

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS - FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DAVID MENEGASSI VIEIRA

**SUPERCONDUTIVIDADE: UMA PROPOSTA DE INSERÇÃO
NO ENSINO MÉDIO.**

Vitória
2014

DAVID MENEGASSI VIEIRA

**SUPERCONDUTIVIDADE: UMA PROPOSTA DE INSERÇÃO NO
ENSINO MÉDIO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional do Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Thiéberon da Silva Gomes

Vitória
2014

DAVID MENEGASSI VIEIRA

**SUPERCONDUTIVIDADE: UMA PROPOSTA DE INSERÇÃO NO
ENSINO MÉDIO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional do Centro de Ciência Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em de de 2014.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Thiéberson da Silva Gomes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dra. Conceição Aparecida Soares Mendonça
Universidade Federal Rural De Permanbuco

Prof. Dr. Laércio Ferracioli
Universidade Federal do Espírito Santo
(Membro suplente)

DEDICATÓRIA

Ao nosso DEUS pai, por permitir me trilhar esse caminho.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e em especial minha Mãe, Odete Menegassi, que mesmo não tendo acesso ao ensino formal, me presenteou com a maior riqueza de todas: a EDUCAÇÃO.

Ao meu irmão, Diego Menegassi Vieira, por me incentivar carinhosamente dizendo: “Esse Neymar está jogando na Desportiva.” Coisas de irmão.

A minha companheira Saliza Batista, pela sua inabalável paciência e incansável apoio durante o mestrado. Tenho sorte por tê-la em minha vida.

Ao meu amigo Marconi, sua amizade e por nossos momentos de reflexão que tanto me fizeram crescer.

Aos meus amigos de infância, por sua amizade e paciência.

Ao Prof. Thieberson Gomes, meu orientador, pelas horas de trabalho, orientação e amizade.

Ao Prof. Marcos Tadeu D`Azeredo do PresLab-Ufes, por sua disposição em ajudar todos os que o procuram.

A todos os demais Professores do PPGENFIS, as orientações e aulas de todos vocês sempre farão os seus orientandos pessoas melhores.

A todos os amigos feitos nas turmas do PPGENFIS 2011/2 e 2012/1, vocês sempre serão lembrados.

Aos amigos da EEEFM “Professor José Leão Nunes”, pelo apoio na aplicação do produto deste trabalho. Irei reencontra-los em breve.

A todos aqueles, que mesmo não citados aqui, me ajudaram a alcançar mais um objetivo.

Muito Obrigado, que Deus abençoe a todos!

"Pior que a ignorância — só mesmo a
ilusão do conhecimento, que
invariavelmente a acompanha."

Mustafá Ali Kanso

Sumário

Resumo

Abstract

1. Introdução	13
2. Aspectos Teóricos.....	16
2.1. Física Moderna e Contemporânea.....	16
2.2. Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio	17
2.3. Transposição Didática	20
2.3.1. Os Três Saberes.....	22
2.3.2. Práticas Sociais de Referência.....	26
2.3.3. As Regras da Transposição Didática.....	28
2.4. Aprendizagem Significativa.....	31
2.5. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa.....	37
3. Uma Sequência de Ensino sobre Supercondutividade	40
3.1. Uma Sequência de Ensino a Luz da Transposição Didática	40
4. Metodologia.....	44
4.1. Amostra	44
4.2. Cronograma.....	44
4.3. Atividades	47
4.4. Questionários	51
5. Resultados.....	54
5.1. Questionário Sócio Econômico	54
5.2. Conhecimentos Prévios sobre Conceitos de Física Moderna e Contemporânea	58
5.3. Atividade de Anotação de Palavras Chaves com base em Vídeo sobre Supercondutividade e Experimento com Pastilha Supercondutora	60
5.4. Mapas Conceituais Construídos	61
5.4.1. Comparação entre os resultados do 1º e dos 2º mapas.....	66
5.5. Exercícios após Aula Expositiva sobre Supercondutividade	73
5.6. Questionários de Avaliação	77
5.6.1. Questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais	77
5.6.2. Questionário de Auto Avaliação Estudantil.....	79
6. Análise dos Dados.....	82
6.1. Análise dos Dados Relativos ao Potencial Significativo da Sequência Didática Desenvolvida	82
7. Conclusão.....	93
8. Considerações Finais.....	97
9. Referências Bibliográficas.....	99
 APÊNDICE: Sequência Didática “Supercondutividade: Uma Proposta para o Ensino Médio”	104
Apêndice A: Questionário Tópicos de Física Moderna e Contemporânea	105

Apêndice B: Questionário Sócio, Econômico e Digital	107
Apêndice C: Vídeo 1 “Supercondutividade” e Vídeo 2 “Levitação Magnética em Pastilha Supercondutora”	109
Apêndice D: Atividade 1 - Palavras Chaves	111
Apêndice E: Atividade 2 - Significando Palavras Chaves (Lab. De Informática)	113
Apêndice F: Mapa Conceitual 1	116
Apêndice G: Texto - Supercondutores	118
Apêndice H: Slides para Aula Expositiva - Supercondutores	122
Apêndice I: Exercício sobre Supercondutividade	125
Apêndice J: Gabarito do Exercício sobre Supercondutividade	128
Apêndice K: Mapa Conceitual 2	131
Apêndice L: Questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais	133
Apêndice M: Questionário de Auto Avaliação Estudantil	135
Apêndice N: Planos de Aula dos Conhecimentos Prévios ao Tema Supercondutividade	137

Lista de Figuras

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 1.2: Noosfera	22
Figura 2.2: Sistema Didático	22

4. METODOLOGIA

Figura 1.4: Ficha de Observação Aula Expositiva	53
---	----

5. RESULTADOS

Figura 1.5: Resultados da Questão 6, 7, 8, 9 e 10 do Questionário Socio Economico	56
Figura 2.5: Resultados da Questão 1	58
Figura 3.5: Comparação dos Mapas Conceituais – Turma 3m1, 3m2 e 3m3	67
Figura 4.5: Comparação dos Mapas Conceituais do conjunto de dados obtidos de todas as Turmas 3m1, 3m2 e 3m3	68
Figura 5.5: Termos citados na questão 1 do Exercício sobre Supercondutividade	73
Figura 6.5: Termos citados na questão 2 do Exercício sobre Supercondutividade	74
Figura 7.5: Termos citados na questão 3 do Exercício sobre Supercondutividade	74
Figura 8.5: Termos citados na questão 4 do Exercício sobre Supercondutividade	75
Figura 9.5: Termos citados na questão 5 do Exercício sobre Supercondutividade	75
Figura 10.5: Termos citados na questão 6 do Exercício sobre Supercondutividade	76
Figura 10.6: Distribuição de notas	76
Figura 10.7: Resultado da Avaliação dos Recursos Instrucionais	77

6. ANÁLISE DOS DADOS

Figura 1.6: Primeiro (esquerda) e Segundo (direita) MC's do estudante A24_1a ..	87
Figura 2.6: Questionários de Avaliação de Recursos Instrucionais (esquerda) e Auto Avaliação Estudantil (direita) do aluno A24_1	88
Figura 3.6: Primeiro (esquerda) e Segundo (direita) MC's do estudante A27_1a ..	89
Figura 4.6: Questionários de Avaliação de Recursos Instrucionais (esquerda) e Auto Avaliação Estudantil (direita) do aluno A27_1	90

Lista de Tabelas

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Tabela 1.2: Conteúdos de FMC distribuídos no EM segundo o CBC	18
---	----

5. RESULTADOS

Tabela 1.5: Faixa Etária dos Participantes	55
Tabela 2.5: Resultados da Questão 2 do Questionário Sócio Econômico	55
Tabela 3.5: Resultados da Questão 3 do Questionário Sócio Econômico	55
Tabela 4.5: Resultados da Questão 4 e 5 do Questionário Sócio Econômico	56
Tabela 5.5: Meio de Acesso à Internet (Questão 11)	57
Tabela 6.5: Velocidade da Internet (Questão 11)	57
Tabela 7.5: Resultados da Questão 12 do Questionário Sócio Econômico	57
Tabela 8.5: Resultados da Questão 2 do Questionário Tópicos de FMC	59
Tabela 9.5: Resultados da Questão 3 e 4 do Questionário Tópicos de FMC	59
Tabela 10.5: Resultados da Questão 5 do Questionário Tópicos de FMC	60
Tabela 11.5: Palavras Chaves	60
Tabela 12.5: Resultados da Questão 11 do Questionário Recursos Instrucionais ...	78

Lista de Quadros

4. METODOLOGIA

Quadro 1.4: Cronograma para a abordagem de conceitos base de supercondutividade e Mapas Conceituais	45
Quadro 2.4: Cronograma do estudo.....	45
Quadro 3.4: Detalhamento das atividades apresentadas no Quadro 1.4	47
Quadro 4.4: Detalhamento das Atividades da Sequência Didática Supercondutividade.....	48

5. RESULTADOS

Quadro 1.5: Categorias de análise da hierarquia, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (MENDONÇA, 2012)	62
Quadro 2.5: Categorias criadas para analisar e classificar a qualidade dos mapas conceituais (MENDONÇA, 2012)	63
Quadro 3.5: Qualidade do Primeiro Mapa Conceitual	64
Quadro 4.5: Qualidade do Segundo Mapa Conceitual	65
Quadro 5.5: Evolução da Estrutura Hierárquica do 1º e 2º Mapas Conceituais.....	66
Quadro 6.5: Qualidade dos Mapas comparados a sua Estrutura Hierárquica	68
Quadro 7.5: Termos citados no Primeiro Mapa Conceitual (Turma 3m1)	69
Quadro 8.5: Termos citados no Segundo Mapa Conceitual (Turma 3m1).....	70
Quadro 9.5: Termos citados no Primeiro Mapa Conceitual (Turma 3m2).....	70
Quadro 10.5: Termos citados no Segundo Mapa Conceitual (Turma 3m2).....	71
Quadro 11.5: Termos citados no Primeiro Mapa Conceitual (Turma 3m3).....	71
Quadro 12.5: Termos citados no Segundo Mapa Conceitual (Turma 3m3).....	72
Quadro 13.5: Levantamento do total de Conceitos dos MC`s no total das turmas 3m1, 3m2 e 3m3	72
Quadro 14.5: Respostas da Questão Q11 do Questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais	78
Quadro 15.5: Questão 12 sobre críticas, elogios ou sugestões do Questionário Recursos Instrucionais	79
Quadro 16.5: Resultado do Questionário Auto Avaliação Estudantil	79
Quadro 17.5: Cotação dos Estudantes no Questionário Auto Avaliação Estudantil ..	80

6. ANÁLISE DOS DADOS

Quadro 1.6: Levantamento de Novos Conceitos dos MC`s no total das turmas 3m1, 3m2 e 3m3	85
Quadro 2.6: Termos Citados no 2º MC em relação aos citados nas respostas do Exercício sobre Supercondutividade	86
Quadro 3.6: Recorte da Evolução da Qualidade do Primeiro e Segundo MC's do Aluno A24_1	88
Quadro 4.6: Recorte da Evolução da Qualidade do Primeiro e Segundo MC's do Aluno A27_1	90

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quadro 1.8: Problemas/Soluções nas Aulas Prévias ao tema Supercondutividade	97
Quadro 2.8: Problemas/Soluções nas Aulas do Tema Supercondutividade.....	97

Resumo

Equipamentos de alta tecnologia fazem parte do cotidiano do cidadão comum na atualidade, como por exemplo: smarthphones, Tv's Led, GPS, equipamentos de ressonância magnética e outros. No entanto, ele pouco sabe sobre os conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), que dão origem a estas tecnologias que tanto facilitam e melhoram sua vida. Na literatura, diversos documentos de referência e autores abordam o tema. Um dos documentos, a Lei de Diretrizes e Bases – LDB/1996 (LDB, 1996) relata que o ensino médio precisa oferecer ao estudante: “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna” (LDB, artigo 36, § 1º, inciso I). Não distante deste, autores como Terrazan (1992), Valadares e Moreira (1998), Ostermann (1998) e tantos outros apontam nobres justificativas para a imediata inserção de Tópicos de FMC no Ensino Médio. Diante desta breve problematização, esta dissertação foi desenvolvida sob aspectos teóricos da Teoria de Transposição Didática de Yves Chevallard (1991) e da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1980) com o uso do mapeamento conceitual de Joseph Novak (1999). A primeira, trata do “trabalho” para transformar um conhecimento da comunidade acadêmica, para aquele que fará parte dos livros e em seguida será tratado em sala de aula. Astolfi (2011), desenvolve a partir dos trabalhos de Chevallard, 5 regras que darão ao conteúdo transposto, maiores possibilidades de sucesso e permanência no currículo onde está implantado. A segunda, permitirá avaliar o avanço cognitivo e conceitual realizado pelos estudantes durante o trabalho com a utilização de mapas conceituais e se a sequência didática desenvolvida é potencialmente significativa. O trabalho foi realizado com estudantes do turno matutino, do terceiro ano do ensino médio de uma escola estadual do Estado do Espírito Santo. A aplicação de alguns questionários permitiu levantar diversos dados, sendo tratados através deles, o desempenho do professor, aquilo que os alunos poderiam saber sobre temas de Física Moderna e Contemporânea e seu interesse em estudá-los, o mapeamento da faixa etária da amostra, o seu interesse por programas científicos, a sua conectividade a internet e a experiência no uso de alguns softwares, a avaliação dos recursos instrucionais e por fim um questionário auto avaliativo do aluno. Além daqueles obtidos através dos mapas conceituais sob a ótica de Mendonça (2012), vídeos, exercícios, atividades de pesquisa e demais atividades propostas, que permitiram verificar o impacto da sequência didática ao nível do ensino médio. Por fim, a sequência didática desenvolvida neste trabalho pode ser uma alternativa para a inserção e manutenção de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mas vale ressaltar que o mesmo não é uma solução definitiva para as dificuldades em colocar à disposição do aluno os conhecimentos das tecnologias que o rodeiam, mas ser uma alternativa para tal fim.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea, Supercondutividade, Ensino de Física, Transposição Didática, Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

High-tech equipment is part of ordinary people's lives, i.e.: smartphones, LED TV's, GPS, MRI machines and others. However, the common citizen knows little about the concepts of Modern and Contemporary Physics (FMC) which origin these technologies that both facilitate and improve his/her routine. In the literature, many authors and reference documents address to the theme. One of the documents, the Law of Guidelines and Bases - LDB/1996 (LDB, 1996) reports that high school must provide the student: "dominance of scientific and technological principles underlying modern production" (LDB, Article 36, § 1, section I). Not far from this, authors like Terrazan (1992), Valadares and Moreira (1998), Ostermann (1998) and many others point out noble justifications for the immediate insertion of FMC Topics in High School. Once this brief questioning has been stated, the present paper was developed under the theoretical aspects of the Theory of Didactic Transposition Yves Chevallard (1991) and the Meaningful Learning of David Ausubel (1980) with the usage of conceptual mapping Joseph Novak (1999). The first is the "task" to get knowledge from the academic community, and turn it into a content that will be present on the books and handled in the classrooms. Astolfi (2011), developed 5 rules from the work of Chevallard, enabling huge possibilities of success and permanence in the curriculum where such content was transposed. The second will assess cognitive and conceptual improvement students had made during their work with concept maps and whether the instructional sequence was potentially meaningful. The study was conducted with senior students from the morning shift of a public high school in the state of Espírito Santo. The application of some questionnaires allowed to gather data such as teacher performance, what students could learn about Modern and Contemporary Physics topics and their interest in studying them, mapping the age of the samples, their interest in scientific programs, their internet connectivity and experience in the use of some software, the evaluation of instructional resources and at last a self - evaluation questionnaire. We also added videos, exercises, research activities and other proposed activities, which allowed us to verify the impact of the instructional sequence at the high school level to the concept maps from the perspective of Mendonça (2012), Finally, the instructional sequence developed in this paper can be a second path for the insertion and maintenance of Modern and Contemporary Physics Topics in high school, but it is noteworthy that it is not a permanent solution to the difficulties of making knowledge of the technologies that surround us available to the students, but rather an alternative way to achieve that purpose.

Keywords: Modern and Contemporary Physics, Superconductivity, Physics Teaching, Didactic Transposition, Meaningful Learning.

1. Introdução

Atualmente, nota-se uma popularização de recursos como internet de alta velocidade, smartphones com acesso à internet (3g/4g) e telas touchscreen, smart TVs de LCD e LED, isto apenas sobre algumas tecnologias do cotidiano, em outras áreas vê-se equipamentos de Ressonância Magnética Nuclear (RMN), aceleradores de partículas, sistemas dedicados de navegação GPS, entre outros.

Apesar de todo esse avanço tecnológico da sociedade moderna e principalmente a facilidade de acesso a ela pelo cidadão comum, este pouco sabe sobre a origem e conceitos dessas tecnologias. Fato este visto pelo autor desta dissertação, em seus poucos (9) anos de trabalho enquanto professor do ensino médio da rede pública, pela seguinte constatação: o estudante formado no ensino médio pouco ou não acessa os conceitos referentes as tecnologias que ele encontra ao seu redor, principalmente as que usam conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC).

Ao se buscar na literatura, documentos de referência e autores que tratam do tema, encontrou-se inicialmente a Lei de Diretrizes e Bases – LDB/1996 (LDB, 1996), que categoriza o Ensino Médio como etapa final da Educação Básica, tendo por objetivo oferecer ao estudante, entre outros, o: “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna” (LDB, artigo 36, § 1º, inciso I). Para suprir essa necessidade, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) (BRASIL, 1999), lançam competências para o Ensino de Física, uma delas trata de *“Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das novas tecnologias [...]”* (PCNEM+, 2002, p. 68).

Além dos documentos de referência da Educação Brasileira, observa-se que muitos autores são a favor da inserção imediata de Tópicos de FMC no Ensino Médio, pode-se citar alguns como Terrazan (1992), que defende a inserção desses tópicos para dar aos futuros cidadãos ferramenta capaz de capacitá-lo a entender e modificar a sociedade em que vive. Valadares e Moreira (1998), citam que é importante que o estudante conheça os princípios da tecnologia atual, pois esta atua incisivamente na sua vida e pode atuar em sua escolha profissional. Ostermann *et al.* (1998), tratam da FMC como elemento capaz de despertar a curiosidade dos alunos e atrair os jovens para as carreiras científicas, entre outros autores. Portanto, são inúmeras as

justificativas que fazem o tema Física Moderna e Contemporânea, e nesta dissertação, através do tópico Supercondutividade, não apenas importante, mas imprescindível para ao estudante em sua formação enquanto cidadão, não a título de mera informação ou curiosidade, mas para torna-lo plenamente capaz de exercer sua cidadania numa sociedade altamente tecnológica, sendo este individuo capaz de entende-la e modifica-la.

A sequência didática desenvolvida, está formulada sob aspectos teóricos da Transposição Didática, que trata do “trabalho” necessário para transformar um conteúdo do saber da comunidade acadêmica, para aquele que fará parte dos livros e manuais de ensino e em seguida será trabalhado em sala de aula. Para tal, Astolfi (2011), desenvolve a partir dos trabalhos de Chevallard (1991) 5 regras para o possível sucesso da transposição didática de um objeto do saber. Se cumpridas estas regras, maiores as chances de implementação e permanência desse objeto no currículo onde está inserida.

No entanto, não basta brilhar quanto “a forma” adquirida no processo de passagem do meio acadêmico para o de ensino, será que este produto de ensino é capaz de propiciar um terreno adequado a aprendizagem significativa? Será que ele tem “conteúdo”? Neste aspecto, a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel (1980), a partir do uso de mapas conceituais de Joseph Novak (1999), aplicado como atividade pedagógica e avaliados em pré e pós teste, sob a ótica de MENDONÇA (2012), permitirá ter uma ideia do avanço cognitivo feito pelos estudantes durante a realização da sequência didática.

O trabalho foi realizado numa escola pública estadual de ensino médio, no turno matutino, no Estado do Espírito Santo, na região metropolitana da Grande Vitória, com alunos de terceiro ano com faixa etária dominante de 16 e 17 anos, entre os meses de março a maio de 2013, num total de 17 aulas, sendo duas aulas por semana, nas 3 turmas trabalhadas. Foram necessárias 7 aulas para tratar dos conhecimentos prévios ao tema proposto e Mapas Conceituais e mais 11 aulas para todas as atividades desenvolvidas sobre Supercondutividade. Infelizmente, houveram alguns problemas durante a trajetória de execução da sequência no tocante de recursos disponibilizados pela escola e falta de alunos, mas nada que não pudesse superado ou sem solução.

