2. Para avaliarmos a integral tentaremos medir a área, transpondo para um papel milimetrado o que vemos na tela do osciloscópio quando o ímã é retirado do interior da bobina. Para tanto nos serviremos do seguinte procedimento:

1. Centre o ímã dentro da bobina e retire-o com uma certa velocidade de modo a obter a curva $\mathcal{E} = \mathcal{E}(t)$ no osciloscópio.
2. Procure reproduzir a curva em papel milimetrado.
3. Obtenha um conjunto de 10 curvas numa folha de papel milimetrado.
4. Contando o número de milímetros quadrados, determine a área sob cada uma das 10 curvas obtidas experimentalmente. [Obs.: pela Eq. (5) conclui-se que o valor destas áreas deve ser constante, pois Φ_0 é uma constante, embora a forma das curvas possam variar entre si.]
5. A partir destes valores de Φ_0 , obtenha os valores para B , supondo-o uniforme.
6. Discuta os resultados da experiência.

G – Roteiro da Prática de laboratório sobre Reatâncias Capacitiva e Indutiva

INSTITUTO DE FÍSICA – UFRGS
Física Geral e Experimental III A (FIS01202)

Atividade de Laboratório IX

REATÂNCIAS CAPACITIVA E INDUTIVA

I. – Introdução

Capacitores e indutores, cada um a seu modo, oferecem resistências à passagem de uma corrente elétrica variável no tempo. Se eles forem submetidos a uma tensão alternada senoidal do tipo $V = V_0 \text{sen}(\omega t)$, por exemplo, essas resistências, (denominadas de reatâncias) dependerão da frequência angular $\omega = 2\pi f$ (onde f é a frequência linear da tensão senoidal). Neste experimento, você irá analisar como é esta dependência, ou como as reatâncias capacitiva (X_C) e indutiva (X_L) dependem da frequência f .

Quando uma tensão alternada V é aplicada a um capacitor C , podemos medir a tensão V_C e a corrente I_C no capacitor. A reatância capacitiva X_C do capacitor é definida como sendo $X_C = V_C/I_C$ (ohms). A reatância indutiva X_L é definida por $X_L = V_L/I_L$ e também é expressa em ohms.

Como citamos acima, se a tensão for do tipo $V = V_0 \text{sen}(\omega t)$, tanto X_C como X_L dependerão (serão funções) de $\omega = 2\pi f$.

II. – Reatância Capacitiva

Selecione o gerador de funções para produzir uma tensão senoidal e ligue-o em série com R e C conforme indicado na Figura 1 abaixo. Para analisar a dependência de X_C com $\omega = 2\pi f$, **mantendo constante** a amplitude da tensão senoidal na entrada do circuito, varie a frequência f e meça os valores de V_R e V_C usando um multímetro.

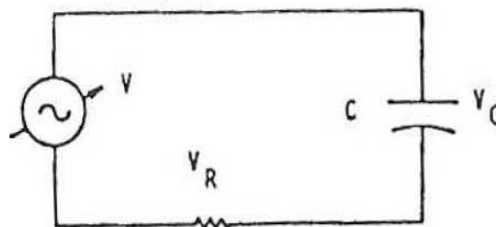


Fig.1 Circuito RC em série.

Registre as medidas na Tabela 1 e complete-a calculando os valores de $I_C = I_R = V_R/R$ e $X_C = V_C/I_C$. Faça um gráfico de $\log X_C$ versus $\log \omega$ em papel log-log, a partir da Tabela 1. Pela análise deste gráfico, que relação deve existir entre X_C e ω ?

Faça agora uma outra tabela, semelhante a Tabela 1, onde a capacitância é a variável. Escolha uma frequência conveniente (que dê um valor grande para X_C) e determine os respectivos valores para a reatância X_C , quando são acrescentados capacitores: C , $2C$, $3C$ e $4C$. A partir desta tabela faça um novo gráfico de $\log X_C$ x $\log C$, determinando a dependência de X_C com C .

Com base nos dois gráficos, qual é a relação analítica entre X_C , C e ω ?

III. – Reatância Indutiva

Repita a primeira experiência, substituindo o capacitor C por uma indutância L , efetuando as medidas necessárias para o preenchimento da Tabela 2.

A partir destes dados, ache a relação entre X_L e ω , fazendo o gráfico de $\log X_L$ versus $\log \omega$. A indutância L é um escalar que é proporcional a capacidade da bobina de se opor a uma variação de corrente. Com este conceito em mente e com o resultado do parágrafo anterior, você seria capaz de "induzir" a relação entre X_L , L e ω ?