Foram levantados diversos dados com a aplicação de alguns questionários, foram tratados através deles, o desempenho do professor, aquilo que os alunos poderiam saber sobre temas de Física Moderna e Contemporânea e seu interesse em estudá-los, o mapeamento da faixa etária dos estudantes, o seu interesse por programas científicos, a sua conectividade a internet e a experiência no uso de alguns softwares, a avaliação dos recursos instrucionais usados durante o trabalho e por fim um questionário que permitia ao estudante uma auto avaliação. Além daqueles obtidos através dos mapas conceituais, vídeos, exercícios, atividades de pesquisa, trabalho em grupo e demais atividades propostas, o que permitiram verificar o impacto do produto didático ao nível do ensino médio.

Assim, diante de uma sociedade globalizada onde o conhecimento garante os melhores “lugares”, a escola enfrenta desafios cada vez maiores, no que tange a manutenção do seu currículo e a promoção da aprendizagem. Diante desta problemática, este trabalho visa ofertar um produto de ensino sobre o tema Supercondutividade, permitindo inserir no ensino médio um tema que ainda é fonte de pesquisa e gera aplicações tecnológicas nas mais diversas áreas.

2. Referencial Teórico

Nesta etapa será feita uma abordagem apresentando, as justificativas para a escolha do tema Supercondutividade, um assunto de Física Moderna e Contemporânea, bem como o arcabouço teórico que trata de uma possível transposição desse saber para a sala de aula através da sequência didática desenvolvida e a verificação do seu impacto no domínio conceitual dos alunos sob o enfoque da aprendizagem significativa permitindo a sequência ser também potencialmente significativa.

2.1 Física Moderna e Contemporânea

Segundo o autor Akrill (AKRILL, 1991, apud SUN e LAU, 1996, p. 165), a Física está subdividida em três nichos temporais.

A primeira foi a Física Clássica, com a Mecânica e Eletromagnetismo Clássicos, e tem seu início no surgimento da Mecânica Newtoniana e indo até o aparecimento da Teoria Clássica do Eletromagnetismo, no final do século 19.

A segunda foi a Física Moderna, que vai até o final da Segunda Guerra Mundial, sendo um período marcado com o surgimento de teorias tais como a da Relatividade, da Mecânica Quântica, da Supercondutividade, da Física Nuclear. Sua culminância ocorre na utilização da bomba atômica que atingiu Hiroshima e Nagasaki no Japão.

A terceira, que se estende a década de 40 até os dias atuais, é a Física Contemporânea, com assuntos como Eletrodinâmica Quântica, Teoria Eletrofraca, Cromodinâmica Quântica, Supersimetria, Teoria de Supercorda e outros Abdalla (2005).

Para efeitos dessa pesquisa, a Supercondutividade será considerada tanto um tópico de Física Moderna, por ter sido descoberta em 1911 pelo Físico Heike Kamerlingh Onnes, na cidade de Leiden na Holanda, como também de Física Contemporânea por ser um ramo de estudo em pleno desenvolvimento atualmente. As pesquisas nesta área possibilitaram o desenvolvimento tecnológico de veículos magneticamente levitáveis, equipamentos de ressonância magnética, aceleradores de partículas e outros.

2.2 Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

A Lei de Diretrizes e Bases – LDB, promulgada em 1996 (BRASIL, 1996), abrange os diversos níveis de ensino existentes no país e nela encontram-se os princípios gerais da educação. A LDB/96 trata do Ensino Médio como etapa final da Educação Básica, tendo quatro finalidades bem definidas, sendo a última delas: “[...] a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, [...]” (LDB, artigo 35, inciso IV). Tendo por objetivo oferecer ao estudante, entre outros, o: “[...] domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna [...]” (LDB, artigo 36, § 1º, inciso I). Nota-se então, a necessidade de oferecer ao cidadão, através da educação, a compreensão de conteúdos de ciência moderna e contemporânea, permitindo a ele participar mais ativamente da sociedade tecnológica em que está inserido.

Para suprir essa necessidade, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN`s) (BRASIL, 1999), englobam a nível nacional um conjunto de conhecimentos que devem ser oferecidos ao educando, do ensino fundamental ao médio, sendo um norteador para as práticas de sala de aula. No ensino médio, os PCN`s, se subdividem em áreas de conhecimento, estando a Física, situada na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. A partir deste documento, a Física torna-se peça chave para a formação do cidadão inserido na sociedade atual, sendo:

[...] voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. (PCN+, 2002, p.59)

No Estado do Espírito Santo, surge em 2009 o Currículo Básico da Escola Estadual, também chamado de Currículo Básico Comum – CBC (SECRETARIA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO ESPÍRITO SANTO, 2009), documento produzido “[...] com a participação de cerca de 1.500 educadores, entre professores referência, consultores, professores convidados, pedagogos e representantes de movimentos sociais organizados.” (CURRÍCULO BÁSICO COMUM, 2009, p. 12), tendo como objetivo:

[...] dar maior unidade ao atendimento educacional, fortalecendo a identidade da rede estadual de ensino, que se concretiza na práxis docente consonante com os princípios de valorização e afirmação da VIDA em todas as suas dimensões; mediante o resgate de princípios históricos construídos na área da educação, como a relação entre trabalho, ciência e cultura, tendo-se os estudantes na centralidade dos processos educativos. (CURRÍCULO BÁSICO COMUM, 2009, p. 12)

O documento do CBC está distribuído em 7 volumes e os conteúdos das disciplinas são distribuídos por ano, competências e habilidades. No caso da Física são encontrados alguns itens de FMC, nas páginas 83, 84 e 85, conforme listados abaixo:

Tabela 1.2. Conteúdos de FMC distribuídos no EM segundo o CBC

Ano do E.M.	Conteúdo de FMC
1º. Ano	Noções de Relatividade Restrita
2º. Ano	Dualidade Onda-Partícula Efeito Fotoelétrico
3º. Ano	Modelo Atômico Atual Radiação, suas interações e aplicações tecnológicas

Fonte: Currículo Básico Escola Estadual (2009).

Além dos documentos oficiais em nível Federal e Estadual indicarem fortemente a necessidade de atualização da Física lecionada no Ensino Médio, muitos autores lançam fortes justificativas para a imediata inserção de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea nesse nível de ensino.

Terrazan (1992), indica uma grande quantidade de dispositivos atuais e fenômenos do cotidiano que são apenas entendidos usando conceitos que surgiram a partir do século XX e a compreensão da FMC torna-se fundamental para que o homem atual seja capaz de entender e participar do mundo em que vive. Conforme este autor, a Escola de Nível Médio tem que formar cidadãos prontos para participarem ativamente na sociedade, precisando primeiro compreendê-la para em seguida modificá-la. Assim, a Física oferece instrumentos importantes para este objetivo.

Para Valadares e Moreira (1998), é fundamental que o educando do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente na sua vida e também pode atuar na sua escolha profissional. Assim, é fundamental tratar na sala aula conceitos de Física que favoreçam ao estudante um entendimento daquilo que é observado no seu cotidiano.

Ostermann *et al.* (1998), citam que tópicos contemporâneos de física podem:

1. Despertar a curiosidade dos estudantes e ajuda-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próximo a eles;
2. Permitir o contato do educando com a excitante Física do século XX e XXI;
3. Atrair jovens para carreiras científicas, com o objetivo de ampliar o número de pesquisadores e professores de Física.

O último item está relacionado à demanda existente no país de Professores em todos os níveis de ensino e de profissionais das Ciências Exatas, como Físicos, Matemáticos, Engenheiros. Fato este evidenciado em notícias vinculadas em meios de comunicação como o Jornal Bom Dia Brasil (2010) e Folha de São Paulo (2012), que mostram uma procura elevada por estes especialistas. Neste sentido, a atualização curricular em Física torna-se peça chave para um país que precisa de pessoas capacitadas e prontas para responder as demandas do mercado de trabalho.

Cavalcanti *et al.* (1999), relatam que o entendimento de Física Moderna aparece como uma necessidade compreender os fatos, os equipamentos e a tecnologia do cotidiano dos estudantes. Indiscutivelmente, é necessário a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, mesmo diante da fragilidade dos conhecimentos de Física Clássica apresentados pelos alunos.

Para Pinto e Zanetic (1999), os conteúdos de Física abordados tradicionalmente nas escolas devem ser reformulados para um ensino que contemple também a Física Moderna, não apenas a título de curiosidade, mas como uma nova Física capaz de sobrepor aquilo que as teorias clássicas não explicavam, constituindo uma nova maneira de ver o mundo, sendo um conjunto de conhecimento que transborda os limites da ciência e tecnologia, influenciando outras formas do saber humano. Para estes autores a Física Quântica e Física Relativística devem ter seu lugar garantido nos currículos das escolas, pois permitiram transpor horizontes inimagináveis aos olhos dos cientistas clássicos.

Como pode-se perceber, que tanto os documentos norteadores da educação pública, LDB/1996, PCN's e CBC como diversos autores incentivam a inserção de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na escola básica. Não de uma forma engessada e conteudista, mas com materiais especificamente preparados, indo para além de mera informação ou curiosidade. Para isso faz-se necessário o desenvolvimento destes materiais e das metodologias que sejam adequadas à integração desses

conteúdos ao contexto de sala de aula. Neste sentido, a próxima sessão traz uma metodologia que pode nortear o desenvolvimento desses materiais.

2.3 Transposição Didática

Para Chevallard (1991), a Transposição Didática (TD) é um instrumento que permite entender como um conhecimento - *objeto do saber* - desenvolvido no cerne da comunidade científica - *o saber sábio* - é escolhido para fazer parte dos currículos, manuais de ensino, livros didáticos, entre outros, agora chamado de *saber a ensinar* e por fim torna-se aquele ensinado em sala de aula, o *saber ensinado*.

Foi inicialmente proposta pelo sociólogo Frances Michel Verret, em 1975. Entretanto, Chevallard, consegue em 1991, aprimorar seu trabalho sobre Transposição Didática publicando a segunda edição do livro “*La Transposicion Didactique*”, de 1985. Neste livro Chevallard materializa a maneira como o conceito de “distância” surge na área da pesquisa em Matemática e chega à sala de aula. Segundo Chevallard:

Um conteúdo de saber que foi designado como saber a ensinar, sofre a partir de então um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto para ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O “trabalho” que transforma um objeto de saber a ensinar em um objeto de ensino, é denominado de transposição didática. (CHEVALLARD, 1991, p. 45)

Todo esse processo de transformação do saber é feito por indivíduos que estão inseridos nas 3 esferas do saber, tendo cada um deles as responsabilidades inerentes à sua participação. Estes grupos de pessoas coexistem e se influenciam na tomada de decisões daquilo que sairá da comunidade científica, passará a existir nos currículos de ensino e livros e por fim chegará a sala de aula. Este conjunto de pessoas recebe o nome de *Noosfera* e é formada em geral por cientistas, autores de livros didáticos e materiais de ensino, políticos, a comunidade escolar, educadores, professores, pais de alunos e sociedade. Portanto, para Chevallard (1991, p. 28) “[...] a *Noosfera* é a região onde se pensa o funcionamento didático [...]” e corroborando com isto, segundo Brockington e Pietrocola:

Na forma como Chevallard apresenta o papel da *Noosfera*, deve-se admitir que ela se constitui em local de convergência e debate de interesses

diferentes. Os interesses internos da ciência, os ideais de formação dos cidadãos, os objetivos profissionais e de desenvolvimento do indivíduo, entre outros, se encontram nesse espaço de debate, onde os porta-vozes de cada grupo colocam seus argumentos visando a constituição de um consenso. A importância relativa das ações de cada um desses atores num contexto histórico específico determina a forma final do Saber a Ensinar. (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005, p. 393)

Vale ressaltar que no caso de disputas sobre o que será objeto de transposição, alguns “atores” dessas esferas do saber são mais influentes que outros no conjunto da noosfera, tal fato será discutido mais adiante.

Definido as responsabilidades de cada personagem no conjunto da Noosfera, precisa-se entender como ela se relaciona com o contexto escolar e de ensino. A didática tradicional assume o professor e o aluno como núcleo binário do processo de ensino/aprendizagem, mas como esse sistema didático é formado por humanos, as falhas ocorridas passam a ser vistas como inerente a ele, limitando as avaliações sobre aquilo que pode ou não ser bom ao ensino, tornando-o vulnerável e refém daqueles que o fazem.

Chevallard insere um novo elemento a este núcleo: **o saber**. Agora, renovando o Sistema Didático, sendo então formado pelo professor, aluno e saber, permitindo a existência de relações entre seus constituintes, ou seja, relações do tipo professor-aluno, aluno-saber e professor-saber. Esta pequena tríade está inserida no contexto escolar, chamado de Sistema de Ensino, formada pelas escolas e sistema educacional, que “[...] possui por sua vez um entorno, que podemos denominar, se desejarmos, a sociedade [...]” (CHEVALLARD, 1991, p. 27). Toda e qualquer inter-relação entre os Sistemas citados anteriormente acontecem no ambiente da noosfera onde:

[...] se encontram todos aqueles que, tanto ocupam os postos principais do funcionamento didático, se enfrentam com os problemas que surgem do encontro da sociedade e suas exigências; ali se desenvolvem os conflitos; ali se levam a cabo as negociações; ali se amadurecem as soluções. (CHEVALLARD, 1991, p. 28)

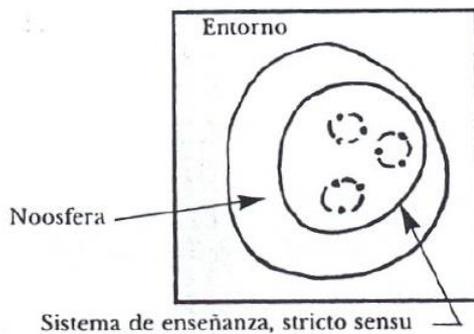


Figura 1.2 Noosfera
Fonte: CHEVALLARD (1991)

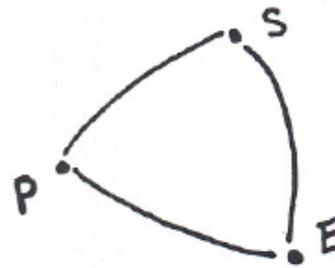


Figura 2.2 Sistema Didático
Fonte: CHEVALLARD (1991)

Por fim, Brockington e Pietrocola (2005) apontam que ao se compreender as alterações sofridas pelo saber, desde sua criação na comunidade científica até sua chegada nas salas de aula, os educadores serão mais capazes de dar significado a aos conhecimentos apresentados nas escolas.

2.3.1 Os Três Saberes

Como visto nas páginas anteriores, a Transposição Didática (TD) é o trabalho de transformação de um conhecimento do meio acadêmico, denominado de *saber sábio*, para os currículos, manuais de ensino e livros didáticos, denominado como *saber a ensinar* e por fim aquele ensinado em sala de aula, o *saber ensinado*. Serão agora tratados em suas particularidades cada uma dessas esferas do saber.

I. O saber Sábio

O saber sábio é aquele produzido pela comunidade científica, sendo formada por cientistas, pesquisadores e intelectuais nas suas respectivas áreas de atuação. O trabalho do pesquisador pode seguir dois caminhos, a busca pela solução de um problema ou o teste de um sistema para verificar o aparecimento de novas propriedades, mas independe do caminho escolhido, esta busca por respostas acaba por produzir novos conhecimentos.

A descoberta do “novo” precisa passar pela aprovação do restante da comunidade acadêmica, legitimando-a, que o faz através das publicações feitas em artigos e revistas, onde são apresentados os resultados das descobertas de forma impessoal e sistêmica, seguindo padrões próprios existentes nesse ambiente. Não aparecem nas obras publicadas, as angustias e questionamentos feitos pelo cientista durante

sua busca. Reichembach (1961) (apud, ALVES FILHO, 2000, p. 223) trata, respectivamente, dessas duas fases como “*contexto da justificativa*” e “*contexto da descoberta*”.

Durante todo o processo de questionamentos, verificações, análises, conclusões e apresentação do saber ao meio acadêmico, Alves Filho cita:

[...] há um processo de reelaboração racional que elimina elementos emotivos e processuais, valorizando o encadeamento lógico e a neutralidade de sentimentos. Aqui, de certa forma, há uma transposição – não didática – mas, diríamos, científica, caracterizada por uma despersonalização e reformulação do saber. (ALVES FILHO, 2000, p. 70)

Muitas descobertas da ciência levam anos para serem aceitas ou testadas experimentalmente. De fato, o tempo é uma característica importante durante os processos de pesquisa e posterior apresentação do saber ao ambiente acadêmico. No saber sábio observa-se o “*tempo real*” e o “*tempo lógico*”. O primeiro relaciona-se ao processo histórico de produção do saber e o segundo à sua apresentação racionalmente lógica e de forma ordenada em revistas, artigos e livros de referência. Alves Filho, cita:

Ao saber sábio, como já comentamos, foi associado o “tempo real” que representa o tempo utilizado ou consumido pela comunidade científica para a construção e legitimação de um determinado saber sábio. Por outro lado, o “tempo lógico” corresponderia ao um certo tempo, de caráter artificial, que ofereceria uma justificativa temporal para a sequência e ordenação dos conteúdos que compõe o saber a ensinar. (ALVES FILHO, 2000, p.229)

II. O Saber a Ensinar

Definido aquilo que será objeto de transformação do saber sábio, tem-se o novo patamar da Transposição Didática, sendo designado como o “saber a ensinar”, aqui tem-se caracterizado a “*Transposição Didática Externa*” (CHEVALLARD, 1991). Este núcleo é formado por um número eclético de profissionais com os mais diferentes objetivos, tais como: secretarias de educação, técnicos governamentais, autores de livros e manuais didáticos, especialistas das disciplinas, professores licenciados, a comunidade escolar e a opinião pública. Apesar dos cientistas e pesquisadores não

fazerem parte deste patamar, eles têm influência indireta e significativa sobre o “saber” que será transposto. *“Aliás, estes grupos não só determinam as transformações, mas também o que do saber sábio deve ser alvo de transformações. A pressão exercida por esses grupos pretende melhorar o ensino e a aprendizagem.”* (ALVES FILHO, 2000, p. 226).

Num primeiro momento, pode-se pensar que o *saber a ensinar* é uma forma simplificada ou trivial do *saber sábio*, mas tal interpretação mostra o desconhecimento da complexa transformação sofrida pelo saber em sua migração entre o “sábio” e o “a ensinar”. Para Chevallard (1991), durante sua transformação, o saber sofre um tipo de *degradação*, ou *descontextualização*, através de um processo chamado de *despersonalização*, sendo então retirado de seu ambiente original e perdendo o contexto epistemológico de sua criação. Com isso, os aspectos históricos, culturais e os problemas que deram origem aquele conhecimento são então retirados, permitindo que ele tenha uma nova estrutura e seja organizado de forma dogmática, ordenada, cumulativa e linearizada, tornando-se um novo saber *recontextualizado* e com uma sequência lógica.

Um outro processo importante durante a Transposição Didática é a *dessincretização* (Chevallard, 1991), que é caracterizada como sendo o processo de retirada do saber de seu contexto epistemológico original, onde o todo é agora segmentado em partes, dando a ele um novo contexto epistemológico.

Rodrigues (2001, p.76), destaca que os processos de descontextualização, despersonalização, dessincretização e recontextualização são a base de referência no processo de produção dos saberes a ensinar. Assim:

Os processos de despersonalização, dessincretização e de descontextualização, aos quais o saber é submetido, faz com que ele seja despido de seu contexto epistemológico, histórico e linguagem própria. Como saber a ensinar, é obtido um saber com uma nova roupagem, uma organização a-histórica, um novo nicho epistemológico e de validade dogmatizada. (ALVES FILHO, 2000, p.227).

A Transposição Didática tem como princípio a premissa que o saber a ensinar não produz conhecimento científico, mas um novo saber, tendo como principal objetivo transformar o “saber sábio” em material ensinável do ponto de vista didático. Desta

forma o saber a ensinar tem regras e linguagem próprias que são usados nos materiais e livros de referência para racionalizar as sequências didáticas. Como cita Alves Filho (2000, p.227) “[...] a transposição muitas vezes necessita criar objetos de saber novos que não tem análogo no saber sábio, tendo uma criatividade didática, quer dizer criação de objetos que não figuram no saber sábio.” Aqui, pode-se citar como exemplo, as escalas termométricas, resistores em circuitos elétricos, vasos comunicantes, entre outros.