Tabela 1

$f(Hz)$	$\omega = 2\pi f(rad/s)$	$V_R(volts)$	$V_C(volts)$	$I_C = I_R(A)$	$X_C = V_C/I_C(\Omega)$
$1 \cdot 10^3$					
$3 \cdot 10^3$					
$6 \cdot 10^3$					
$1 \cdot 10^4$					
$3 \cdot 10^4$					
$6 \cdot 10^4$					
$8 \cdot 10^4$					
$1 \cdot 10^5$					

Tabela 2

$f(Hz)$	$\omega = 2\pi f(rad/s)$	$V_R(volts)$	$V_L(volts)$	$I_L = I_R(A)$	$X_L = V_L/I_L(\Omega)$
$1 \cdot 10^2$					
$3 \cdot 10^2$					
$6 \cdot 10^2$					
$1 \cdot 10^3$					
$3 \cdot 10^3$					
$6 \cdot 10^3$					
$8 \cdot 10^3$					
$1 \cdot 10^4$					

H – Roteiro da Prática de laboratório sobre RLC Ressonante

INSTITUTO DE FÍSICA – UFRGS
Física Geral e Experimental III A (FIS01202)

Atividade de Laboratório X

CIRCUITO RLC RESONANTE

I. – **Introdução** Esta atividade é uma pequena introdução prática a circuitos de corrente alternada, onde serão feitas medidas experimentais num circuito *RLC*.

II. – **Objetivos** - Ao término desta atividade você deverá ser capaz de:

- 1- medir em um *circuito RLC-série*, tensões, correntes, resistências, reatâncias, impedâncias, capacitâncias e indutâncias.
- 2- estudar a condição de ressonância desse tipo de circuito.

III. – **Procedimento Experimental**

O circuito da figura 1 será utilizado para determinar como a impedância de uma associação em série de um resistor com um capacitor e uma bobina varia com a frequência da fonte.

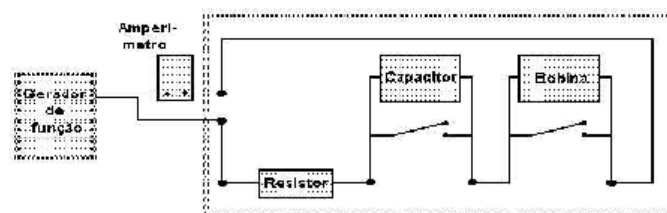


Figura 1 – Circuito RLC-série alimentado por uma fonte de frequência variável.

O gerador de função (fonte) deverá ser ajustado para produzir uma onda de tensão senoidal com valor eficaz ou *rms* (V_e) de $5V$. Para tanto utilize o voltímetro entre os terminais da fonte para fazer o ajuste. O amperímetro deverá ser utilizado na escala de $2mA$. A impedância (Z) da associação em série é a razão entre a tensão eficaz de alimentação (V_e) pela intensidade da corrente eficaz (I_e).

IV. – **Determinação da resistência, da indutância e da capacitância e cálculo da frequência de ressonância.**

Ajuste a fonte para a frequência de $200Hz$. Meça, além da intensidade da corrente eficaz, as tensões eficazes sobre a bobina, o capacitor e o resistor. Para esta frequência a resistência elétrica da bobina (que não deve ser confundida com a resistência do resistor) é desprezível frente a sua reatância indutiva; desta forma pode-se calcular a reatância indutiva pela razão da tensão eficaz na bobina pela intensidade da corrente eficaz. Calcule também a reatância capacitiva. A partir das reatâncias, calcule a indutância e a capacitância. Finalmente, calcule a frequência de ressonância e a compare com o valor medido na tabela 1.

Valores medidos:

$$V_{e,R} = \quad V_{e,C} = \quad V_{e,L} = \quad I_e =$$

Calcule a reatância capacitiva, reatância indutiva e a resistência:

$$\chi_C = \frac{V_{e,C}}{I_e} = \quad \chi_L = \frac{V_{e,L}}{I_e} = \quad R = \frac{V_{e,R}}{I_e} =$$

Calcule a capacitância, a indutância e a frequência natural (de ressonância):

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \quad L = \frac{X_L}{2\pi f} = \quad f_N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} =$$

Construa o diagrama de fasores para os valores medidos acima. Qual o ângulo de fase entre a corrente e a tensão na fonte?