Todo o conhecimento produzido no patamar do saber sábio, após sua legitimação passa a fazer parte do acervo cultural da humanidade, sendo eternizado através dos livros e artigos nas publicações física ou digitais. No entanto, como citado anteriormente, nem tudo que foi produzido nesta esfera de saber estará na seguinte: o saber a ensinar. Neste patamar, não é garantido a permanência de um objeto de saber por muito tempo, onde este pode ser substituído ou retirado por não apresentar significado ao contexto escolar ou tornar-se banalizado do ponto de vista sociocultural. A Noosfera através dos seus grupos pertencentes irão determinar quais conteúdos serão promovidos ou destituídos como saber a ensinar. Deve-se ter sempre em mente que este processo objetiva a melhoria do ensino e do processo de aprendizagem.

III. O saber Ensinado

Nesta etapa tem-se caracterizado a “*Transposição Didática Interna*” (CHEVALLARD, 1991), sendo o momento de trabalho do professor com os seus estudantes no ambiente escolar. Assim, do instante de aplicação do saber a ensinar a sala de aula, ele produz o saber ensinado.

“O fato de o saber a ensinar estar definido em um programa escolar ou em um livro texto não significa que ele seja apresentado aos alunos desta maneira. Assim identifica-se uma segunda Transposição Didática, que transforma o saber a ensinar em “saber ensinado”. (ALVES-FILHO, 2000, p.220).”

Neste patamar, o saber ensinado, pertence à prática docente, sendo caracterizada quando o professor prepara suas notas de aula, exercícios, sequencias didáticas e quaisquer materiais de suporte, culminando na aula ministrada por ele. Neste nível da

Noosfera, o professor é o ator principal, mas não o único, todos aqueles que fazem parte do ambiente escolar, como pais, alunos, diretores, pedagogos, coordenadores, etc, também o são.

Dada a proximidade dos agentes constituintes do ambiente escolar, professores, pedagogos, pais e todos os outros, a transposição didática realizada pelo professor, do saber a ensinar ao saber ensinado, acaba por sofrer muitas influências destes. Isso acaba por fazer que não apenas os interesses dos professores, sejam levados em consideração durante o processo de transformação. Este novo ambiente epistemológico, acaba por ser muito instável, frente aos anteriores, o do Saber Sábido ao Saber a Ensinar. Entretanto, para Alves Filho (2000, p. 231), *“Cabe ao Professor, desde o momento da preparação de sua aula até o instante que, na sala de aula, exerce o magistério, contemporizar as correntes de interesse.”*

O tempo é uma ferramenta importante no processo de transposição do saber. Assim, tratou-se primeiramente do “tempo real” e do “tempo lógico” na esfera do saber sábio. Agora, se irá buscar entender como o tempo se manifesta na esfera do saber ensinado. A quantidade de tempo (horas/aula) necessário a um tópico específico ou mesmo àquele programado para o ano letivo é chamado de “tempo didático” (CHEVALLARD, 1991). Cabe ao professor, a responsabilidade de lidar com o planejamento, transformando o “tempo lógico” em “tempo didático” recontextualizando “o tempo real” de forma adequada ao ambiente escolar onde ele está inserido, permitindo que seu aluno tenha um “tempo de aprendizagem”, definido por Chevallard (1991) como sendo o tempo necessário a reorganização interna do saber, num processo de reinterpretação e aquisição de significados, mais eficiente em todos os aspectos.

2.3.2 Práticas Sociais de Referência

As Práticas Sociais de Referência (PSR), desenvolvidas por Martinand em 1986, são práticas que permitem analisar e delimitar o que do saber sábio irá compor o saber a ensinar, dando a este último legitimidade frente ao ambiente escolar onde está inserido. Assim, elas:

Funcionam essencialmente como guia de análise de conteúdo, de críticas e de proposição. A ideia de referência indica que não podemos e nem devemos nos ligar a uma conformidade estreita de competências para adquirir as funções, os papéis e as capacidades da prática real. Antes de tudo deve dar meios de localizar as concordâncias e as diferenças entre duas situações, onde uma (a prática industrial, por exemplo) é objeto ensinado, e possui uma coerência que deve ser transposta para a escola. (MARTINAND, 1986, apud, ALVES FILHO, 2000, p.222).

As PSR's permitem o relacionamento do saber científico com o meio sócio cultural e o cotidiano do estudante, permitindo que ele sinta prazer em aprender ciências, desvendando como os conhecimentos científicos fazem parte da sua vida diária. Desta forma, são elas “[...] *que dão significado extra científico ao Saber Ensinado e, assim, permitem que ele seja mais bem compreendido pelo aluno.*” (DA PURIFICAÇÃO SIQUEIRA, 2006, p. 76).

Além disso, as PSR's podem ser as mais variadas possíveis e no universo da Física pode-se citar várias delas, como por exemplo: a motivação que faz os aparelhos de Ar Condicionado serem montados sempre na parte superior das salas, ou o porquê das garrafas térmicas serem espelhadas em seu interior ou ainda entender porque as painéis possuem cabos com revestimento de madeira ou plástico, entre uma infinidade de outros exemplos em todo o conteúdo da Física. “*Isso faz com que os exemplos, exercícios ou problemas tenham um significado maior para os alunos e, desta forma, tornem-se um conhecimento mais atrativo e com possibilidade maior de ser aprendido.*” (DA PURIFICAÇÃO SIQUEIRA, 2006, p. 77).

Assim sendo, as PSR's possibilitam diminuir o dogmatismo imposto pela Transposição Didática oferecendo significado àquilo que migra do saber sábio indo para o saber a ensinar. Dada a proximidade das PSR's junto ao trabalho docente, sua importância permite uma transposição do *saber a ensinar ao saber ensinado* contextualizado de forma mais social, cultural e histórica junto ao estudante. Alves Filho, ressalta:

Ter consciência da Transposição Didática, bem como do papel das práticas sociais de referência, é de suma importância para o professor que pretende desenvolver um ensino mais contextualizado e com conteúdos menos fragmentados do que aqueles dos livros textos. Isso possibilitaria uma reconstituição, pelo menos parcial, de um ambiente que permita ao aluno a compreensão da capacidade que tem o saber de resolver problemas reais. Também abre caminho para a compreensão de que a produção científica é uma construção humana, portanto, dinâmica e passível de equívocos, mas

que, ao mesmo tempo, tem um grande poder de solução de problemas. (ALVES FILHO, 2000, p. 233)

2.3.3 As Regras da Transposição Didática

Astolfi (2011), a partir do trabalho de Chevallard sintetizou 5 regras que norteiam o processo de Transposição Didática. Estas descrevem a mutação sofrida por um objetivo específico do saber quando este é selecionado na esfera do saber sábio e será então transformado para fazer parte da esfera do saber a ensinar.

Regra 1. Modernizar o Saber Escolar

Em diferentes disciplinas, parece ser necessário aos especialistas “colocar em dia” os conteúdos de ensino para aproximá-los dos conhecimentos acadêmicos. Neste caso, frequentemente criam-se comissões que tomam por base vários trabalhos e proposições anteriores difundidos na noosfera. (ASTOLFI, 2011, p. 182).

Conhecimentos produzidos pelo meio acadêmico e muitos já adotados pela indústria podem fazer parte dos livros e manuais de ensino, relacionando produção científica e industrial, o ambiente escolar e cotidiano do estudante. A inclusão de aplicações industriais de conceitos Físicos e de tópicos de Física Moderna e Contemporânea nos livros didáticos, como o funcionamento de Motores de combustão (Termodinâmica e Maquinas Térmicas), motores elétricos (Eletrodinâmica e Magnetismo), o GPS (Relatividade), Equipamento de Ressonância Magnética (Supercondutividade), Usinas Nucleares (Física Nuclear) e muitos outros revelam a necessidade de sempre manter o saber a ensinar em sintonia com a produção acadêmica e industrial, permitindo assim, a legitimação do saber a ensinar.

Regra 2. Atualizar o Saber a Ensinar

Para esta renovação, julgada necessária do lado do saber sábio, se soma uma necessidade de renovação curricular do lado do ambiente do sistema educativo. (ASTOLFI, 2011, p. 182).

A autoria de livros e matérias didáticos não devem apenas incluir àquilo de mais atual na esfera do saber sábio e da produção industrial, mas deve também descartar o que não é mais útil do ponto de vista didático seja por sua banalização junto a sociedade, pois foi agregada a ela, seja por fatores escolares/curriculares. Alves Filho cita:

A introdução do novo leva ao descarte do antigo que não tem mais serventia. Atualmente tópicos como estudo de máquinas simples, entre elas o 'sarilho', régua de cálculo, termômetro de máximas e mínimas não fazem mais parte dos livros textos, confirmando a presente regra. Regra que poderia ser entendida como a 'luta contra obsolência didática'. (ALVES FILHO, 2000, p. 236)

Regra 3. Articular o Saber “novo” com o “antigo”

Entre os vários 'objetos' do saber sábio suscetível a modernização e para diminuir à obsolescência, alguns são escolhidos porque permitem uma articulação mais satisfatória entre o «novo» que se tenta introduzir, e o «velho» já provado no sistema e do qual será necessário conservar alguns elementos reorganizados. (ASTOLFI, 2011, p. 183).

Novos conhecimentos são melhores articulados e aprendidos tendo como “gancho” os mais antigos, desde que estejam no programa de ensino. Assim, o saber atual é melhor compreendido tendo como suporte o antigo que ao mesmo tempo o válida. Vale ressaltar, que novos conteúdos não podem invalidar os anteriores, sob pena de gerar “[...] *um sentimento de desconfiança, de dispensável, de prescindível por parte do estudante, fazendo-o evitar esforços no seu aprendizado.*” (ALVES-FILHO, 2000, p.237)

Regra 4. Transformar um Saber em exercícios e problemas.

A seleção vai ocorrer a partir da facilidade particular de certos conteúdos para gerar um número grande de exercícios ou atividades didáticas, até mesmo quando estes são nitidamente descontextualizados quanto a sua função, em relação ao conceito original.” (ASTOLFI, 2011, p. 183).

O saber sábio de maior sucesso no processo de transposição para o saber a ensinar, e que se manterá por mais tempo nesta esfera do saber, é aquele que possui intrinsecamente maior capacidade de produzir um amplo espectro de atividades didáticas, entre exercícios, avaliações, projetos e sequências didáticas, entre outros. Segundo Alves Filho:

“Certamente esta é a regra que reflete o maior grau de importância no processo transformador do saber, ao criar uma ligação muito estreita com o processo de avaliação. A organização do saber a ensinar, nos livros textos, é oferecida pela Transposição Didática em um ordenamento crescente de dificuldade – tecnicamente denominado pré-requisitos. A aquisição e domínio deste saber, por parte do estudante, deve ser confirmada pela sua habilidade na solução de exercícios e problemas, cuja resposta envolve um resultado numérico do tipo “certo ou errado”. Alves Filho (2000, p. 238)

Regra 5. Tornar um conceito mais compreensível.

“Um conceito (...) é visto como capaz de diminuir as dificuldades conhecidas como as que os alunos se encontram. (...) A “coisa” do professor é um texto do saber. É então ao texto do saber que ele devolve a etiologia (ciência das causas) o fracasso e, por conseguinte, será nas variações do texto do saber que irá encontrar uma arma terapêutica para as dificuldades encontradas. Podemos aqui medir o caminho do que vai da primeira justificação que introduz o conceito, tal qual como aparece nas instruções, ao interesse que leva conscientemente o professor (diferentes daquele do programa) este mesmo conceito.” (ASTOLFI, 2011, p. 183).

Os conceitos produzidos na esfera do saber sábio usam linguagens e ferramentas próprias e de alta complexidade, como matemática avançada não palpável aos estudantes do ensino médio. Cabe à transposição didática, sob a esfera do saber a ensinar e saber ensinado, facilitar seu aprendizado no contexto escolar com a criação de objetos didáticos com linguagens e ferramentas adequada ao nível médio, permitindo uma introdução de novos conteúdos de forma adequada facilitando o processo de ensino aprendizagem sob a tutoria do professor que definirá o caminho adotado durante as aulas.

2.4 Aprendizagem Significativa

Neste trabalho a adoção da Teoria de Aprendizagem Significativa reside na investigação de possíveis evoluções no domínio conceitual dos alunos a partir da aplicação da sequência desenvolvida, usando mapas conceituais. Para tal, o trabalho prevê um conjunto de atividades que forneçam os conhecimentos prévios ao estudo do tema Supercondutividade, além dos organizadores prévios para a formação de subsunçores adequados levando a aprendizagem adequada do tema proposto.

Segundo Moreira (2011, pg. 159), admite-se três tipos de aprendizagem: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora. A aprendizagem cognitiva é caracterizada pelo armazenamento organizado de conceitos por aquele que aprende, sendo essa estrutura de conhecimentos organizados chamada de estrutura cognitiva. O segundo tipo de aprendizagem, a afetiva, está associada com experiências relacionadas ao estado emocional do ser, como alegria, tristeza, dor, ansiedade e outros. Nota-se que algumas experiências afetivas e cognitivas podem ocorrer concomitantemente. Por fim, a aprendizagem psicomotora, insere-se no contexto de aquisição de habilidades musculares e corporais por meio de treinamento, mas é necessária alguma aprendizagem cognitiva para a obtenção dessas habilidades.

Assim, Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel é primordialmente cognitivista. Nela, a aprendizagem significativa é um processo de organização e interação do material na estrutura cognitiva do ser que aprende, sendo:

“[...] aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.” (MOREIRA, 2011, p.13).

Ausubel chama de subsunçor, ou ideia-âncora, o conhecimento prévio especificamente necessário à nova aprendizagem, podendo ser uma imagem, um conceito, um modelo mental, uma proposição, entre outros, servindo de ancoradouro (no sentido conotativo) para novos conhecimentos. No entanto, o processo de aprendizagem significativa é dinâmico e ao passo que o subsunçor serve de base para o novo conhecimento ele também se modifica, tornando-se mais elaborado em termos

de significado e estabilidade cognitiva, permitindo a construção não literal e não arbitrária do conhecimento. No caso dos novos conceitos não se relacionarem com subsunçores da estrutura cognitiva do aprendiz, haverá neste momento o que Ausubel chama de Aprendizagem Mecânica. Moreira complementa essa afirmação:

Na aprendizagem mecânica, o novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária e literal na mente do indivíduo. O que não significa que esse conhecimento seja armazenado em um vácuo cognitivo, mas sim que ele não interage significativamente com a estrutura cognitiva preexistente, não adquire significado. Durante um certo período de tempo, a pessoa é inclusive capaz de reproduzir o que foi aprendido mecanicamente, mas não significa nada para ela. (MOREIRA, 2010, p. 18)

Porém, nem sempre existem subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz, no que tange o novo assunto que será tratado. Assim, Ausubel propõe uma solução chamada de *organizador prévio*, sendo um recurso que servirá de “ponte cognitiva” entre aquilo que o aluno já sabe e o que ele deveria saber para a possível ocorrência da aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999, p. 163). O *organizador prévio* pode ser um enunciado, um texto, uma figura, uma imagem, um filme, uma simulação computacional, um experimento, uma situação-problema ou a combinação deles, devendo sempre ser um recurso instrucional apresentado num nível de abstração e generalidade e inclusividade mais alto em relação ao material de aprendizagem, não devendo ser confundido com um sumário ou resumo, que estão em geral no mesmo nível do material a ser aprendido, dependendo também “[...] da natureza do material de aprendizagem, da idade do aprendiz e do seu grau de familiaridade prévia com a passagem a ser aprendida.” (AUSUBEL, 1980, p. 147). Assim, nota-se um amplo espectro de oportunidades para se construir organizadores prévios, mas eles precisam necessariamente ser mais abrangentes, mais gerais e inclusivos que o material de aprendizagem (MOREIRA, 2011, p.30). Ausubel *et al*, resumem de forma elegante o objetivo do organizador prévio:

Em resumo a principal função do organizador está em preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta. A função do organizador é oferecer uma armação ideacional para a incorporação estável e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue no texto a aprender. (AUSUBEL *et al*, 1980, p. 144)

Aprender significativamente não é algo natural ou corriqueiro e exige, segundo AUSUBEL *et al* (1980), que duas condições sejam satisfeitas para que as chances de sucesso durante o processo aumentem, são elas:

- **O material instrucional precisa ser potencialmente significativo**

Um material instrucional pode ser constituído de textos, figuras, simulações computacionais, exemplos, experimentos, atividades em grupos ou mesmo o conjunto delas, e se delineado a partir dos conhecimentos prévios dos alunos (subsunçores) será um material de alto potencial significativo. Mas vale ressaltar que, apesar de bem preparado, se o mesmo não cumprir esta condição, a aprendizagem acontecerá através de uma relação arbitrária e literal de conceitos, sendo do tipo mecânica. Por isso, não existe material, vídeo, aula, ou qualquer outro recurso instrucional *significativo*, eles são apenas potencialmente significativos. Ser mais ou menos significativo depende daquele que aprende e não dos materiais, estando o significado nas pessoas e não nos recursos (MOREIRA, 2011, p. 25).

- **O indivíduo precisa estar pré disposto a aprender significativamente**

A predisposição em aprender é também importante para a possível ocorrência da aprendizagem significativa. O estudante precisa ter o interesse em relacionar de maneira não literal e não arbitrária o novo conhecimento aos seus conhecimentos prévios, modificando cada vez mais a sua estrutura cognitiva, tornando-a assim mais rica em conceitos. Tal afirmação não isenta o professor nem a escola da responsabilidade do processo ensino-aprendizagem de seu corpo discente, muito pelo contrário, é de responsabilidade do professor descobrir aquilo que o aluno já conhece no contexto onde está inserido e a partir daí planejar quais estratégias e recursos são mais apropriados ao tema lecionado. Cabe a escola oferecer ao professores e estudantes os meios para promoção dessa aprendizagem, ou seja, ela “[...] deve se encarregar de: fornecer aos estudantes disciplinas realmente validas e pedagogicamente apropriadas, planejar o currículo escolar e os métodos de ensino [...]”. (AUSUBEL *et al*, 1980, p.4)

Segundo AUSUBEL *et al* (1980), durante o processo de aprendizagem significativa, ocorrem mudanças na estrutura cognitiva daquele que aprende através de dois processos distintos, mas que podem acontecer em concomitância, chamados de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Desta forma, Moreira afirma:

Quando aprendemos de maneira significativa temos que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos a fim de perceber diferenças entre eles, mas é preciso também proceder a reconciliação integradora. Se apenas diferenciamos cada vez mais os significados, acabaremos por perceber tudo diferente. Se somente integrarmos os significados indefinidamente, terminaremos percebendo tudo igual. Os dois processos são simultâneos e necessários a construção cognitiva, [...] (MOREIRA, 2011, p. 22)

Assim, a diferenciação progressiva acontece quando os temas de ensino são preparados para serem trabalhadas a partir das ideias e conceitos mais gerais e amplos em direção aos mais específicos e detalhados. Tal ordem corresponderia à forma natural de aquisição da consciência e sofisticação cognitiva quando os seres humanos são expostos ao novo conhecimento, seja ele absolutamente novo, seja ele um novo ramo de um assunto familiar. Também corresponderia à maneira como este conhecimento é guardado no sistema cognitivo humano. Ao propor isso Ausubel *et al* (1980, p. 159), resume estas afirmações:

Estes dois pressupostos que aqui mencionamos, em outras palavras, são: (1) É menos difícil para os seres humanos compreender os aspectos diferenciados de um todo previamente aprendido, mais inclusivo, do que formular o todo inclusivo a partir de suas partes diferenciadas previamente aprendidas. (2) Num indivíduo, a organização do conteúdo de uma disciplina particular consiste de uma estrutura hierárquica na sua própria mente. As ideias mais inclusivas ocupam uma posição no topo desta estrutura e abrangem proposições, conceitos e dados factuais progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados. (AUSUBEL *et al*, 1980, p. 159)

Os autores ainda sugerem que a aprendizagem e a retenção do conhecimento serão ótimas quando os professores deliberadamente ordenam e organizam a sequência dos assuntos de maneira similar. Sendo também desejável que o próprio material de aprendizagem, num determinado curso, siga o princípio da diferenciação progressiva. Vale lembrar que a diferenciação progressiva está presente na aprendizagem subordinada. Novamente, Moreira (2011, p. 21) cita um exemplo de diferenciação

progressiva através dos conceitos de “conservação”: à medida que o aluno vai aprendendo significativamente o que é conservação de energia, conservação da carga elétrica, conservação do momento linear, o subsunçor “conservação” vai ficando cada vez mais aprimorado, mais diferenciado, mais capaz de servir de ancoradouro para novos significados.

A reconciliação integrativa, por sua vez, acontece durante a aprendizagem significativa pelo delineamento de diferenças e semelhanças entre conceitos relacionados. Consistindo em eliminar diferenças aparentes, revolver inconsistências, integrar significados e fazer superordenações (MOREIRA, 2011, p. 19), permitindo ao aluno notar as diferenças entre sua estrutura cognitiva e o assunto estudado. Vale lembrar que a reconciliação integrativa está relacionada com a aprendizagem superordenada. Moreira (2010, p. 19) cita um exemplo de reconciliação integrativa a através do subsunçor “força”:

[...] se o aluno continuar estudando Física acabará incorporando ao subsunçor força os significados relativos às forças [...] gravitacional, eletromagnética, nuclear fraca e nuclear forte. Ele poderá ter aprendido também que essas são as únicas forças fundamentais na natureza, pois todas as demais podem ser interpretadas como casos particulares dessas quatro. Mas para chegar aí não bastaria ter refinado e diferenciado progressivamente a ideia de força. Seria preciso também ter feito muitas reconciliações entre diferenças reais e aparentes entre as muitas forças que aparecem nos livros didático (por exemplo, força de atrito, força peso, força motriz, força centrífuga) entre conflitos cognitivos (por exemplo, como pode aumentar a força de atração entre certas partículas elementares quando elas se afastam, se normalmente dá-se o contrário?). Diz-se que teria sido feitas reconciliações integradoras. (MOREIRA, 2010, p. 19)

Justamente com a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e o uso de organizadores prévios, Moreira recomenda o uso dos princípios de *organização sequencial* e *consolidação* como facilitadores da aprendizagem significativa. A organização sequencial se vale em tirar proveito das dependências nas sequências naturais que existem nos conteúdos de ensino, ficando mais fácil para o estudante organizar seus subsunçores se os tópicos de ensino são colocados em sequências hierárquicas naturais, de modo que cada tópico dependa do anteriores. Ausubel *et al* (1980, p. 164) citam que o conhecimento adquirido de um assunto na sequência de ensino tem um papel de organizador em relação ao tema posterior. Assim, a organização sequencial dos temas de estudo pode ser muito eficaz, uma vez que o

acréscimo de conhecimento será o ponto de partida para a aprendizagem subsequente, mas será pressuposto que os avanços nos conteúdos aconteçam com a completa consolidação do tema em questão.

A consolidação parte do princípio do domínio dos conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos. Ficando, para Ausubel (1980, p. 165), assegurado uma prontidão contínua da aprendizagem sequencialmente organizada. Este tipo de aprendizagem exigirá que o assunto precedente seja, claro, estável e bem organizado. Assim, todo novo assunto nunca deveria ser lecionado até que todo o conhecimento anterior tivesse sido completamente dominado. Desta forma, cada novo passo na sequência de ensino só pode ser dado com a verificação da sua aprendizagem.

Toda a Teoria de Aprendizagem Significativa está focada no trabalho de sala de aula, partindo do princípio citado por Ausubel:

“Se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diríamos: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o de acordo.” (AUSUBEL, 1980, p. 137)

Assim, a avaliação da aprendizagem significativa é importante pois permite determinar se os objetivos educacionais estão sendo alcançados, mas para tal é necessário seguir alguns princípios:

- Verificar o que o aprendiz já sabe antes de lhe ensinar algo novo;
- Vigiar a aprendizagem do aluno, tomando medidas necessárias para melhorá-la;
- Verificar a eficácia dos métodos de ensino e a sequência curricular adotada, bem como se os objetivos propostos estão sendo alcançados;

O alcance desses princípios exige que a avaliação tenha objetivos claros, que devem ser apresentados aos estudantes previamente para que estes possam se preparar adequadamente. Para auxiliar no desenvolvimento de uma avaliação adequadamente significativa aos conteúdos de ensino propostos. Sugere-se que:

- Os problemas propostos sejam diferentes daqueles originalmente vistos durante a matéria lecionada;
- Sejam realizados pré-testes para verificar a existência de ideias âncoras para que o aluno possa aprender significativamente;
- Sejam aplicados testes ao final do(s) conteúdo(s) para verificar a retenção dos vários conceitos abordados;

Além disso, reforçando estas ideias, MOREIRA (2011) relata que a aprendizagem significativa é progressiva, devendo a avaliação nesse contexto ser capaz de verificar a compreensão, a captação de significados e a capacidade de transferência do conhecimento para situações não conhecidas e não rotineiras. Assim a avaliação deve ser predominantemente formativa e recursiva, permitindo ao aprendiz refazer, se necessário, as tarefas de aprendizagem.

Com base nisso e sabendo que o tema Supercondutividade é de natureza altamente complexa, a sequência didática desenvolvida neste trabalho foi desenvolvida com o foco mais conceitual, não abordando aspectos matemáticos inerentes ao conteúdo, que não fazem parte do escopo do Ensino Médio. Assim, buscou-se tratar do assunto de forma sistemática e pautada sob aspectos relevantes da Teoria de Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel e a verificação das possíveis evoluções de domínio conceitual nos estudantes foi realizada utilizando Mapas Conceituais (NOVAK E GOWIN, 1999) em pré e pós teste e em dois momentos distintos durante a aplicação da sequência didática.

2.5 Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa

O mapa conceitual é uma técnica desenvolvida na década de 70 por Joseph Novak e colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos. Esta técnica está fundamentada na teoria cognitiva de aprendizagem significativa de David Ausubel, apesar de Ausubel nunca tê-los mencionado em sua teoria.

Segundo Novak e Gowin (1999) e Moreira (2010, 2011) os mapas conceituais são uma representação gráfica bidimensional que indicam relações entre conceitos, na forma de proposições. As proposições são conceitos conectados por palavras de ligação de modo que este conjunto conceito 1 – palavra de ligação – conceito 2

formem uma unidade semântica com sentido lógico. Os mapas conceituais não têm por finalidade classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquiza-los, onde os conceitos mais inclusivos e gerais estão no topo e os mais específicos e subordinados estão posicionados abaixo deles. No entanto, observa-se que esta é apenas uma das várias formas que um mapa conceitual pode adquirir, mas é imprescindível que um mapa sempre informe claramente quais são os conceitos contextualmente mais amplos e quais os mais específicos subordinados a eles. O uso de figuras geométricas e setas para identificar conceitos, palavras de ligação ou dar um sentido de direção em determinadas relações conceituais pode acontecer, mas não são obrigatórios.

Novak e Gowin (1999, p. 56), desenvolveram os mapas conceituais para oferecer aos educadores uma ferramenta para ajudar a verificar aquilo que os estudantes já sabem. Sendo desenvolvidos para ser uma ponte de comunicação com a estrutura cognitiva do aluno e para ajudá-lo a exteriorizar o que ele já sabe, permitindo a ele e o professor notarem isso. Porém, os autores afirmam que os mapas conceituais não oferecem uma representação completa dos conceitos e proposições que o estudante conhece, mas o seu sucesso reside no fato de ser uma aproximação trabalhável, que tantos professores e alunos pode se usar para a promoção do seu crescimento cognitivo.

Entretanto, esta não é a única possibilidade de uso da técnica de mapeamento conceitual, podendo ser usada para diferentes finalidades, tais como, mapear conhecimentos prévios, evidenciar concepções alternativas, analisar currículos de ensino, método avaliativo não tradicional, “[...] *promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa.*” (MOREIRA,1980, p.479), entre tantas outras. Moreira, resume o objetivo primário do uso dos mapas conceituais, como instrumento facilitador da aprendizagem significativa:

Na medida em que os alunos utilizarem os mapas conceituais para integrar, reconciliar e diferenciar conceitos, na medida em que usarem essa técnica para analisar artigos, textos, capítulos de livros, romances, experimentos de laboratório e outros materiais educativos do currículo, eles estarão usando o mapeamento conceitual como recurso de aprendizagem. (MOREIRA, 2011, p. 128) [24]

Enquanto técnica de avaliação, Novak e Gowin (1999) relatam que os mapas conceituais podem ser analisados com critérios qualitativos ou quantitativos. A

avaliação pode analisar as proposições válidas, a hierarquia, as ligações cruzadas e os exemplos, podendo-se atribuir 1 ponto por cada proposição válida e significativa, 5 pontos por cada nível hierárquico, 10 pontos por cada relação cruzada que seja válida e 1 ponto por cada exemplo válido. No entanto, Moreira, eleva a importância da análise qualitativa dos mapas conceituais:

A análise dos mapas conceituais é essencialmente qualitativa. O professor, ao invés de preocupar-se em atribuir um escore ao mapa traçado pelo aluno, deve procurar interpretar a informação dada pelo aluno no mapa a fim de obter evidências de aprendizagem significativa." [...] "Mapas conceituais são dinâmicos, estão constantemente mudando no curso da aprendizagem significativa. Se a aprendizagem é significativa, a estrutura cognitiva está constantemente se reorganizando por diferenciação progressiva e reconciliação integrativa e, em consequência, mapas conceituais traçados hoje serão diferentes de amanhã. (MOREIRA, 2010, p.18)

Portanto, o mapeamento conceitual é uma técnica poderosa que pode ser utilizada em qualquer nível de ensino, em qualquer área de conhecimento, uma vez que permite visualizar o que o estudante sabe conceitualmente, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona e integra conceitos, permitindo que ele negocie e renegocie significados em sua estrutura cognitiva, aumentando a possibilidade de uma aprendizagem significativa (Novak e Gowin, 1999; Moreira, 2006a).

3. Uma sequência de ensino sobre supercondutividade

A proposta deste trabalho é desenvolver uma sequência didática que proporcione uma oportunidade de aprendizagem significativa ao estudante. O tema escolhido foi a supercondutividade, que é um fenômeno descoberto e explicado através de teorias da Física Moderna e Contemporânea. Tal tema envolve fenômenos e conceitos que extrapolam o escopo do ensino médio, se tornando possíveis barreiras à sua abordagem neste nível de ensino. Para elucidar se o tema poderia ou não ser abordado no ensino médio de maneira adequada, lançou-se mão da Teoria da Transposição Didática que, através de 5 regras básicas, permite analisar um conteúdo científico específico e julgar se tal conteúdo pode ser transposto didaticamente ao contexto educacional.

Dessa forma, a próxima sessão faz uma análise das teorias de supercondutividade, sob a ótica da Transposição Didática, com o objetivo de desenvolver uma sequência didática potencialmente significativa.

3.1 Uma Sequência de Ensino a Luz da Transposição Didática

Como apresentado na sessão 2.3.3, a primeira Regra da TD segundo Astolfi (2011) trata da Modernização do Saber Escolar, onde se faz necessário tornar a produção acadêmica e industrial próxima do ambiente escolar e do dia-a-dia do estudante. Para aplicar esta regra ao tema da Supercondutividade, pode-se tratar o tema através de vídeos e de textos explicativos, que busquem mostrar as tecnologias atuais que utilizem supercondutores ou equipamentos que auxiliem em diagnósticos médicos como a Ressonância Magnética Nuclear, trens magneticamente levitáveis, entre outras aplicações. Assim, foi escolhido um vídeo que apresentasse as aplicações da supercondutividade na sociedade e foi produzido um texto que tratasse das teorias da supercondutividade com uma linguagem adequada ao nível de ensino médio. Vale ressaltar que estas atividades fazem uma ponte com as Práticas Sociais de Referência de Martinand (1986, apud, ALVES FILHO, 2000), de forma que buscam relacionar o conhecimento científico da Supercondutividade com aplicações tecnológicas inseridas na vida do estudante além da contextualização histórica com citação de sua descoberta e desenvolvimento ao longo do último século.

A segunda Regra da TD trata Atualização do Saber Escolar, fazendo-se necessário a renovação do currículo, descartando os saberes já difundidos e/ou que tornaram-se corriqueiros frente a sociedade ou que não tem mais valor do ponto de vista didático. Como o tema Supercondutividade é uma linha de pesquisa em pleno desenvolvimento, gerando inclusive, tecnologias aplicadas em medicina, transporte, geração de energia e outras, justifica-se sua escolha para uma possível renovação do currículo através do trabalho proposto nesta dissertação. Renovação está defendida através documentos norteadores da educação pública, LDB/1996, PCN`s e CBC e diversos autores que incentivam a inserção de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na escola básica, todos citados na seção 2.2.

A terceira Regra da TD trata da Articulação do Saber “novo” com o “antigo”, de forma que os novos conhecimentos devem ter como alicerces os conhecimentos antigos, servindo de ancora para os atuais e validando-os. Para se trabalhar o tópico proposto se faz necessário possuir vários conhecimentos prévios de eletromagnetismo e termodinâmica. Estes são: os modelos e as partículas atômicas, a corrente elétrica, diferenças entre condutores e isolantes, a ligação metálica, a resistência elétrica, efeito joule, ímãs, campo magnético e linhas de força, a Lei de Ampere, a Lei de Faraday e Lenz e os possíveis Estados da Matéria. Portanto, a própria natureza do tema Supercondutividade, exige que este conjunto de saberes essenciais, já bem construídos e validados, seja o suporte para a sua inserção e possível manutenção no ambiente educacional. De fato, anterior ao tema proposto, foram trabalhados em aulas preparatórias os seguintes assuntos: Mapas Conceituais, Modelos Atômicos, Corrente Elétrica, Resistencia Elétrica e Efeito Joule, Magnetismo, Lei de Ampere e Indução Eletromagnética. Para cada assunto abordado há um plano de aula disponível juntamente com o produto desta dissertação.

Astolfi (2011), ao trazer a quarta regra da TD, estabelece que o saber sábio com maior chance de sucesso em permanecer na esfera do saber a ensinar será aquele que permitir o desenvolvimento de um ampla gama de atividades didáticas, entre exercícios, sequencias didáticas, projetos de ensino, avaliações, entre outros. Partindo deste princípio, são inúmeras as possibilidades de gerar e gerenciar tarefas e projetos de ensino, mas estes últimos devem permitir ao professor dizer se o estudante possui os conhecimentos prévios para avançar para o próximo tema, ou

seja, se o estudante está apto a avançar. Desta forma, foram escolhidos e aplicados de forma sequencial, as atividades listadas abaixo:

1. Um questionário para verificar a faixa etária dos estudantes e como poderiam acessar a web (Apêndice A);
2. Um questionário para ver se o estudante já tinha tido algum contato com temas de FMC e o seu interesse sobre o assunto (Apêndice B);
3. Um vídeo sobre supercondutividade (Apêndice C);
4. Um exercício de observação com anotações das palavras-chave desse último vídeo (Apêndice D);
5. Um vídeo do experimento com a pastilha supercondutora (Apêndice C);
6. A realização do experimento de levitação magnética com uma pastilha supercondutora (se disponível);
7. Uma pesquisa web de palavras chave do tópico supercondutividade, sendo elas – Supercondutividade, Resistência Elétrica Nula, Efeito Meissner, Supercondutores Tipo I, Supercondutores Tipo II, Teoria BCS e Aplicações dos Supercondutores (Apêndice E);
8. A produção do primeiro mapa conceitual enquanto exercício e pré teste (Apêndice F);
9. A leitura do texto “Supercondutividade” (Apêndice G) em grupos e a produção de um resumo individual;
10. Uma aula expositiva e geral do tema com slides (Apêndice H);
11. Um exercício de 7 perguntas de respostas abertas (Apêndice I);
12. A produção do segundo mapa conceitual enquanto exercício e pós teste (Apêndice K);
13. Um questionário de avaliação da sequência e dos recursos instrucionais usados (Apêndice L);
14. Um questionário que permitisse ao estudante uma auto avaliação do seu desempenho e interesse (Apêndice M).

O intuito dessas atividades é permitir aos estudantes usarem as mais variadas habilidades e competências.

Na quinta regra da TD, Astolfi (2011), estabelece que pelo fato do saber produzido na esfera do saber sábio ser de alta complexidade e usar ferramentas e linguagens próprias, esta regra tem por objetivo tornar um conceito mais compreensível, sendo

de responsabilidade das esferas do saber a ensinar e do saber ensinado, facilitar o aprendizado deste conhecimento com a criação de objetos didáticos adequados a linguagem e nível dos estudantes. Portanto, o texto “Supercondutividade” e as atividades e exercícios propostos nessa sequência foram desenvolvidos com a preocupação de se adequar ao nível de ensino dos alunos e tornar o tema Supercondutividade mais suscetível ao aprendizado, integrando ao ensino médio mais Tópicos de Física Moderna e Contemporânea.

4. Metodologia

4.1 Amostra

O estudo foi desenvolvido com 76 alunos divididos em 3 turmas de terceiro ano de uma escola regular de ensino médio do Estado do Espírito Santo. Essa escola está localizada em um bairro com taxa de alfabetização de 98.9% (pessoas com 10 anos ou mais) e uma média salarial de R\$ 1.468,01 (Valor nominal médio das pessoas com 10 anos ou mais de idade, com rendimento) (IBGE, 2010). Além deste bairro, a unidade escolar também atende a bairros adjacentes, cujas taxas de alfabetização variam entre 94 e 96% e média salarial entre R\$ 923,29 e R\$ 1497,55. Essa faixa de renda posiciona as famílias dos estudantes que participaram do estudo na classe C2 (CEEB, 2013), significando que a escola se encontra numa região que não enfrenta problemas de miséria e pobreza crônica, garantindo à maioria dos estudantes uma condição socioeconômica razoavelmente estável, permitindo uma vida estudantil saudável. Um levantamento feito junto a secretaria da escola mostrou que em 2012, havia 89 alunos matriculados no 2º ano do ensino médio, dos quais 72 foram aprovados para o 3º ano em 2013, representando 80,8% do total. No entanto, dos 72 alunos que estavam matriculados no 3º ano, 32 fizeram todas as atividades propostas, sendo este o grupo de referência utilizado para a avaliação do material desenvolvido. A faixa etária dos estudantes envolvidos no estudo é composta, majoritariamente, por jovens entre 16 e 17 anos.

4.2 Cronograma

Tanto para abordar o tema supercondutividade como para a construção de mapas conceituais pelos estudantes, é necessário que eles possuam um conjunto de conhecimentos prévios que possibilitem tais ações. Assim, foi aplicada uma série de aulas anteriores ao estudo, para a abordagem dos conceitos base para o conteúdo de supercondutividade e também uma aula sobre Mapas Conceituais, para que os estudantes se familiarizassem com a construção desses mapas. O cronograma com essas aulas é mostrado no Quadro 1.4.