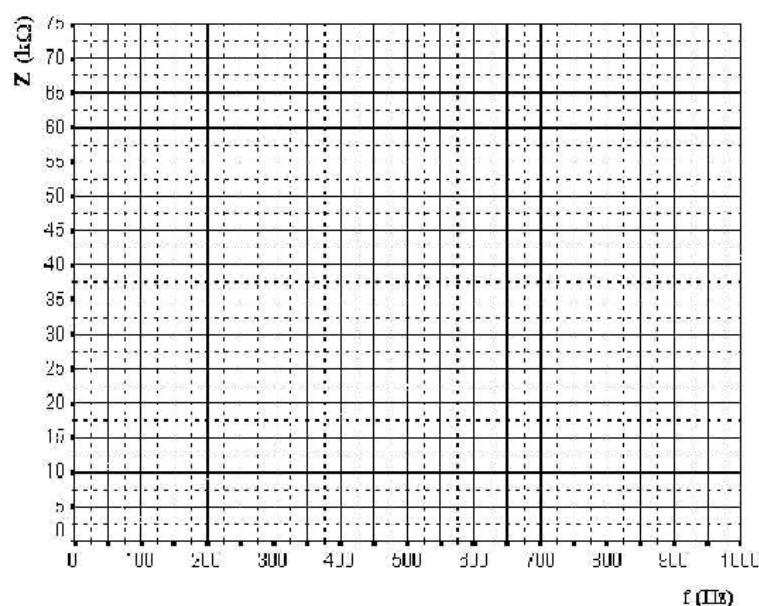
V. – Medida da frequência de ressonância do circuito

Preencha a tabela abaixo medindo a corrente elétrica do circuito para diferentes valores de frequência.

Tabela 1 – Frequência da fonte e impedância.

f (Hz)	V _e (V)	I _e (mA)	Z = V _e / I _e (KΩ)	f (Hz)	V _e (V)	I _e (mA)	Z = V _e / I _e (KΩ)
10	5			150	5		
30	5			200	5		
60	5			300	5		
80	5			400	5		
100	5			500	5		
120	5			1000	5		
f _{Resonância} =					5		

Calcule a impedância e faça o gráfico da *impedância versus frequência*.



Determine no gráfico a frequência de ressonância (provavelmente não coincidirá com nenhum dos valores medidos). Varie a frequência na fonte até que a intensidade da corrente seja máxima. Compare com o valor obtido do gráfico.

I – Texto de Apoio

O DIAGRAMA V

O que é o Vê?

O Vê é uma ferramenta que nos ajuda a entender e aprender. Uma vez que o conhecimento não é descoberto, mas construído pelas pessoas, ele tem uma estrutura que pode ser analisada. O Vê nos ajuda a identificar os componentes da estrutura do processo de produção do conhecimento, clarificar suas relações, e apresentá-los em um modo visualmente compacto e claro.

Como se constrói o Vê?

A Figura 1 define os componentes do Vê e mostra como ele pode ser usado para ajudar a delinear uma pesquisa. A forma do Vê é, literalmente, um Vê. No centro está a questão que o pesquisador formulou. O Vê aponta para o evento (por exemplo, uma experiência no laboratório) que ele ou ela planejou para poder tentar responder a questão. Clarificar estes dois componentes, a questão e o evento, é o passo crítico inicial em qualquer estudo.

O lado esquerdo

Nenhuma pergunta é feita, ou evento planejado, estudado ou interpretado isoladamente. Toda a pesquisa é influenciada pelas concepções dos pesquisadores pelas “viseiras conceituais” através das quais eles vêem seu trabalho. Suas filosofias, teorias e perspectivas os levam a formular certas perguntas, a planejar certos eventos que eles pensam que fornecerão respostas e a interpretar os dados de certa maneira. Logo, o lado esquerdo do Vê contém importantes, e às vezes negligenciados, componentes da pesquisa. O Vê desafia os pesquisadores a serem mais explícitos e cômicos sobre papel que as visões de mundo desempenham em suas pesquisas, forçando-os a realmente pensar sobre as filosofias, teorias, princípios e conceitos que estão guiando suas investigações. Os componentes do lado esquerdo, portanto, interagem com os do lado direito.