Quadro 1.4 - Cronograma para a abordagem de conceitos base de supercondutividade e Mapas Conceituais

nº	Tópico	Objetivo	Tempo (nº aulas)
1	Mapas Conceituais	<ul style="list-style-type: none"> Conhecer os mapas conceituais como ferramenta de aprendizagem; 	1
2	Modelos e Partículas Atômicas.	<ul style="list-style-type: none"> Conhecer os principais modelos atômicos, evolução, características, diferenças e as partículas atômicas. 	1
3	Corrente Elétrica, Modelo de Metal, Condutores e Isolantes Elétricos.	<ul style="list-style-type: none"> Entender o conceito de corrente elétrica diferenciando condutores e isolantes elétricos; Visualizar a Ligação Metálica; 	1
4	Resistência Elétrica, 1 Lei de Ohm e Efeito Joule.	<ul style="list-style-type: none"> Compreender o Efeito Joule como resultado da existência de resistência à passagem de corrente elétrica num condutor e sua origem microscópica; 	1
5	Magnetismo, Polos Magnéticos, Campo Magnético, Campo Magnético da Terra, Linhas de Força.	<ul style="list-style-type: none"> Estudar os polos magnéticos, suas interações e as representações geométricas dos campos magnéticos, partindo de representações de campos de ímãs. Discutir sobre campos magnéticos e o campo magnético terrestre. 	1
6	Campos Magnéticos formados por Corrente Elétrica - Lei de Ampere.	<ul style="list-style-type: none"> Conhecer o princípio de geração de campo magnético pela corrente elétrica num condutor – Lei de Ampere. 	1
7	Indução Eletromagnética: Lei de Faraday e Lenz.	<ul style="list-style-type: none"> Compreender o fenômeno da indução eletromagnética (Leis de Faraday e Lenz) onde o fluxo magnético variável numa espira ou solenoide pode produzir corrente elétrica no circuito. 	1

Os planos de aula referentes a cada tópico do Quadro 1.4 encontram-se nos anexos (ver Apêndice N). A aplicação deste cronograma fica a critério do professor seja enquanto conteúdo de revisão, seja para construir a estrutura teórica necessária ao tema proposto. No entanto, o tópico sobre mapas conceituais é obrigatório, logo se faz necessário o trabalho prévio do assunto com os alunos para garantir que eles saibam desenvolver esta atividade corretamente. Vale ressaltar, que a estrutura geral do trabalho desenvolvido, engloba os conhecimentos prévios necessários ao tema e a sequência didática do Tópico Supercondutividade de forma a permitir que este assunto seja trabalhado em qualquer período do ano letivo, oferecendo mobilidade temporal a esta sequência didática. A seguir um quadro com o cronograma das atividades desenvolvidas do Tema Supercondutividade.

Quadro 2.4 - Cronograma do estudo

nº	Atividade	Descrição	Tempo (aulas)
1	Questionário Tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar questionário Tópicos sobre temas de FMC (Apêndice A). 	0

2	Questionário Sócio, Econômico e Digital	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar Questionário Sócio, Econômico e Digital buscando mapear a faixa etária dos estudantes, como eles acessam programas científicos, a web e a sua experiência em programas de informática (Apêndice B); 	0
3	Apresentar Vídeo e Experimento e/ou Vídeo Levitação Magnética. Atividade 1 – Palavras Chave.	<ul style="list-style-type: none"> Apresentar Vídeo de 23 min (Apêndice C) sobre o tema Supercondutividade e Experimento de Levitação Magnética com uma Pastilha (20min) ou vídeo da levitação Magnética (5 min); Aplicar Atividade 1 – Palavras Chave (Apêndice D), durante a apresentação do Vídeo e Experimento e/ou Vídeo sobre levitação magnética, pedindo aos estudantes que anatem as palavras e/ou expressões que julgarem interessantes ou que levantarem dúvidas. 	1
4	Atividade em Lab. De Informática	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar atividade de pesquisa no lab. de informática com acesso à Web, pedindo aos estudantes para pesquisarem o significado dos termos descritos na Atividade 2 – Significando Palavras Chave (Apêndice E) e aqueles que acharam importantes na Atividade 1 – Palavras Chave. A atividade de pesquisa pode ser terminada em casa. 	2
5	Atividade Mapa Conceitual 1.	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar atividade em formato de mapa conceitual (Apêndice F). 	1
6	Estudo do Texto “Supercondutores”.	<ul style="list-style-type: none"> Opção 1: Leitura individual do texto “Supercondutores” (Apêndice G) com a produção de um resumo por parte do estudante; Opção 2: Realizar estudo do texto “Supercondutores” em grupos, dividindo a turma em grupos proporcionais aos tópicos do texto com posterior apresentação. <p>Observação: Para a realização das duas opções desta etapa da sequência didática serão necessárias 3 aulas, para apenas 1 delas, se usam 2 aulas.</p>	2 ou 3
7	Leitura do Texto	<ul style="list-style-type: none"> Ler o texto com a turma ressaltando os principais pontos. 	1
8	Aula expositiva com Apresentação em Slides. Aplicar Exercício.	<ul style="list-style-type: none"> Finalizar o tema supercondutividade com uma aula expositiva e apresentação de slides (Apêndice H). Aplicar Exercício sobre Supercondutividade (Apêndice I) após breve apresentação de slides com consulta ao texto, podendo o mesmo ser consultado. 	2
9	Atividade Mapa Conceitual 2.	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar atividade em forma de Mapa Conceitual (Apêndice K). 	1
10	Aplicar Questionário Avaliação dos Recursos Instrucionais e Questionário Auto Avaliação Estudantil.	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar questionário permitindo ao estudante avaliar os recursos usados na sequência didática (Apêndice L). Aplicar questionário auto avaliativo permitindo ao estudante refletir sobre seu desempenho durante o trabalho do tema (Apêndice M). 	0

Os tópicos de número 1, 2 e 10 (questionários) foram aplicados respectivamente, antes do início das atividades e após o término das mesmas, assim elas

contabilizaram 0 aulas. O tópico 5, por ser uma atividade extraclasse, também contabiliza 0 aulas.

O aparato experimental utilizado no Item 3 e o respectivo treinamento para manuseá-lo, ver DA ROCHA (2004), foi oferecido pelo Laboratório de Alta Pressão e Supercondutividade (PresLab - <http://www.fisica-aplicada.com.br/>) – Ufes. Devido à dificuldade na obtenção de tal aparato em locais afastados de centros de pesquisa, houve a preocupação de que sua omissão não implicará em perdas para a sequência didática, uma vez que o experimento pode ser substituído pelo vídeo do experimento (ver Apêndice C).

4.3 Atividades

O Quadro 3.4, traz em detalhes as atividades realizadas na sequência didática, incluindo a mídia e material necessários para realizá-las.

Quadro 3.4 - Detalhamento das atividades apresentadas no Quadro 1.4

Aula nº	Tópico	Material
1	Mapas Conceituais	<ul style="list-style-type: none"> • Projetor Digital; • Computador; • Folhas A4;
2	Modelos e Partículas Atômicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Lab. de Informática com acesso à web; • Projetor Digital; • Computador; • Caixa Acústica;
3	Corrente Elétrica, Modelo de Metal, Condutores e Isolantes Elétricos.	<ul style="list-style-type: none"> • Projetor Digital; • Computador; • Caixa Acústica; • Atividade Experimental: Bola de Plasma, Fio de cobre, Folhas A4;
4	Resistencia Elétrica, 1 Lei de Ohm e Efeito Joule.	<ul style="list-style-type: none"> • Projetor Digital; • Pc com suporte a linguagem java; • Atividade Experimental: Mergulhão e Resistencia de chuveiro elétrico;
5	Magnetismo, Polos Magnéticos, Campo Magnético, Campo Magnético da Terra, Linhas de Força.	<ul style="list-style-type: none"> • Projetor Digital; • Pc com suporte a linguagem java; • Atividade Experimental: Bussola, imãs e limalha de ferro;
6	Campos Magnéticos formados por Corrente Elétrica - Lei de Ampere.	<ul style="list-style-type: none"> • Projetor Digital; • Pc com suporte a linguagem java; • Atividade Experimental: Experimento de Oersted;
7	Indução Eletromagnética: Lei de Faraday e Lenz.	<ul style="list-style-type: none"> • Projetor Digital; • Pc com suporte à linguagem java; • Caixa acústica; • Atividade Experimental: Indutor;

O Quadro 4.4, traz em detalhes as atividades realizadas na sequência didática sobre supercondutividade, incluindo a mídia e material necessários para realizá-las.

Quadro 4.4 – Detalhamento das Atividades da Sequência Didática Supercondutividade

<p>Atividade 1:</p> <ul style="list-style-type: none">• Item: Questionário sobre Tópicos de Física Moderna e Contemporânea (Figura 1).<ul style="list-style-type: none">▪ Função: Levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre conceitos da Física Moderna;• Duração: não se aplica;• Material: Folhas A4 para o Questionário.
<p>Atividade 2:</p> <ul style="list-style-type: none">• Item: Questionário Sócio Econômico Digital (Figura 2)<ul style="list-style-type: none">▪ Função: Auxiliar na caracterização do perfil dos sujeitos do estudo;• Duração: Não se aplica.• Material: Folhas A4 para o Questionário.
<p>Atividade 3:</p> <ul style="list-style-type: none">• Item 1: Vídeo sobre supercondutividade (23 min) (Apêndice C);<ul style="list-style-type: none">▪ Função: Traz uma explicação sucinta sobre o fenômeno da supercondutividade e suas aplicações;• Item 2: 1ª Opção: Experimento do fenômeno de levitação magnética; 2ª Opção: Vídeo do fenômeno de levitação magnética<ul style="list-style-type: none">▪ Função: A 1ª opção tem o objetivo de levar o estudante a visualizar o fenômeno da levitação magnética acontecendo ao vivo. No entanto, na falta do experimento, um vídeo pode ser utilizado para substituí-lo.• Item 3: Atividade 1 – Palavras Chave, para o preenchimento das palavras chave a serem anotadas enquanto o vídeo é apresentado (Apêndice D);<ul style="list-style-type: none">▪ Função: Esta ficha tem a função de colaborar para a geração de organizadores prévios gerais.• Duração: 1 aula• Material: Projetor Digital e Computador para os vídeos;

Folhas A4 para a Atividade 1 – Palavras Chave;

Atividade 4:

- **Item:**

Atividade 2 – Significando Palavras Chave (Apêndice E) no Laboratório de Informática com pesquisa a palavras chave do tema Supercondutividade;

 - **Função**

Permitir ao estudante pesquisar na Web as palavras chaves do tema Supercondutividade e outras palavras que levantaram dúvidas sobre o tema no vídeo Supercondutores (ver Apêndice C);
Esta atividade tem o objetivo de oferecer ao estudante os organizadores prévios associados ao fenômeno de supercondutividade, tipos de supercondutores, teorias associadas e as aplicações dos supercondutores;
Obs.: Caso a internet não esteja disponível, o professor pode executar a pesquisa em casa (se dispuser de internet) ou Lan House em buscadores de sua preferência (google, bing, yahoo, etc) e salvar as 10 primeiras páginas em mídia física externa (pen drive ou hd externo) e disponibilizar em cada máquina do laboratório de informática;

- **Duração:**

2 Aulas

- **Material:**

Laboratório de Informática com 1 ou 2 alunos por computador;
Folhas A4 para a Atividade 2 – Significando Palavras Chave;

Atividade 5:

- **Item:**

Mapa Conceitual 1 (Apêndice F);

 - **Função:**

Permitir ao aluno refletir e exteriorizar os conceitos adquiridos até o momento sobre o tema Supercondutividade;

- **Duração:**

1 aula;

- **Material:**

Folhas A4 para a produção do Mapa Conceitual 1.

Atividade 6:

- **Item 1:**

1ª Opção:
Leitura individual do texto Supercondutores (Apêndice G) com a produção de um resumo por parte do estudante;

2ª Opção:
Divisão da turma em grupos proporcionais aos tópicos do texto para apresentação de cada tópico a turma por parte dos grupos;

 - **Função:**

A 1ª opção permite ao aluno adquirir, através do texto e do resumo, os principais conceitos associados ao fenômeno da supercondutividade. Esta atividade pode ser complementada com a 2ª opção, onde a turma será dividida em grupos para que cada um apresente de forma sucinta, cada tópico do texto.

- **Duração:**

2 aulas (quando escolhida apenas uma das opções);
3 aulas (quando as duas opções forem realizadas);

- **Material:**

Folhas A4 para o texto “Supercondutores”.

<p>Atividade 7:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Item 1: Leitura do texto (ver Apêndice G) com a turma ressaltando os principais pontos e resolvendo possíveis dúvidas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Função: Reforçar a atividade de leitura/resumo do texto por parte do estudante; • Duração: 1 aula • Material: Já disponibilizado aos alunos (ver item Atividade 6).
<p>Atividade 8:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Item 1: Aula expositiva com uso de apresentação de slides (Apêndice H) (25 min); <ul style="list-style-type: none"> ▪ Função: Expor uma explicação sucinta sobre o fenômeno da supercondutividade, conceitos, teorias e suas aplicações; • Item 2: Aplicação do Exercício sobre Supercondutividade (Apêndice I) após a aula citada anteriormente (Apêndice H). Vale ressaltar que o texto pode ser fonte de consulta durante a realização da atividade. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Função: Permitir o teste dos conhecimentos por parte dos estudantes e o levantamento dos termos essenciais em cada questão comparada ao gabarito (Apêndice J); • Duração: 2 aulas; • Material: Projeto Digital e Computador a apresentação com Slides. Folhas A4 para o Exercício sobre Supercondutividade.
<p>Atividade 9:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Item: Mapa Conceitual 2 (Apêndice K); <ul style="list-style-type: none"> ▪ Função: Permitir ao aluno refletir e exteriorizar os conceitos ao final da sequência didática sobre o tema Supercondutividade; • Duração: 1 aula; • Material: Folhas A4 para a produção do Mapa Conceitual 2.
<p>Atividade 10:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Item 1: Questionário Avaliação dos Recursos Instrucionais (Figura 4). <ul style="list-style-type: none"> ▪ Função: Avaliar o impacto dos recursos instrucionais utilizados durante a aplicação da sequência didática junto aos estudantes em seu interesse, participação, compreensão e realização das atividades propostas; • Item 2: Questionário Auto Avaliação Estudantil (Figura 5).

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Função: Permitir ao estudante auto avaliar o seu desempenho estudantil durante a realização da sequência didática; • Duração: Não se aplica; • Material: Folhas A4 para os Questionários Avaliação dos Recursos Instrucionais e Questionário Auto Avaliação Estudantil.
--

4.4 Questionários

Os questionários aplicados durante a realização da sequência didática possuíam objetivos específicos. O primeiro a ser aplicado foi o Questionário Tópicos de Física Moderna e Contemporânea, disponível no Apêndice A, e tinha o objetivo de levantar os possíveis conhecimentos prévios dos estudantes a respeito de alguns assuntos de Física Moderna e Contemporânea, em especial a Supercondutividade.

O segundo foi o Questionário Sócio, Econômico e Digital, disponível no Apêndice B, no qual buscava-se evidenciar a faixa etária dos estudantes, seu acesso à informação e sua relação com as tecnologias atuais.

O terceiro questionário aplicado tinha o objetivo de receber um *feedback* dos estudantes sobre os Recursos Instrucionais, disponível no Apêndice L, contidos na sequência didática. Sua aplicação ocorreu já ao final da sequência, quando foi solicitado ao estudante avaliar, dentro de uma escala entre 1 (Péssimo) e 5 (Ótimo), se os recursos instrucionais:

- fomentaram seu interesse e sua participação nas aulas;
- aumentaram a disposição dos estudantes em fazer as atividades propostas;
- permitiram uma melhor visualização e aprendizagem das propriedades, teorias e conceitos do tema;
- aumentaram o interesse do discente em buscar mais informações do tema e de ciências em geral;
- melhoraram o entendimento do fenômeno Supercondutividade;

O estudante foi solicitado, ainda, a classificar toda a sequência didática e a fazer sugestões ou críticas sobre a o trabalho realizado.

O quarto e último questionário, disponível no Apêndice M, solicitava ao estudante que realizasse sua Auto Avaliação. O questionário traz uma série de itens relacionados:

- a pontualidade e falta as aulas;
- o comportamento em sala, o respeito aos colegas;
- a atenção durante as aulas;
- as solicitações de esclarecimento de dúvidas sobre a matéria;
- o porte de material necessário a aula;
- o registro de assuntos que considerasse importante no caderno;
- o empenho e rigor na execução das tarefas propostas;
- a distribuição do tempo para a realização das atividades;
- o cumprimento de todos os requisitos das atividades;
- o empenho em fazer as atividades bem feitas;
- a realização das atividades para casa em tempo de entrega-las e discuti-las em sala;

A última questão permitia ao aluno avaliar de forma escrita o seu desempenho geral durante a realização do curso.

Como procedimento de avaliação do desempenho do professor, todas as aulas foram observadas por uma professora Licenciada em Física que preenchia a ficha de observação (Koff et al, 1997) sobre a aula expositiva, relativa as aulas descritas do quadro 1 e nos itens 3 e 9 do quadro 2. Esse procedimento produziu um *feedback* do desempenho do professor na aplicação da sequência didática desenvolvida. A ficha de observação é apresentada na Figura 1.4.

FICHA DE OBSERVAÇÃO

TÓPICO:

AULA EXPOSITIVA DE: DATA: / /

PROFESSOR RESPONSÁVEL: INÍCIO: TÉRMINO:

OBSERVADOR:

COMPORTAMENTO	CONDIÇÕES	OBSERVAÇÕES
1 Introduz o assunto da aula (apresenta tópicos principais e/ou objetivos)		
2 Relaciona o novo assunto com outros já estudados e/ou com a experiência anterior dos alunos		
3 Destaca os conceitos e idéias principais		
4 Demonstra domínio do conteúdo		
5 Expressa-se com clareza e objetividade		
6 Utiliza linguagem adequada ao nível da turma		
7 Questiona os alunos		
8 Aceita questões levantadas pelos alunos		
9 Responde satisfatoriamente às questões levantadas		
10 Varia intensidade, tom e/ou ritmo para salientar aspectos significativos		
11 Utiliza pausas com naturalidade e adequação		
12 Fixa o olhar rapidamente em cada aluno		
13 Movimenta-se e gesticula com naturalidade		
14 Usa o tempo adequado à exposição		
15 Emprega recursos adequados		
16 dá fechamento à aula (retoma pontos principais, indica bibliografia)		

Critério para preenchimento da ficha:

- 10-8 = superior
- 8-7 = bom
- 6-5 = regular
- 4-3 = fraco
- 2-0 = inferior

Figura 1.4. Ficha de Observação Aula Expositiva.

5. Resultados

O objetivo deste estudo é desenvolver uma sequência didática sobre Supercondutividade tanto adequada ao currículo de escola de Ensino Médio como como potencialmente significativa. Assim, para construir a sequência didática lançou-se mão da Teoria da transposição Didática de Chevallard (1991), mais especificamente, das regras de Transposição Didática de Astoufi (2011). Após a sua construção, iniciou-se a etapa de investigação sobre seu fator potencialmente significativo. Para isso, foram utilizados os mapas conceituais de Novak (1999) e a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel (1980).

Os dados coletados durante a aplicação da sequência didática possuem duas funções distintas: uma relacionada ao estudo como um todo e a outra relacionada especificamente com a análise da sequência didática. Assim, o questionário sócio econômico, os questionários de avaliação dos recursos instrucionais (salve a questão 11) e o questionário de auto avaliação estudantil dos alunos não fazem parte da análise da investigação sobre o potencial significativo da sequência didática. Dessa forma, a apresentação dos dados não respeitará a ordem cronológica com a qual as atividades ocorreram, mostrada nos Quadros 2.4 e 4.4. A ordem de apresentação dos dados será:

1. Os dados do Questionário Sócio Econômico;
2. Os dados do questionário de conhecimentos prévios tópicos de Física Moderna;
3. Dados da atividade Palavras Chave sobre supercondutividade;
4. Os critérios de análise dos mapas e os dois mapas construídos pelos estudantes;
5. As respostas dos exercícios sobre Supercondutividade;
6. Os resultados do questionário de avaliação dos recursos instrucionais;
7. Os resultados do questionário de Auto Avaliação Estudantil dos alunos.

5.1. Questionário Sócio Econômico

O segundo questionário aplicado tinha o objetivo de caracterizar a população que participou do estudo através de informações como idade dos estudantes, sobre como

eles acessam programas científicos na TV, como eles acessam a internet e a sua experiência em informática básica. A Tabela 1.5 mostra que a faixa etária dos estudantes se concentra nas idades entre 16 e 17 anos.

Tabela 1.5 - Faixa Etária dos Participantes

Questão 1	14 anos	15 anos	16 anos	17 anos	18 anos	Mais de 18 anos
Qual sua idade?	0 (0%)	0 (0%)	4 (13%)	24 (75%)	1 (3%)	2 (6%)

A segunda pergunta foi sobre o costume dos estudantes em assistir a programas e/ou documentários científicos na TV. Os resultados podem ser vistos na Tabela 2.5 e mostram que a maioria dos alunos afirmam ter esse costume.

Tabela 2.5 - Resultados da Questão 2 do Questionário Sócio Econômico

Questão 2	Sim nº de alunos (%)	Não nº de alunos (%)
Você assiste programas científicos e/ou documentários?	18 (56%)	14 (44%)

Já a questão 3, Tabela 3.5, perguntou sobre o meio de comunicação pela qual os 18 estudantes têm acesso aos programas científicos/documentários. Mesmo sendo um bairro de classe C, as respostas dos estudantes mostram que 15 deles acessam a este tipo de programas ou pela TV por assinatura ou pela Internet.