O lado direito

O lado direito contém os componentes que, provavelmente, nos são mais familiares, as atividades práticas da pesquisa: fazer registros (coletar dados brutos), transformar os dados em formas analisáveis (estatísticas, gráficos, tabelas) e fazer asserções a partir dos resultados das transformações. Como foi dito, estas atividades são influenciadas pelos componentes do lado esquerdo.

Muitos pesquisadores se concentram nas asserções de conhecimento (ou seja, naquilo que os resultados significam, no conhecimento produzido) sem dar atenção às asserções de valor (isto é, o valor do estudo feito) que deveriam ter sido feitas sobre, ou que deveriam ter sido levadas em conta antes de sua pesquisa. A inclusão desta categoria no lado direito do Vê reflete a visão de seu criador sobre o conhecimento – trata-se de uma construção humana e no processo de construí-la através da pesquisa não há como deixar de perguntar: “Para que serve?” e “A quem importa?”.

Em resumo

O Vê aponta para o evento a ser estudado, sobre o qual a questão de pesquisa é formulada. O lado direito do Vê ilustra os elementos metodológicos da pesquisa – registros, transformações de registros em dados, e asserções de conhecimento e de valor resultantes da interpretação dos dados. O lado esquerdo é conceitual, descrevendo conceitos, princípios, teorias e filosofias que guiam a formulação da questão, o planejamento do evento e as atividades do lado direito. Existe uma contínua interação entre os componentes de ambos os lados, ajudando a clarificar e integrar a estrutura do conhecimento.