Tabela 3.5 - Resultados da Questão 3 do Questionário Sócio Econômico

Questão 3	Se você assiste programas científicos e/ou documentários, você os vê:
Apenas na TV	3 (17%)
Apenas na TV por Assinatura	7 (39%)
Apenas na Internet	1 (6%)
Na TV e na TV por Assinatura	2 (11%)
Na TV e na Internet	2 (11%)
Na TV por assinatura e Na Internet	1 (6%)
Na TV, na TV por assinatura e na Internet	2 (11%)

As questões 4 e 5, ver Tabela 4.5, tinham o objetivo de levantar a quantidade de estudantes que possuíam computador (s) e/ou notebook (s) em casa e a quantidade deles. Dos 32 estudantes, 3 (9%) não possuíam nem computador nem notebook em casa e 29 afirmaram, possuir pelo menos um deles.

Tabela 4.5 - Resultados da Questão 4 e 5 do Questionário Sócio Econômico

Questões 4 e 5	4) Você possui computador de mesa em casa? 5) Você possui notebook?
Não tem Computador nem Notebook	3 (9%)
Possui pelo menos 1 Computador	26 (81%)
Possui pelo menos 1 Notebook	13 (41%)
Possui pelo menos 1 Computador e 1 Notebook	10 (31%)

As questões 6, 7, 8, 9 e 10, ver Figura 1.5, solicitavam que o estudante avaliasse seu nível de experiência com o sistema operacional Microsoft Windows e em softwares de uso comum, tais como, o pacote de aplicativos Microsoft Office (Word, Excel, Power Point), além da experiência com a Internet. Os resultados mostram que 27 estudantes (85%) ou mais, avaliam seu nível de experiência nos itens Windows e pacote Office entre básico e intermediário. Já em relação à experiência com a internet, 29 (91%) estudantes se categorizam entre básico e avançado. Esses dados mostram que a experiência em informática básica e com a internet não se caracteriza uma barreira para os estudantes participantes do estudo.

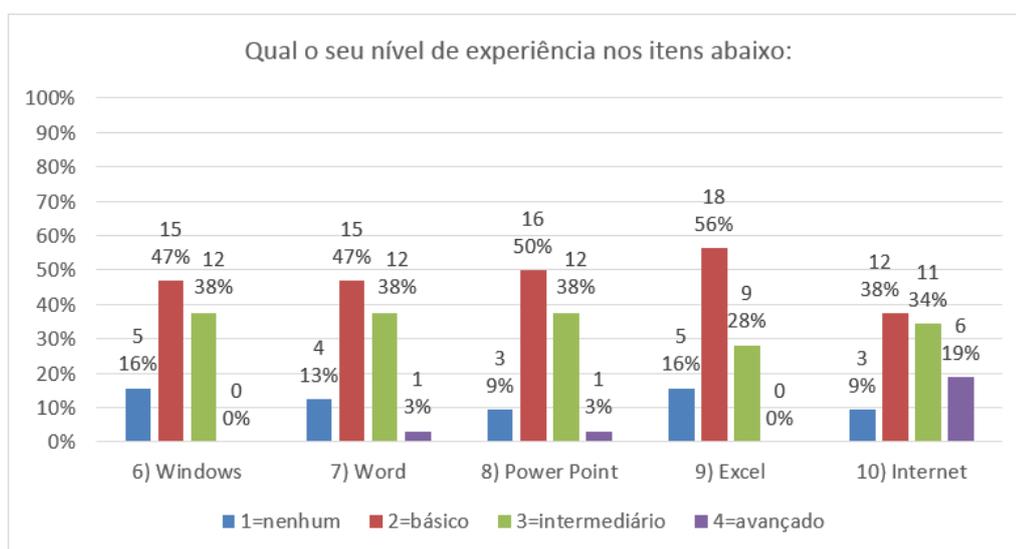


Figura 1.5 - Resultados da Questão 6, 7, 8, 9 e 10 do Questionário Sócio Econômico.

A próxima questão, de número 11, objetivava complementar as questões 4 e 5, pois perguntava sobre o local de acesso à internet pelos estudantes e qual o tipo de internet utilizado. Os dados são mostrados nas Tabelas 5.5 e 6.5 e indicam que, em sua maioria, os alunos acessam a internet de casa, 26 (81%). Nota-se ainda que os estudantes afirmam não acessarem a internet da escola, apesar de haver um laboratório de informática à disposição.

Tabela 5.5 – Meio de Acesso à Internet (Questão 11)

Questão 11	De onde você acessa a internet?
De casa	26 (81%)
Da casa de um amigo	1 (13%)
Do trabalho e/ou estágio	1 (3%)
Da Escola	0 (0%)
De Lan House	1 (3%)
Não acesso	0 (0%)
Outro	0 (0%)

Tabela 6.5 – Velocidade da Internet (Questão 11)

Questão 11	Velocidade da Internet dos Estudantes que acessam a internet de casa
Não sei	8 (25%)
<1mb	0 (0%)
1 mb	1 (3%)
5 mb	1 (3%)
10 mb	6 (19%)
15 mb	9 (28%)
>15 mb	1 (3%)

O acesso à internet também é possível através de smartphones (por conexão 3g). Neste quesito, as questões 12 e 13 buscavam determinar se os estudantes possuíam smartphone e se eles os usavam para acessar a internet. Os dados estão apresentados na tabela 7.5. Todos os 11 (34%) discentes que possuíam smartphone, também tinham acesso à internet 3g.

Tabela 7.5 - Resultados da Questão 12 do Questionário Sócio Econômico

Questão 12	Você possui smartphone?
Sim	11 (34%)
Não	21 (66%)

As questões 14, 15 e 16, respectivamente, perguntavam se os estudantes possuíam e-mail, se usavam motor de busca em pesquisas de internet e as redes sociais acessadas por eles. Notou-se que 25 (78%) dos alunos tinham algum e-mail, que todos eles usavam pelo menos uma ferramenta de busca dentre as do Google, Bing e Yahoo e 28 (88%) deles acessava alguma rede social entre, Facebook, Twitter, Orkut, Google+ e Instagram. Estes dados corroboram os vistos nas questões 10, onde 29 (91%) dos alunos, classifica sua experiência no uso da internet entre básico e avançado. Portanto, nota-se que a maioria dos estudantes sabe usar a internet e acessam os serviços oferecidos.

5.2. Conhecimentos Prévios sobre Conceitos de Física Moderna e Contemporânea

A primeira atividade é a aplicação do questionário sobre os conhecimentos prévios dos estudantes sobre conceitos relacionados à Física Moderna.

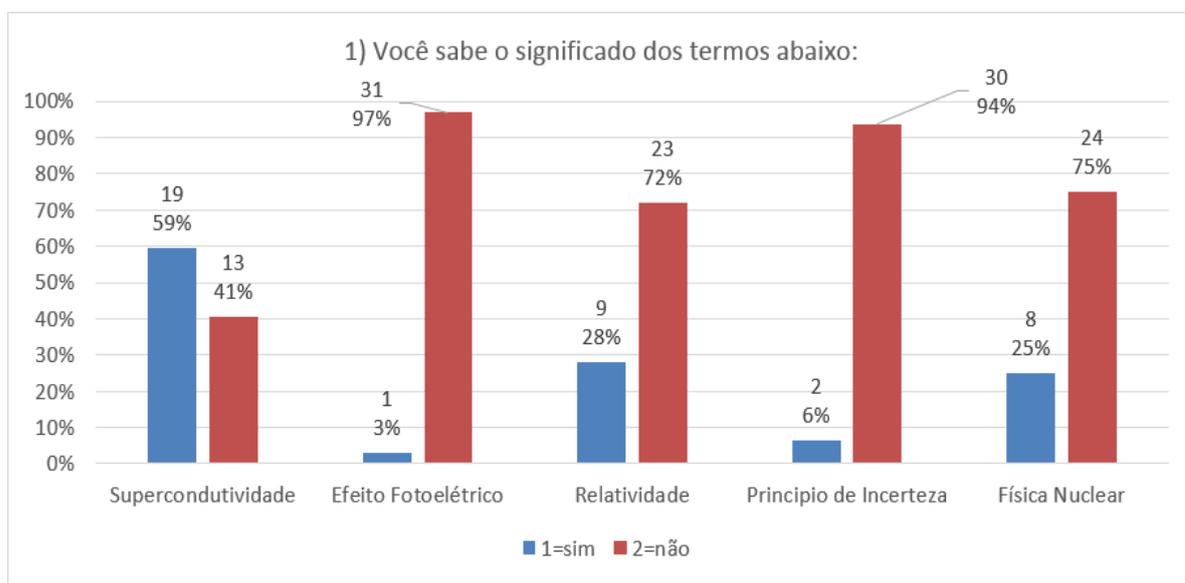


Figura 2.5. Resultados da Questão 1 do Questionário Tópicos de FMC

Na Figura 2.5 são mostrados os resultados da Questão 1, que tinha como objetivo levantar o número de alunos que julgava possuir conhecimento sobre determinados tópicos de FMC: Supercondutividade, Efeito Fotoelétrico, Relatividade, Princípio de Incerteza e Física Nuclear. A partir da figura nota-se que, dos 32 estudantes que fizeram todas as atividades propostas, 19 (59%) julgavam saber o significado do termo Supercondutividade enquanto os outros 13 estudantes (41%) expressaram não possuir esse conhecimento. Analisando os itens restantes, percebe-se que, para cada tópico, o número de estudantes que marcaram negativamente fica entre 72% (Relatividade) e 97% (Efeito Fotoelétrico).

Na Tabela 8.5 é mostrado o resultado da Questão 2, que perguntou se o estudante já havia tido contato com o tema supercondutividade através de materiais com jornais, revistas vídeos, entre outros. O resultado mostra uma discrepância nas respostas dos alunos, já que 19 alunos na questão 1 dizem saber o significado do termo supercondutividade e na questão 2, somente 12 afirmam ter tido contato com

materiais que tratassem do tema. Isso ocorreu pelo fato dos estudantes não levarem em consideração a aula de conhecimentos prévios na sua resposta.

Tabela 8.5 - Resultados da Questão 2 do Questionário Tópicos de FMC

Questão 2	Sim nº de alunos (%)	Não nº de alunos (%)
Você já teve contato com algum material, textos, livros, artigos, programas de tv, internet, etc, sobre a Supercondutividade?	12 (38%)	20 (63%)

Na Tabela 9.5, são mostrados os resultados das questões 3 e 4, as quais buscam, respectivamente, descobrir se o aluno conhecia algo a respeito do tema Supercondutividade e se conhecia alguma aplicação tecnológica dos supercondutores. Para a Questão 3, a resposta positiva é escolhida pela maioria dos estudantes, mas o contrário ocorre para a Questão 4, indicando que uma boa parcela dos estudantes, apesar de julgarem ter um mínimo de conhecimento sobre o tema supercondutividade, não conhecem suas aplicações tecnológicas. Além disso, pelo menos 15 alunos afirmam não ter nenhum conhecimento sobre a supercondutividade ou suas aplicações. É preciso esclarecer que, no ciclo de aulas preparatórias, ao abordar materiais condutores e o Efeito Joule, foi levantada a questão sobre a existência de materiais com resistência nula. Nesta aula, a supercondutividade foi citada como propriedade desses materiais, além de algumas aplicações.

Tabela 9.5 - Resultados da Questão 3 e 4 do Questionário Tópicos de FMC

Questões	Sim nº de alunos (%)	Não nº de alunos (%)
3) Você conhece algo a respeito do tema Supercondutividade?	17 (53%)	15 (47%)
4) Você conhece alguma aplicação tecnológica dos supercondutores?	6 (19%)	26 (81%)

A última pergunta do questionário buscava avaliar o número de estudantes que tem interesse em estudar a Supercondutividade. Nesta questão, temos as respostas SIM, NÃO, e uma resposta neutra, TANTO FAZ, que objetivava verificar se haveriam alunos inertes ao tema, ou seja, sem interesse, mas também, sem aversão em estudá-lo. A Tabela 10.5 mostra que 29 dos 32 estudantes afirmaram ter interesse em estudar a respeito do tema Supercondutividade. Além disso, nenhum marcou a resposta NÃO e os 3 restantes, marcaram que "TANTO FAZ". Esse fato é importante, em termos de

aprendizagem significativa, uma vez que ela tem como requisito a motivação do estudante em aprender sobre um tema.

Tabela 10.5 - Resultados da Questão 5 do Questionário Tópicos de FMC

Questão 5	Sim nº de alunos (%)	Não nº de alunos (%)	Tanto Faz nº de alunos (%)
Você gostaria de estudar a respeito da Supercondutividade?	29 (91%)	0 (0%)	3 (9%)

5.3. Atividade de Anotação de Palavras Chaves com base em Vídeo sobre Supercondutividade e Experimento com Pastilha Supercondutora

Continuando na sequência dos itens do Quadro 2.4, serão apresentados os resultados da Atividade 1 – Palavras chave (Apêndice D). Nesta atividade, pede-se aos (32) estudantes que anotem as palavras e/ou expressões que acharem importantes, durante a reprodução dos vídeos: Vídeo 1 “Supercondutividade” e Vídeo 2 “Levitação Magnética em Pastilha Supercondutora” (Apêndice C) e quando disponível a experiência de levitação magnética com uma pastilha supercondutora. Abaixo na Tabela 11.5, das muitas palavras descritas como importantes, serão apresentadas àquelas expressões associadas ao tema Supercondutividade e sua quantidade de ocorrências.

Tabela 11.5 - Palavras Chaves

Palavras	Número de Ocorrências
Cerâmica Supercondutora	18
Efeito Meissner	11
Levitação Magnética	32
Nitrogênio Líquido	11
Supercondutor (es)	26
Temperatura Crítica	5
Trens Maglev	7
Transformadores Supercondutores	2
Ressonância Magnética Nuclear	7

De posse dos dados acima, e continuando a sequência descrita no Quadro 2.4, no item nº 4, foi pedido aos estudantes para pesquisarem o significado dos termos descritos na Atividade 2 – Significando Palavras Chaves (Lab. De Informática) (Apêndice E) e aqueles termos que acharam importantes na atividade anterior (Atividade 1 – Palavras Chave). A atividade foi realizada em duas aulas e finalizada em casa pelos alunos, já que a maioria deles possuía acesso à internet em casa.

5.4. Mapas Conceituais Construídos

Os resultados coletados a partir do estudo são tanto de natureza qualitativa como quantitativa. O presente trabalho, dará um enfoque descritivo e interpretativo na análise, sem almejar fazer previsões ou explicações. Neste tipo de abordagem, o pesquisador observa de dentro do ambiente de estudo o que acontece nele, registrando eventos, coletando documentos e outros, ocupando-se dos grupos ou indivíduos em particular, tentando descobrir o que há de único nessa amostra e o que pode ser generalizado para situações similares. Assim, a interpretação dos dados torna-se um aspecto relevante no domínio metodológico da pesquisa qualitativa (MOREIRA, 2003).

Dessa forma, serão utilizadas técnicas de análise organizadas nos três pólos cronológicos de acordo com Bardin (2006, p. 95):

1) A pré-análise.

Momento de escolha de documentos a serem submetidos a análise, onde se formulam hipóteses e objetivos de pesquisa e da elaboração dos indicadores que fundamentem a interpretação final.

2) A exploração do material.

Consiste nas aplicações de *“operações de codificação, desconto ou enumeração, em função de regras previamente formuladas”*, ou seja, aplicação de uma estrutura de análise já projetada aplicada aos dados coletados.

3) O tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

O tratamento dos resultados, sua inferência e interpretação permite ao pesquisador conectar os resultados obtidos ao escopo teórico a que se propõe, permitindo o avanço da pesquisa ou até a descobertas inesperadas.

Para Bardin (2006, p. 31) a análise de conteúdo é um método muito empírico que depende da “fala” a que se dedica e da interpretação que se tem como objetivo, onde a técnica de análise precisa ser reformulada a cada instante, mas não deve perder o foco do domínio e objetivos pretendidos. Neste caso, o pesquisador não estaria interessado em descrever o conteúdo das mensagens, mas naquilo que elas poderão ensinar após serem tratadas. A intenção da análise de conteúdos está na busca por conhecimentos relativos às condições de produção ou recepção recorrendo a

indicadores que podem ser tanto qualitativos como quantitativos. Tais indicadores podem ser usados através de várias operações de análise, de modo a enriquecer os resultados, ou aumentar sua validade, dando ao trabalho uma interpretação final mais fundamentada. Assim, serão apresentados mais adiante, um conjunto de *indicadores* para cada uma das 8 questões listadas no exercício sob o tema supercondutividade e para os mapas conceituais. Tais indicadores buscam evidenciar traços de aprendizagem significativa sobre o tema Supercondutividade.

Os dois mapas conceituais construídos pelos estudantes tinham por objetivo fornecer subsídios para a avaliação da sequência didática e permitiram observar a evolução dos estudantes em relação aos conceitos envolvidos no tema Supercondutividade. Desta forma os mapas conceituais se constituíram em uma ferramenta de externalização do conhecimento do estudante.

Assim, para analisar os dois mapas serão utilizadas basicamente três princípios da teoria de aprendizagem de Ausubel (2003), estabelecendo critérios de classificação no que se refere aos graus de *hierarquia* e de *diferenciação progressiva* e *reconciliação integrativa*, os quais estão apresentados no quadro 1.5, retirados do trabalho de MENDONÇA (2012). Nele, a autora estabelece para cada análise descritiva, uma avaliação qualitativa da aprendizagem. Para verificar e avaliar como o conceito “Supercondutividade” é interpretado pelos alunos que participaram da pesquisa, foi realizada uma análise comparativa dos dois mapas, criando-se assim três tipos de categorias: Mapa Bom (MB), Mapa Regular (MR) e Mapa Deficiente (MD) – conforme mostrado no quadro 2.5.

Quadro 1.5 - Categorias de análise da hierarquia, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (MENDONÇA, 2012).

Categorias	Características	Informações Relevantes
Alta (A) Possui conceitos relevantes para compreensão do tema	Contém informações conceituais relevantes; está bem hierarquizado, o conceito inclusor no topo, em seguida os intermediários e posteriormente os mais específicos e os exemplos.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas, presença ou não de exemplos
Média (M) Indica pouca compreensão do tema.	Apresenta alguns conceitos centrais do tema, mas com uma hierarquia apreciável.	As palavras de ligação e os conceitos não estão claros. Pode realizar ligações cruzadas ou não. Muitas informações detalhistas e a repetição de conceitos.
Baixa (B) Indica ausência de compreensão do tema.	Apresenta um ou dois conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Possui hierarquia básica, demonstrando ou não sequências lineares e conhecimentos muito simples. Faltam relações cruzadas,

		com palavras de ligação; são muito simples.
Nula (N) Indica completa ausência de compreensão do tema.	Não apresenta os conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Não há uma hierarquia básica, demonstra sequências lineares e conhecimentos simples.

Quadro 2.5 - Categorias criadas para analisar e classificar a qualidade dos mapas conceituais (MENDONÇA, 2012)

Categorias	Características	Informações Relevantes
Mapa Bom (MB) Indica maior compreensão do tema.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas.
Mapa Regular (MR) Indica pouca compreensão do tema.	Apresenta alguns conceitos centrais do tema, mas com uma hierarquia apreciável.	As palavras de ligação e os conceitos não estão claros. Pode realizar ligações cruzadas ou não. Muitas informações detalhistas e a repetição de conceitos.
Mapa Deficiente (MD) Indica ausência de compreensão do tema.	Apresenta um ou dois conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Hierarquia básica, demonstrando ou não sequências lineares e conhecimentos muito simples. Faltam relações cruzadas, com palavras de ligação simples.

Buscando identificar *evidências de aprendizagem significativa* nos mapas conceituais, levou-se em conta os seguintes critérios: o número de conceitos válidos e a sua relevância e centralidade em relação ao tema; o número de ligações corretas (simples e cruzadas); a adequação das palavras de ligação utilizadas; a validade e relevância das proposições formuladas; a indicação de exemplos válidos; a existência de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa.

Para identificar evidências de possíveis estruturas conceituais encontradas nos mapas dos alunos no estudo sobre o tema Supercondutividade, realizou-se uma análise quantitativa comparativa, levou-se em conta os seguintes critérios: número de conceitos válidos; número de ligações válidas; número de níveis hierárquicos; número de relações válidas simples entre os conceitos; número de relações válidas cruzadas entre os conceitos; tipo de estrutura do mapa (MENDONÇA, 2012). Complementando a metodologia de análise apresentada pela mesma autora, foram elencadas termos associados ao tema Supercondutividade presentes no texto (Supercondutores, Mudança de Fase, Temperatura Crítica, Campo Magnético Crítico, Efeito Meissner, Resistência Nula, Supercondutores Tipo I, Supercondutores Tipo II, Aplicações

Tecnológicas, Trens Maglev, Aceleradores de Partículas, Equipamentos de RMN, Junções Josephson, Teoria BCS, Pares de Elétrons/Cooper, Interação Elétrons-Fônons, Efeito Colchão) e o número de ocorrências nos dois mapas construídos pelos estudantes. Esse procedimento buscou estabelecer se houve aumento no número de conceitos e suas possíveis associações, com o objetivo de compor as evidências para uma aprendizagem significativa.

Para a construção dos quadros de avaliação, cada critério apresentado por MENDONÇA (2012) foi associado a uma sigla descrita logo abaixo:

- **TC:** Total de Conceitos;
- **CV:** Conceitos Válidos;
- **TP:** Total de Proposições;
- **PV:** Proposições Válidas;
- **RCZ:** Relações Cruzadas;
- **EX:** Exemplo;
- **DP:** Diferenciação Progressiva;
- **RI:** Reconciliação Integradora;
- **A:** Alta;
- **M:** Média;
- **B:** Baixa;
- **N:** Nula;
- **QM:** Qualidade do Mapa;
- **MB:** Mapa Bom;
- **MR:** Mapa Regular;
- **MD:** Mapa Deficiente.

Assim, para o primeiro Mapa Conceitual (Apêndice F) construído, a análise gerou o Quadro 3.5.

Quadro 3.5 - Qualidade do Primeiro Mapa Conceitual

Turma	Alunos	Critérios								QM
		TC	CV	TP	PV	RCZ	EX	DP	RI	
3m1	A2_1a	2	1	1	1	0	0	N	N	MD
	A5_1a	5	3	4	3	0	0	B	B	MD
	A6_1a	6	4	4	2	0	0	B	B	MD
	A7_1a	9	3	7	3	0	0	B	B	MD
	A9_1a	11	11	9	9	1	0	A	A	MB
	A12_1a	1	1	0	0	0	0	B	B	MD
	A15_1a	4	2	3	1	0	0	B	B	MD
	A16_1a	4	2	0	0	0	0	B	B	MD
	A17_1a	1	0	0	0	0	0	N	N	MD
	A18_1a	1	0	0	0	0	0	N	N	MD
	A21_1a	3	1	1	1	0	0	B	B	MD
	A24_1a	1	0	0	0	0	0	N	N	MD
	A25_1a	5	5	4	4	0	0	B	B	MR
A27_1a	1	0	0	0	0	0	B	B	MD	
3m2	A1_2a	1	1	1	1	0	0	B	B	MD
	A2_2a	2	2	2	2	0	0	B	B	MD

	A3_2a	1	1	1	1	0	0	B	B	MD
	A8_2a	2	2	1	1	0	0	N	N	MD
	A13_2a	5	5	4	4	0	0	B	B	MD
	A14_2a	5	5	4	4	0	0	B	B	MD
	A17_2a	1	1	1	1	0	0	N	N	MD
	A18_2a	1	1	1	1	0	0	B	B	MD
	A19_2a	6	6	5	5	0	0	B	B	MR
	A20_2a	8	8	6	6	0	1	M	M	MB
	A21_2a	0	0	0	0	0	0	N	N	MD
	A22_2a	2	2	2	2	0	0	B	B	MD
A23_2a	3	3	3	3	0	0	B	B	MD	
3m3	A1_3a	2	2	1	1	0	0	M	M	MR
	A3_3a	1	1	1	1	0	0	B	B	MD
	A5_3a	1	1	1	1	0	0	B	B	MD
	A17_3a	0	0	0	0	0	0	N	N	MD
	A18_3a	2	2	0	0	0	0	N	N	MD

Já o segundo Mapa Conceitual (Apêndice H) a análise gerou o Quadro 4.5.

Quadro 4.5 - Qualidade do Segundo Mapa Conceitual

Turma	Alunos	Critérios								QM
		TC	CV	TP	PV	RCZ	EX	DP	RI	
3m1	A2_1d	1	0	1	1	0	0	N	N	MD
	A5_1d	5	5	4	4	0	0	B	B	MD
	A6_1d	9	9	4	4	0	0	M	M	MR
	A7_1d	6	5	3	3	0	0	B	B	MD
	A9_1d	12	12	8	8	1	0	A	A	MB
	A12_1d	8	8	7	7	0	0	M	M	MR
	A15_1d	12	12	7	7	0	0	M	M	MR
	A16_1d	6	6	5	5	0	0	M	M	MR
	A17_1d	5	5	5	5	0	2	B	B	MR
	A18_1d	6	6	5	5	0	0	B	B	MR
	A21_1d	6	6	4	4	0	0	M	M	MR
	A24_1d	10	10	5	5	0	0	A	A	MB
	A25_1d	9	9	5	5	0	1	M	M	MB
A27_1d	2	2	2	2	0	0	B	B	MD	
3m2	A1_2d	8	8	8	8	0	0	M	M	MB
	A2_2d	5	5	4	4	0	0	B	B	MR
	A3_2d	8	8	6	6	0	2	A	A	MB
	A8_2d	6	6	4	4	0	0	B	B	MR
	A13_2d	7	7	5	5	0	0	M	M	MR
	A14_2d	6	6	5	5	0	0	M	M	MR
	A17_2d	6	6	6	6	0	0	B	B	MR
	A18_2d	7	7	7	7	1	0	M	M	MR

	A19_2d	18	18	11	11	0	2	A	A	MB
	A20_2d	8	8	6	6	0	2	M	M	MB
	A21_2d	4	4	2	2	0	2	B	B	MD
	A22_2d	4	4	2	2	0	2	B	B	MD
	A23_2d	5	5	3	3	0	2	B	B	MD
3m3	A1_3d	9	9	4	4	0	1	A	A	MB
	A3_3d	8	8	5	5	0	0	M	M	MR
	A5_3d	7	7	4	4	0	0	M	M	MR
	A17_3d	0	0	0	0	0	0	N	N	MD
	A18_3d	5	5	0	0	0	0	B	B	MD

5.4.1. Comparação entre os resultados do 1º e dos 2º mapas

Uma análise rápida dos quadros 3.5 e 4.5 permite verificar que todos os mapas, construídos pelos alunos, classificados como MD (mapas deficientes) apresentaram tanto diferenciação progressiva (DP) como reconciliação integrativa (RI) nulas (N) ou baixas (B). Fazendo uma comparação dos quadros é possível verificar a evolução da diferenciação progressiva (DP) e da reconciliação integrativa (DI) entre o primeiro e segundo mapas, como mostrado no Quadro 5.5.

Quadro 5.5 - Evolução da Estrutura Hierárquica do 1º e 2º Mapas Conceituais

DP/RI 1º Mapa	Evolução	DP/RI 2º Mapa	Número de alunos por Turmas			Soma
			3m1	3m2	3m2	
N	=	N	1	0	1	2
N	→	B	2	3	1	6
N	→	A	1	0	0	1
B	=	B	3	3	0	6
B	→	M	6	4	2	12
B	→	A	0	2	0	2
M	=	M	0	1	0	1
M	→	A	0	0	1	1
A	=	A	1	0	0	1

Legenda do Quadro 5.5:

DP/RI = Diferenciação Progressiva/Reconciliação Integradora (antes);

DP/RI = Diferenciação Progressiva/Reconciliação Integradora (depois);

A = Alta; **M** = Média; **B** = Baixa; **N** = Nula.

Nota-se que os mapas de 10 estudantes não apresentaram evolução em relação aos itens diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Os demais mapas apresentaram evolução nestes itens, dos quais:

- 6 evoluíram da classificação nulo (N) para baixo (B);

- 1 evoluiu da classificação nulo (N) para alta (A);
- 2 evoluíram da classificação baixa (B) para alta (A);
- 1 evoluiu da classificação média (M) para alta (A).

Com o objetivo de mostrar a evolução dos mapas conceituais em relação à sua qualidade (MENDONÇA, 2012), foi realizada uma análise cujos resultados são mostrados nos gráficos das Figura 3.5. Todas as porcentagens são calculadas tendo com o 100% o valor de 32 mapas.

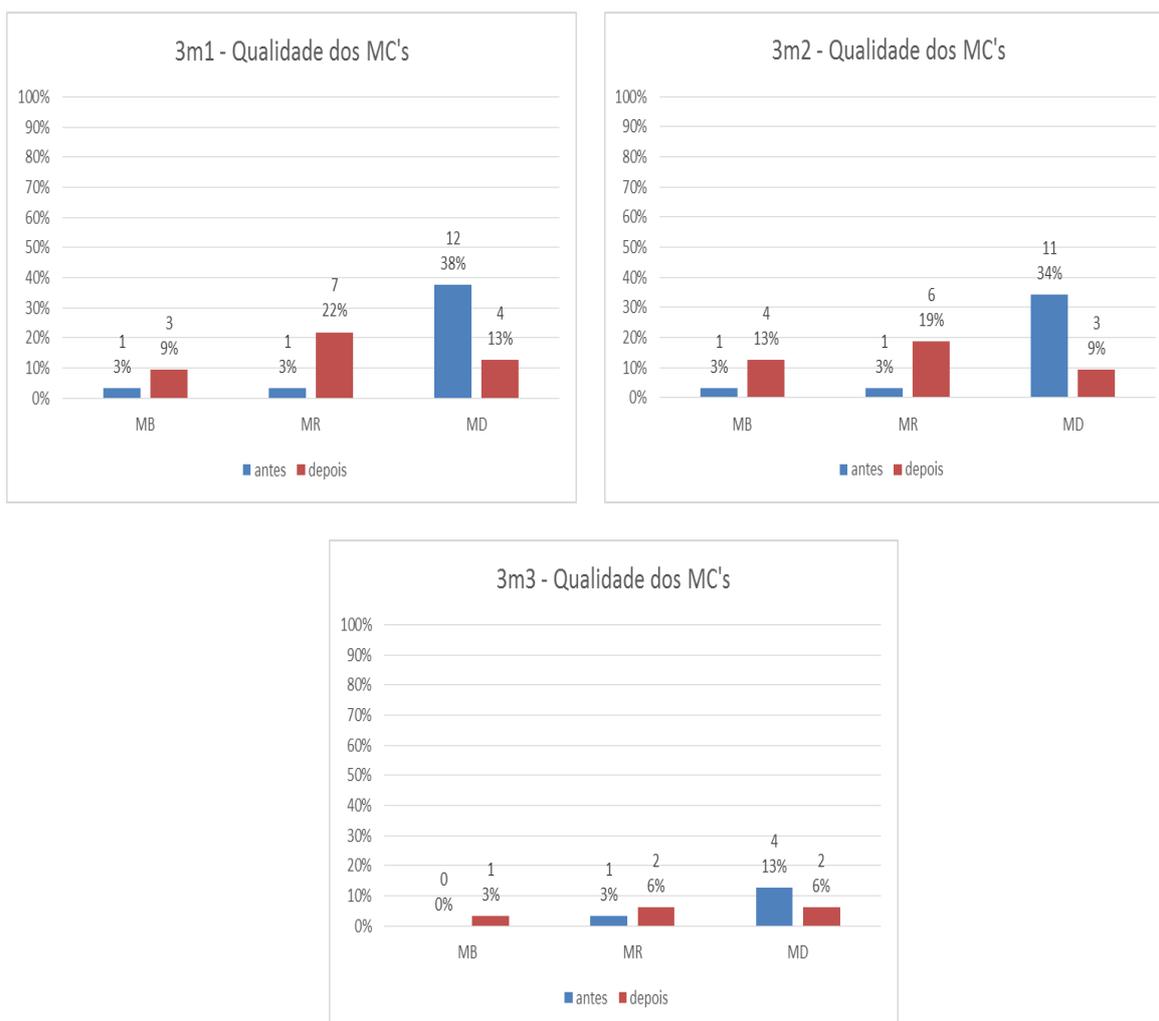


Figura 3.5 - Comparação dos Mapas Conceituais – Turma 3m1, 3m2 e 3m3

Legenda:

- MB** = Mapa Bom;
- MR** = Mapa Regular;
- MD** = Mapa Deficiente;

Ao se comparar a distribuição dos mapas em MB (mapa bom), MR (mapa regular) e MD (mapa deficiente) entre o 1º e 2º mapas da Sequência Didática, percebe-se um aumento dos mapas MB e MR e uma diminuição dos mapas MD em todas as turmas.

A Figura 4.5 apresenta a soma do conjunto de resultados obtidos para as três turmas.

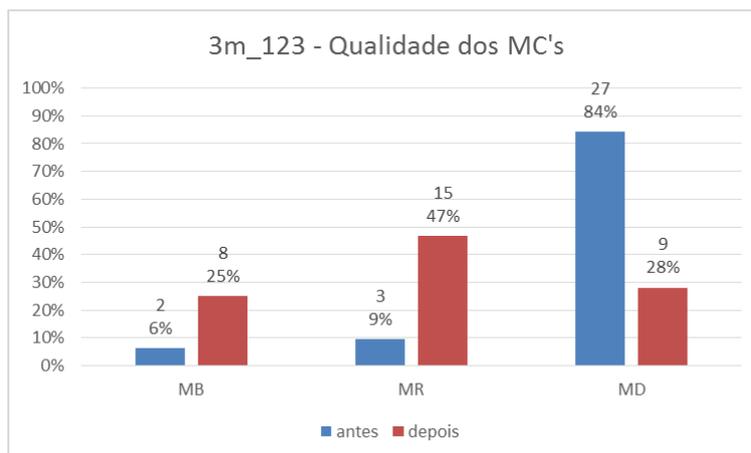


Figura 4.5 - Comparação dos Mapas Conceituais do conjunto de dados obtidos de todas as Turmas 3m1, 3m2 e 3m3

Essa figura mostra que, de forma geral, a distribuição dos mapas em MB, MR e MD modificou-se entre o 1º e 2º mapas da sequência didática, revelando uma melhora na qualidade dos mapas conceituais construídos pelos estudantes. Como se pode observar, os mapas classificados como MB sobem de 2 (6%) para 8 (25%) e os mapas na categoria MR sobem de 3 (9%) para 15 (47%), enquanto os mapas classificados como MD tem um decréscimo em sua quantidade, caindo de 27 (84%) para 9 (28%). Somando-se os mapas MB e MR, os valores vão de 5 (16%) para 23 (72%), um aumento de 18 mapas (56%), a mesma queda observada no número de mapas MD, ou seja, todos 18 mapas migraram de MD para MB ou MR.

Finalmente fazendo um cruzamento da qualidade dos mapas com a classificação das estruturas hierárquicas, tem-se a o Quadro 6.5 abaixo.

Quadro 6.5 - Qualidade dos Mapas comparados a sua Estrutura Hierárquica.

1º Mapa Conceitual		2º Mapa Conceitual	
MD_N	9	MD_N	2
MD_B	18	MD_B	7
MD_M	0	MD_M	0
MD_A	0	MD_A	0
MR_N	0	MR_N	0
MR_B	2	MR_B	5
MR_M	1	MR_M	10
MR_A	0	MR_A	0
MB_N	0	MB_N	0
MB_B	0	MB_B	0
MB_M	1	MB_M	3
MB_A	1	MB_A	5

Legenda:

MD_N: Mapa MD com Estrutura Hierárquica Nula;

MD_B: Mapa MD com Estrutura Hierárquica Baixa;
MD_M: Mapa MD com Estrutura Hierárquica Média;
MD_A: Mapa MD com Estrutura Hierárquica Alta;
MR_N: Mapa MR com Estrutura Hierárquica Nula;
MR_B: Mapa MR com Estrutura Hierárquica Baixa;
MR_M: Mapa MR com Estrutura Hierárquica Média;
MR_A: Mapa MR com Estrutura Hierárquica Alta;
MB_N: Mapa MB com Estrutura Hierárquica Nula;
MB_B: Mapa MB com Estrutura Hierárquica Baixa;
MB_M: Mapa MB com Estrutura Hierárquica Média;
MB_A: Mapa MB com Estrutura Hierárquica Alta;

Através desse quadro podemos verificar claramente que a estrutura dos mapas conceituais construído pelas estudantes é extremamente coerente, haja visto que todos os mapas classificados (o primeiro e segundo mapa aplicados) como MD apresentaram estrutura hierárquica nula ou baixa. Já os mapas classificados como MR tem estrutura hierárquica classificada como baixa ou média. Por fim os mapas classificados como MB em sua totalidade apresentaram estrutura hierárquica média e alta. Complementando a análise de MENDONÇA (2012), foram levantados nos mapas conceituais, os termos relacionados ao tema supercondutividade para cada uma das turmas. Os termos e o número de ocorrências nos mapas construídos na aplicação do 1º e 2º mapas são mostrados nos quadros 7.5 a 12.5.