O DIAGRAMA V

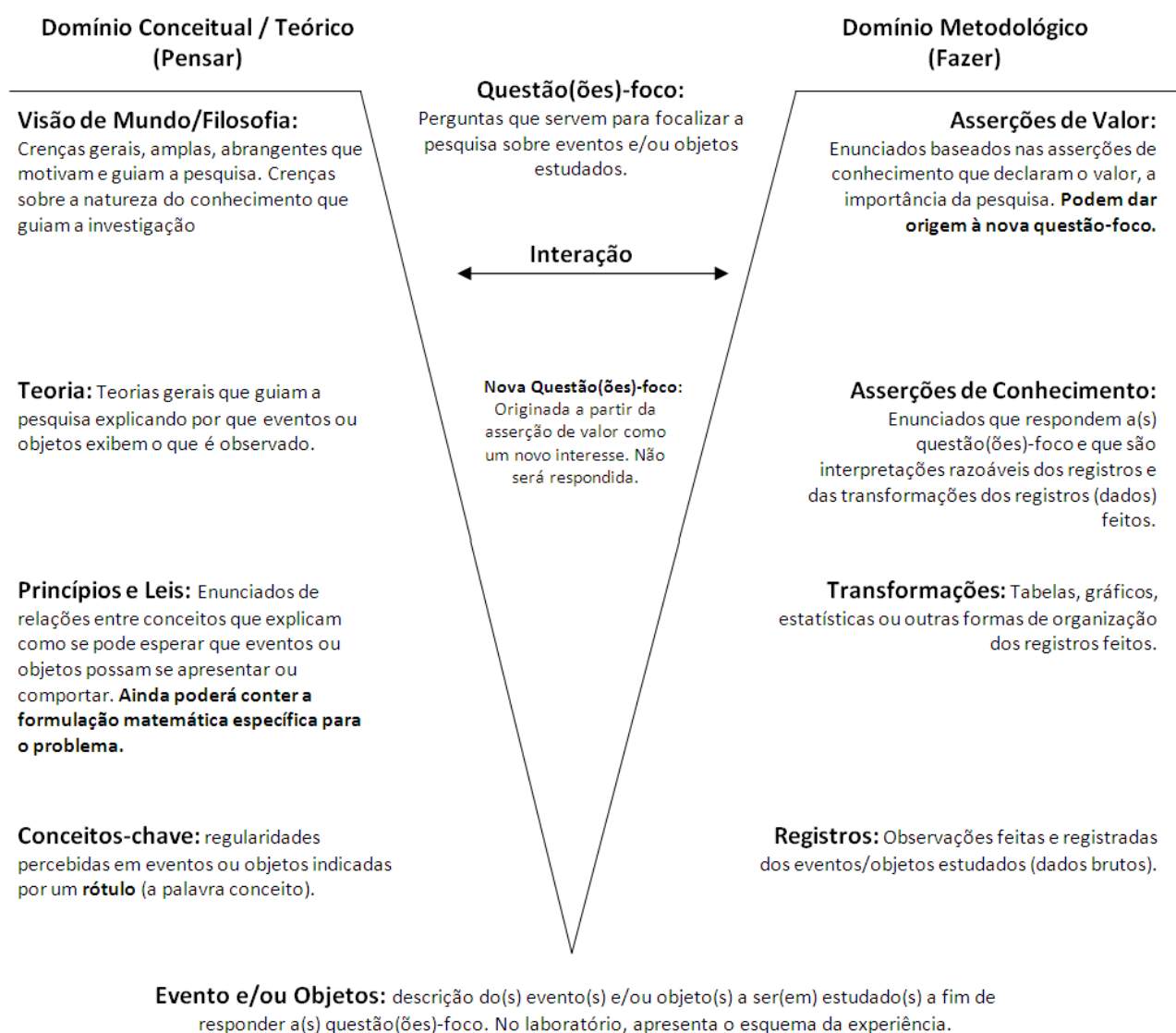


Figura 1 – O diagrama Vê.

EXEMPLO EM BIOLOGIA

O USO DO VÊ: UM EXEMPLO EM BIOLOGIA

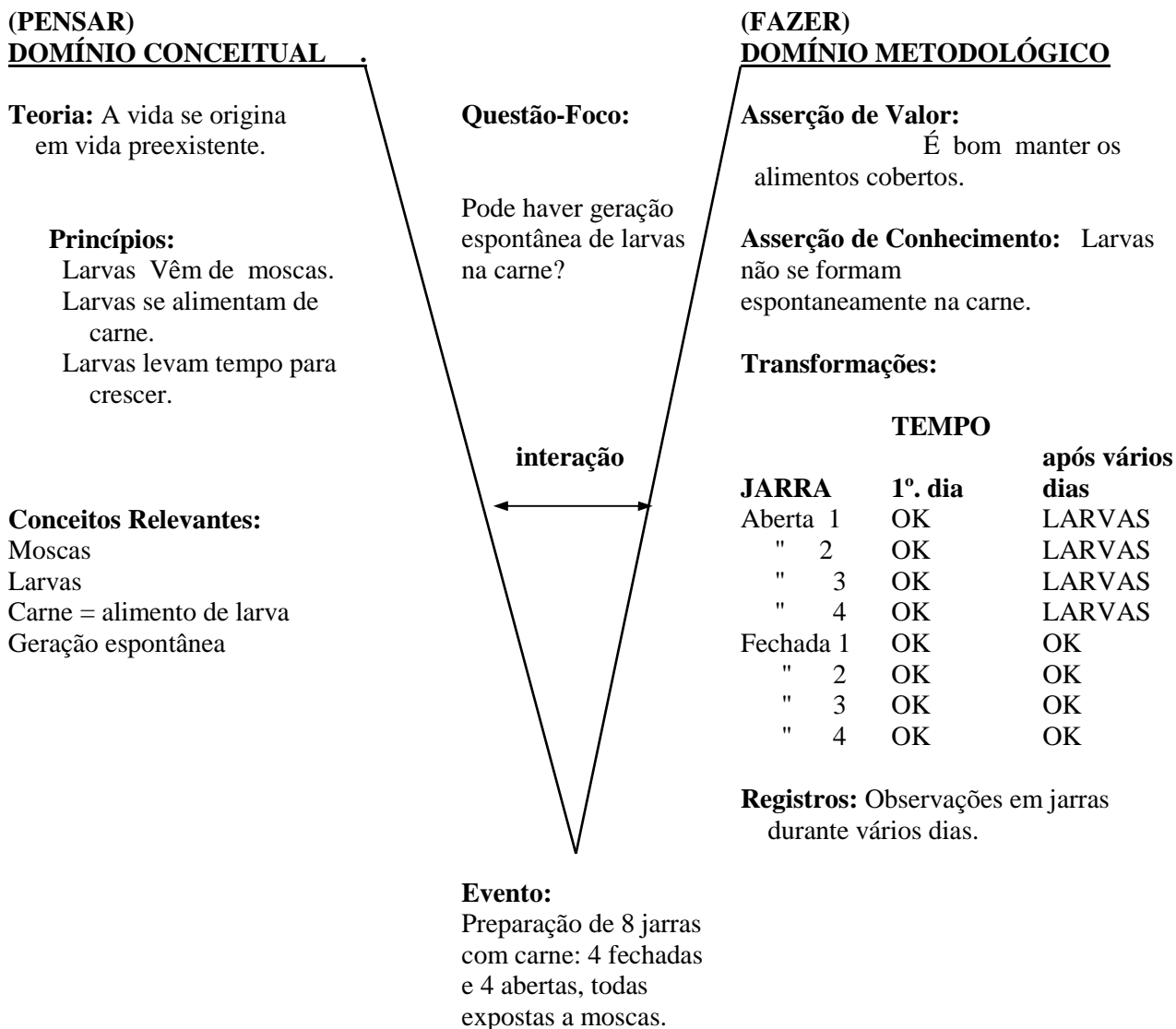


Figura 2 – Um diagrama Vê preparado a partir da descrição de um experimento em um livro de texto de Biologia (Novak e Gowin, 1984, p. 115).

O USO DO VÊ: RESISTORES LINEARES E NÃO-LINEARES⁸

DOMÍNIO CONCEITUAL

Filosofia:

O conhecimento científico sobre a natureza repousa na observação e na experimentação baseadas em teorias que organizam os fatos e o raciocínio do homem, aprofundando sua compreensão.

Teorias:

- teoria eletromagnética

Princípios e Leis:

Lei de Ohm ($R = V/I = \text{constante}$ quando T é constante).

Conceitos-chave:

a diferença de potencial elétrico, resistência elétrica; corrente elétrica; temperatura; campo elétrico; carga elétrica; condutor; resistividade; condutividade; linearidade.

Questões-Foco:

Cada um dos resistores (lâmpada de filamento, resistor comum, NTC e LDR) segue ou não a Lei de Ohm?

DOMÍNIO METODOLÓGICO

Asserções de valor:

o experimento, como um todo, proporciona treinamento em algumas habilidade básicas de laboratório. As asserções de conhecimento mostram que a lei de Ohm é muito particular.

Como seria o comportamento dos resistores com a temperatura ambiente variável?

Asserções de conhecimento: o resistor é linear, obedece a lei de Ohm; a lâmpada comum, NTC, LDR é não-linear e não obedece a lei de Ohm.

Transformações: tabelas, gráficos $V(\text{voltagem}) \times I(\text{corrente})$, cálculo de $r = V/I$ e de valores de R . (em anexo)

Registros: 10 medidas da diferença de potencial e da correspondente corrente elétrica em cada um dos resistores.

Evento: uma diferença de potencial (V) aplicada a um resistor (comum, lâmpada de filamento, NTC ou LDR) estabelece uma corrente contínua I no resistor. Conforme a Figura do circuito abaixo...

Figura 3 – Um diagrama Vê preparado a partir da descrição de um experimento com resistores lineares e não-lineares

⁸ Levandowski apud Moreira e Levandowski (1983, p. 106)

J – Critérios para Avaliação dos Vês

CRITÉRIOS PARA AVALIAR OS VÊS CONSTRUÍDOS PELOS ESTUDANTES⁹

Quanto maior o escore, mais completa/correta é a parte do Vê. Total de 20 pontos.

QUESTÃO-FOCO

0 - Nenhuma questão-foco é identificada.

1 - Uma questão é identificada, mas não focaliza os objetos ou o evento principal ou o lado conceitual do Vê.

2 - Uma questão-foco é identificada; inclui conceitos, mas não enfoca objetos ou o evento principal, OU evento e objetos errados são identificados ao restante da atividade de laboratório.

3 - Uma questão-foco clara é identificada; inclui conceitos adequados e aborda o evento principal e os objetos correlacionados.

OBJETO/EVENTO

0 - Nenhum evento ou objeto é identificado.

1 - O evento principal OU os objetos são identificados e são consistentes com a questão-foco, ou um evento E objetos são identificados, mas são inconsistentes com a questão-foco.

2 - O evento principal e os objetos relacionados são identificados, e são consistentes com a questão-foco.

3 - O mesmo que acima, mas também sugere que registros serão feitos.

PRINCÍPIOS E CONCEITOS

0 - Nenhum conceito é identificado.

1 - Uns poucos conceitos são identificados, mas sem princípios ou teorias, ou um princípio escrito é a asserção de conhecimento pretendida na atividade de laboratório.

2 - Conceitos e ao menos um tipo de princípio (conceitual ou metodológico) ou conceitos e uma teoria relevante é identificada.

3 - Conceitos e dois tipos de princípios são identificados, OU conceitos, um tipo de princípio, e uma teoria relevante é identificada.

4 - Conceitos, dois tipos de princípios, e uma teoria relevante são identificados.

⁹GURLEY-DILGER, Laine. Gowin's Vee - Linking the Lecture and the Laboratory. **The Science Teacher**. Arlington, v. 59, n. 3, Mar. 1992.

REGISTROS/TRANSFORMAÇÕES

- 0 - Nenhum registro ou transformação é identificado.
- 1 - Registros são identificados, mas são inconsistentes com a questão-foco ou o evento principal.
- 2 - Registros ou transformações são identificados, mas não ambos.
- 3 - Registros são identificados com o evento principal; transformações são inconsistentes com a intenção da questão-foco.
- 4 - Registros são identificados com o evento principal; transformações são consistentes com a questão-foco e o nível e habilidade do estudante.

ASSERÇÃO DE CONHECIMENTO

- 0 - Nenhuma asserção de conhecimento é identificada.
- 1 - Uma asserção que é não-relacionada com o lado esquerdo do Vê.
- 2 - Uma asserção de conhecimento que inclui um conceito usado num contexto impróprio, ou qualquer generalização que é inconsistente com os registros e transformações.
- 3 - Uma asserção de conhecimento que inclui os conceitos da questão-foco e é derivada dos registros e transformações.
- 4 - O mesmo que acima, mas a asserção de conhecimento leva a uma nova questão-foco.

NOVA QUESTÃO-FOCO

- 0 - Nenhuma nova questão-foco é dada.
- 1 - Uma nova questão-foco consistente com a asserção de conhecimento é identificada.

ASSERÇÃO DE VALOR

- 0 - Nenhuma asserção de valor é dada.
- 1 - Uma asserção consistente com a importância da pesquisa, descrevendo a utilidade da asserção de conhecimento, justificando um esforço científico básico ou aplicado.

H – Uma Visão Esquemática da Dissertação através de um Vê de Gowin

ANÁLISE DA RELAÇÃO DOS ESTUDANTES COM AS AULAS EXPERIMENTAIS DE ELETROMAGNETISMO, EM NÍVEL DE FÍSICA GERAL, UTILIZANDO O VÊ DE GOWIN EM CONTRAPOSIÇÃO AO RELATÓRIO TRADICIONAL

Domínio Conceitual

Visão de Mundo / Filosofia:

O futuro pesquisador deve passar pelas aulas de laboratório, pois essas atividades se manifestam como uma das fontes dos conhecimentos aceitos, e desta forma, o aluno aprende como é a atividade de um físico.

Teorias:

1. Aprendizagem significativa de Ausubel;
2. A teoria de educação de Gowin;
3. A epistemologia de Thomas Khun.

Princípios:

1. O conhecimento prévio é a variável mais relevante para a aprendizagem significativa.
2. O Vê de Gowin auxilia o entrelaçamento das teorias e das atividades experimentais.
3. Os alunos aprendem a construir relatórios na prática, refletindo as regras do meio acadêmico.

Conceitos-chave:

Ensino de Física, Eletromagnetismo, Relação teoria-prática, Diagramas Vê, Regras khunianas.

Questões-básicas:

Qual a relação dos estudantes com as aulas experimentais de eletromagnetismo ao utilizarem o diagrama Vê em contraposição ao relatório tradicional?

Domínio Metodológico

Asserções de Valor:

Conclusão (páginas 153 até 155).

Asserções de Conhecimento:

- Resultados (páginas 55 a 128);
- Análise dos resultados (páginas.129 a 152).

Transformações:

Foram escolhidos 4 alunos característicos para avaliar seus aproveitamentos. Depois foram utilizados outros relatórios de outros alunos para auxiliar as análises quando necessário. Foi realizada uma análise qualitativa dos dados que serviu de base para a análise de todos os trabalhos.

Registros: Relatórios dos alunos nas atividades experimentais.

Evento: Foram ministradas aulas experimentais de eletromagnetismo nos dois semestres do ano 2009, que era parte integrante de uma disciplina de física básica da UFRGS, para um total de 18 alunos. As turmas não possuíram o mesmo cronograma, por essa razão escolhemos a turma do segundo semestre para compor a nossa análise, que teve uma quantidade menor de aulas, sendo 2 atividades avaliadas através de relatórios tradicionais, 3 relatórios na forma de questionário preparatório para o Vê e 3 relatórios na forma de um Vê de Gowin.