Quadro 7.5 - Termos citados no Primeiro Mapa Conceitual (Turma 3m1)

Termos	Aluno	Alunos														Total
		A2_1a	A5_1a	A6_1a	A7_1a	A9_1a	A12_1a	A15_1a	A16_1a	A17_1a	A18_1a	A21_1a	A24_1a	A25_1a	A27_1a	
Mudança de Fase																0
Temperatura Critica								1								1
Campo Magnético Critico																0
Efeito Meissner	1							1								2
Resistência Nula		1						1						1		3
Supercondutores		1		1	1			1								4
Supercondutores Tipo I			1	1	1											3
Supercondutores Tipo II			1	1	1											3
Aplicações Tecnológicas			1													1
Trens Maglev					1											1
Aceleradores de Particulas						1										0
Equipamentos de RMN						1										1
Junções Josephson																0
Teoria BCS		1			1			1				1				4
Pares de Cooper/Eletrons			1	1												2
Interação Eletrons-Fonons																0
Efeito Colchão																0
Total		1	3	4	4	6	0	3	2	0	0	1	0	1	0	

Quadro 8.5 - Termos citados no Segundo Mapa Conceitual (Turma 3m1)

Termos	Aluno	Alunos															Total
		A2_1d	A5_1d	A6_1d	A7_1d	A9_1d	A12_1d	A15_1d	A16_1d	A17_1d	A18_1d	A21_1d	A24_1d	A25_1d	A27_1d		
Mudança de Fase				1		1		1	1				1			5	
Temperatura Critica				1	1							1				3	
Campo Magnético Critico								1				1				2	
Efeito Meissner		1				1	1	1	1		1	1		1	1	9	
Resistência Nula		1				1	1					1		1		5	
Supercondutores					1		1		1			1	1			5	
Supercondutores Tipo I		1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1		11	
Supercondutores Tipo II		1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1		11	
Aplicações Tecnológicas							1					1	1			3	
Trens Maglev				1		1	1					1				4	
Aceleradores de Particulas						1	1					1				3	
Equipamentos de RMN						1	1					1				3	
Junções Josephson																0	
Teoria BCS				1		1					1		1			4	
Pares de Cooper/Eletrons												1	1			2	
Interação Eletrons-Fonons												1				1	
Efeito Colchão																0	
Total		0	4	6	4	7	9	5	5	2	4	5	13	5	2		

Quadro 9.5 - Termos citados no Primeiro Mapa Conceitual (Turma 3m2)

Termos	Aluno	Alunos															Total
		A1_2a	A2_2a	A3_2a	A8_2a	A13_2a	A14_2a	A17_2a	A18_2a	A19_2a	A20_2a	A21_2a	A22_2a	A23_2a			
Mudança de Fase																0	
Temperatura Critica												1				1	
Campo Magnético Critico																0	
Efeito Meissner				1	1	1			1	1		1				6	
Resistência Nula		1	1			1	1	1	1	1			1			8	
Supercondutores						1	1		1	1						4	
Supercondutores Tipo I						1	1		1	1						4	
Supercondutores Tipo II																0	
Aplicações Tecnológicas		1														1	
Trens Maglev		1														1	
Aceleradores de Particulas		1														1	
Equipamentos de RMN																0	
Junções Josephson																0	
Teoria BCS																0	
Pares de Cooper/Eletrons																0	
Interação Eletrons-Fonons																0	
Efeito Colchão																0	
Total		4	1	1	1	4	3	1	4	4	0	2	1	0			

Quadro 10.5 - Termos citados no Segundo Mapa Conceitual (Turma 3m2)

Termos	Aluno	A1_2d	A2_2d	A3_2d	A8_2d	A13_2d	A14_2d	A17_2	A18_2d	A19_2d	A20_2d	A21_2d	A22_2d	A23_2d	Total
	Mudança de Fase	1	1	1				1		1				1	6
	Temperatura Critica														0
	Campo Magnético Critico										1				1
	Efeito Meissner	1	1		1	1	1		1	1		1	1	1	10
	Resistência Nula	1	1							1	1	1	1		6
	Supercondutores	1		1		1	1								4
	Supercondutores Tipo I	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
	Supercondutores Tipo II	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
	Aplicações Tecnológicas		1	1		1									3
	Trens Maglev	1		1				1		1	1			1	6
	Aceleradores de Particulas														0
	Equipamentos de RMN			1						1					2
	Junções Josephson														0
	Teoria BCS	1	1	1	1	1			1	1	1			1	9
	Pares de Cooper/Eletrons														0
	Interação Eletrons-Fonons														0
Efeito Colchão														0	
Total	8	5	8	4	6	4	4	4	8	6	4	4	6		

Quadro 11.5 - Termos citados no Primeiro Mapa Conceitual (Turma 3m3)

Termos	Aluno	A1_3d	A1_3d	A1_3d	A1_3d	A1_3d	Total
	Mudança de Fase						0
	Temperatura Critica						0
	Campo Magnético Critico						0
	Efeito Meissner	1	1				2
	Resistência Nula	1	1				2
	Supercondutores						0
	Supercondutores Tipo I					1	1
	Supercondutores Tipo II					1	1
	Aplicações Tecnológicas						0
	Trens Maglev		1				1
	Aceleradores de Particulas						0
	Equipamentos de RMN						0
	Junções Josephson						0
	Teoria BCS						0
	Pares de Cooper/Eletrons						0
	Interação Eletrons-Fonons						0
Efeito Colchão						0	
Total	2	3	0	0	2		

Quadro 12.5 - Termos citados no Segundo Mapa Conceitual (Turma 3m3)

Termos	Aluno	A1_3d	A1_3d	A1_3d	A1_3d	A1_3d	Total
Mudança de Fase		1	1	1			3
Temperatura Crítica			1				1
Campo Magnético Crítico							0
Efeito Meissner		1		1		1	3
Resistência Nula		1	1	1			3
Supercondutores			1	1			2
Supercondutores Tipo I		1	1	1		1	4
Supercondutores Tipo II		1	1	1		1	4
Aplicações Tecnológicas							0
Trens Maglev		1	1				2
Aceleradores de Partículas							0
Equipamentos de RMN							0
Junções Josephson			1				1
Teoria BCS		1		1		1	3
Pares de Cooper/Elétrons		1		1			2
Interação Elétrons-Fonons							0
Efeito Colchão		1					1
Total		9	8	8	0	4	

Percebe-se, que a frequência com que os termos aparecem nos mapas produzidos aumenta do 1º para 2º mapa em todas as turmas. O Quadro 13.5 mostra a soma das ocorrências dos termos nas 3 turmas (3m123), comparando os resultados do 1º e 2º mapas, evidenciando um aumento na ocorrência dos termos, indo de 58 para 167.

Quadro 13.5 - Levantamento do total de Conceitos dos MC's no total das turmas 3m1, 3m2 e 3m3

Termos	3m123_a	3m123_d	Qualificação
Supercondutores	8	11	Aumento
Mudança de Fase	0	14	Aumento
Temperatura Crítica	2	4	Aumento
Campo Magnético Crítico	0	3	Aumento
Efeito Meissner	10	22	Aumento
Resistência Nula	13	14	Aumento
Supercondutores Tipo I	8	25	Aumento
Supercondutores Tipo II	4	25	Aumento
Aplicações Tecnológicas	2	6	Aumento
Trens Maglev	3	12	Aumento
Aceleradores de Partículas	1	3	Aumento
Equipamentos de RMN	1	5	Aumento
Junções Josephson	0	1	Aumento
Teoria BCS	4	16	Aumento
Pares de Cooper/Elétrons	2	4	Aumento
Interação Elétrons-Fonons	0	1	Aumento
Efeito Colchão	0	1	Aumento
Total	58	167	Aumento

***Legenda:** 3m123_a = nº de conceitos no primeiro MC das turmas 3m1, 3m2 e 3m3;
3m123_d = nº de conceitos no segundo MC das turmas 3m1, 3m2 e 3m3;

5.5. Exercícios após Aula Expositiva sobre Supercondutividade

Seguindo a sequência didática, o professor utilizou duas aulas: na primeira realizou uma aula expositiva com apresentação de slides contendo os principais aspectos da teoria dos supercondutores e suas aplicações; na segunda os estudantes foram solicitados a resolverem, com o auxílio do texto sobre supercondutores, exercícios relacionados ao tema. Caso a aula a expositiva finalize antes do término do seu horário, o exercício poderá ser iniciado imediatamente, sendo recolhido ao final desta e recomeçado na aula seguinte.

As respostas dos exercícios e pontuação por questão estão disponíveis no Apêndice J e, para esta atividade, as respostas dos estudantes foram avaliadas sob o critério quantitativo. A nota de cada exercício valia entre 0 e 10 pontos, mas houve também uma contagem de pontos relacionada a ocorrência de termos considerados essenciais em cada questão. As notas de cada questão e os termos essenciais referentes a cada uma delas é mostrada nos quadros a seguir.

A questão 1, possui os termos “Nova Fase da Matéria”, “Resistencia Elétrica Nula” e “Efeito Meissner” como itens essenciais. A distribuição é mostrada na figura 5.5.

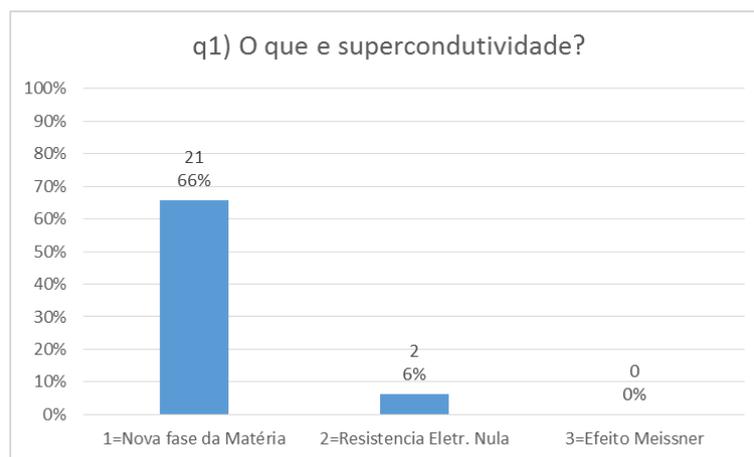


Figura 5.5 - Termos citados na questão 1 do Exercício sobre Supercondutividade.

A supercondutividade como nova fase da matéria foi citada por 21 (66%) estudantes, sendo que apenas 2 (6%) citaram a resistência elétrica nula e nenhum citou o termo Efeito Meissner.

A questão 2, possui os termos “Supercondutores do Tipo I”, “Supercondutores Tipo II”, “Total exclusão de Fluxo Magnético”, “Parcial exclusão de Fluxo Magnético”, “Efeito Meissner”, “Estado Meissner” e “Estado Misto” como itens essenciais. A distribuição

encontrada nas respostas dos estudantes, mostrada Figura 6.5, mostra que 24 (75%) alunos citaram “Supercondutores do Tipo I” e Supercondutores Tipo II”, 17 (53%) deles citaram “Total e exclusão de Fluxo Magnético”, 4 (13%) alunos citaram os termos “Parcial Exclusão de Fluxo Magnético” e “Efeito Meissner”, 11 (34%) discentes comentaram sobre o termo “Estado eissner” e 8 (25%) citou o termo “Estado Misto”, infelizmente não houve esquema feito pelo estudantes nesta questão.

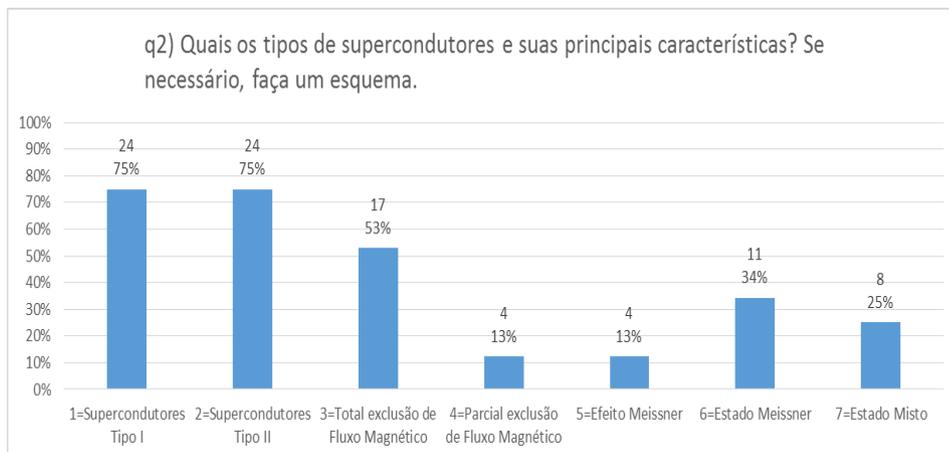


Figura 6.5 - Termos citados na questão 2 do Exercício sobre Supercondutividade.

A questão 3, possui os termos “Efeito Meissner” e “Resistência Elétrica Nula”, como itens essenciais. A distribuição é mostrada na Figura 7.5.

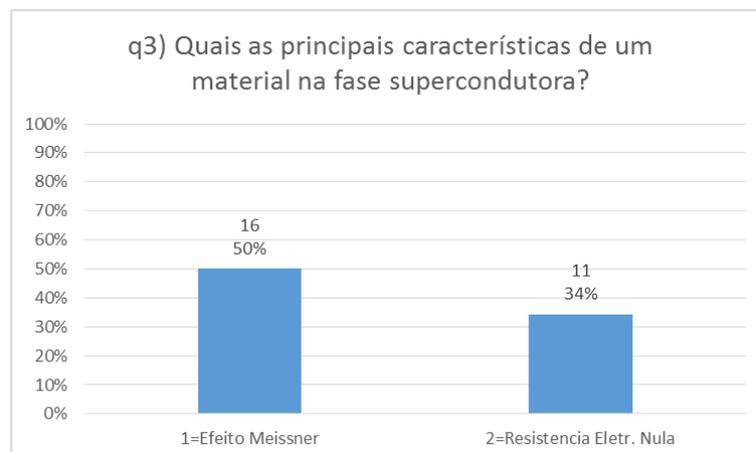


Figura 7.5 - Termos citados na questão 3 do Exercício Sobre Supercondutividade.

Pode-se observar que 16 (50%) dos alunos citaram “Efeito Meisser”, 11 (34%) deles expressaram “Resistencia Elétrica Nula” e os demais 5 (16%) alunos não abordaram estes termos.

A questão 4, possui os termos “Exclusão Total de Fluxo Magnético” e “Exclusão Parcial de Fluxo”, como itens essenciais. A distribuição é mostrada na Figura 8.5.

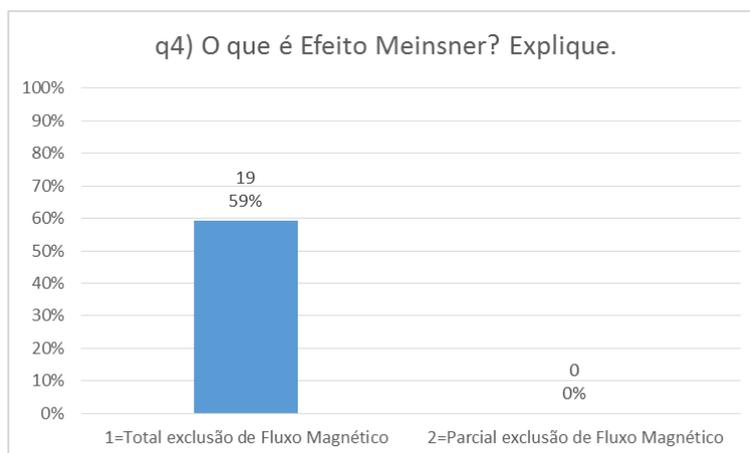


Figura 8.5 - Termos citados na questão 4 do Exercício sobre Supercondutividade.

Observa-se que 19 (59%) dos alunos citaram “Total Exclusão de Fluxo Magnético” e não houve ocorrências do termo “Parcial Exclusão de Fluxo Magnético”.

A questão 5, possui os termos “Exclusão Total de Fluxo Magnético” e “Exclusão Parcial de Fluxo”, como itens essenciais. A Figura 9.5 mostra que 12 (38%) dos alunos citaram “Pares de Elétrons” não houve ocorrência do termo “Pares de Cooper”, ficando claro que os estudantes não conseguiram relacionar os dois termos, outros 5 (16%) estudantes citaram o termo “Movimento acoplado entre pares de elétrons na rede cristalina”, 1 (3%) aluno citou o termo “Interação Eletrons-Fonons” e 1 (3%) citou o termo “Efeito Colchão”.

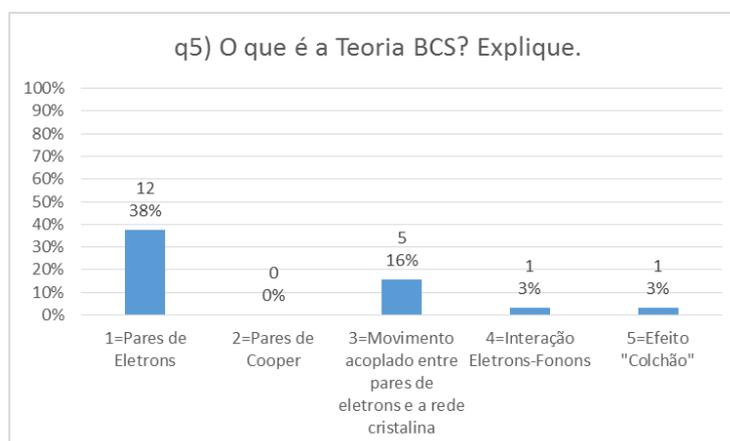


Figura 9.5 - Termos citados na questão 5 do Exercício sobre Supercondutividade.

A questão 6, possui os termos “Trens Maglev”, “Equipamentos de RMN”, “Aceleradores de Partículas”, “Magnometria”, “Cabos de Transmissão de Energia

Elétrica”, “Junções Josephson” e “Squids’s” como itens essenciais. A distribuição é mostrada na Figura 10.5.

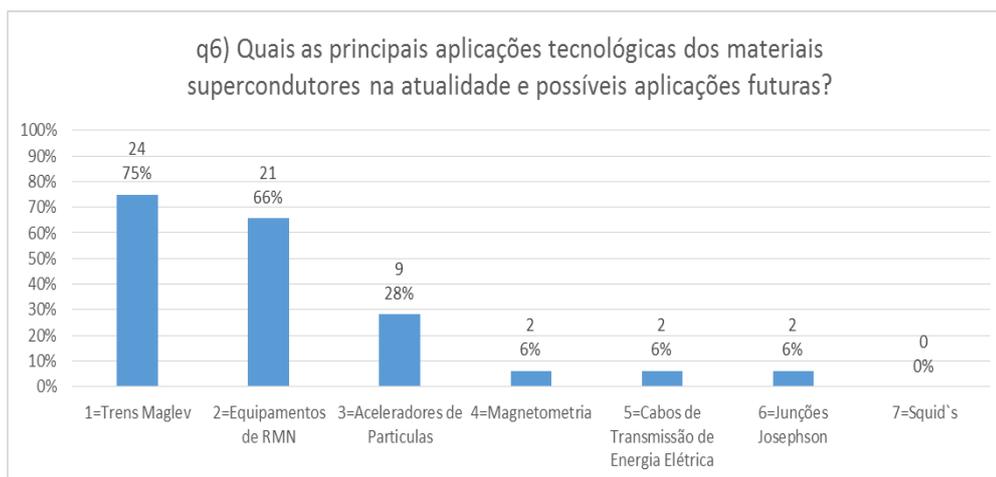


Figura 10.5 - Termos citados na questão 6 do Exercício sobre Supercondutividade.

Nota-se que 24 (75%) alunos citaram “Trens Maglev”, 21 (66%) citaram “Equipamentos de RMN”, 9 (28%) citaram o termo “Aceleradores de Partículas”, 2 (6%) citaram “Magnometria”, “Cabos de Transmissão de Energia Elétrica”, “Junções Josephson” e nenhum citou “Squids”.

Na questão 7, “Poderíamos relacionar a supercondutividade a uma possível revolução tecnológica? Por quê?”, busca solicitar uma resposta pessoal do aluno, ou seja, propõe que ele expresse uma inferência de valor à Supercondutividade e suas possibilidades tecnológicas. Na resposta, o aluno deveria relacionar as aplicações tecnológicas da supercondutividade a sua aplicação aos equipamentos e dispositivos usados no cotidiano e a evolução por eles experimentada, como celulares, motores elétricos, pequenos transformadores, processadores, baterias, etc.

Finalmente, a Figura 10.6, mostra o espectro de notas obtidas a partir da correção dos questionários, com base no gabarito do Apêndice J.

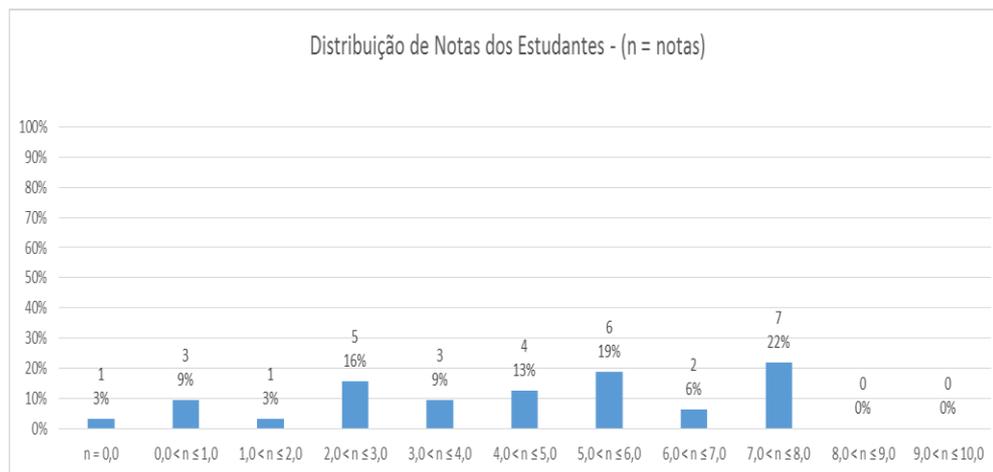


Figura 10.6 - Distribuição de notas.

A figura mostra que 5 (15%) dos estudantes obtiveram nota no intervalo entre 0,0 e 2,0 pontos, 12 (38%) obtiveram nota no intervalo de 2,0 a 5,0 pontos, 15 (47%) alunos obtiveram nota no intervalo de 5,0 a 8,0 pontos, e não houve estudantes obtiveram nota acima de 8,0 pontos.

5.6. Questionários de Avaliação

Com o objetivo de avaliar a sequência didática pelos estudantes, após a aplicação do segundo mapa conceitual, foram aplicados 2 questionários finais para os estudantes, não fazendo parte da sequência didática sobre a Supercondutividade. A exceção é a questão 11 do Questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais.

5.6.1. Questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais

O questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais, teve o objetivo de avaliar os recursos utilizados na sequência didática. Os estudantes responderam ao questionário dando notas: 1(Péssimo), 2(Ruim), 3(Regular), 4(Bom) e 5(Ótimo), ver Apêndice L, em relação à qualidade dos quesitos levantados pelo questionário. A Figura 10.7 apresenta os resultados da aplicação deste questionário.

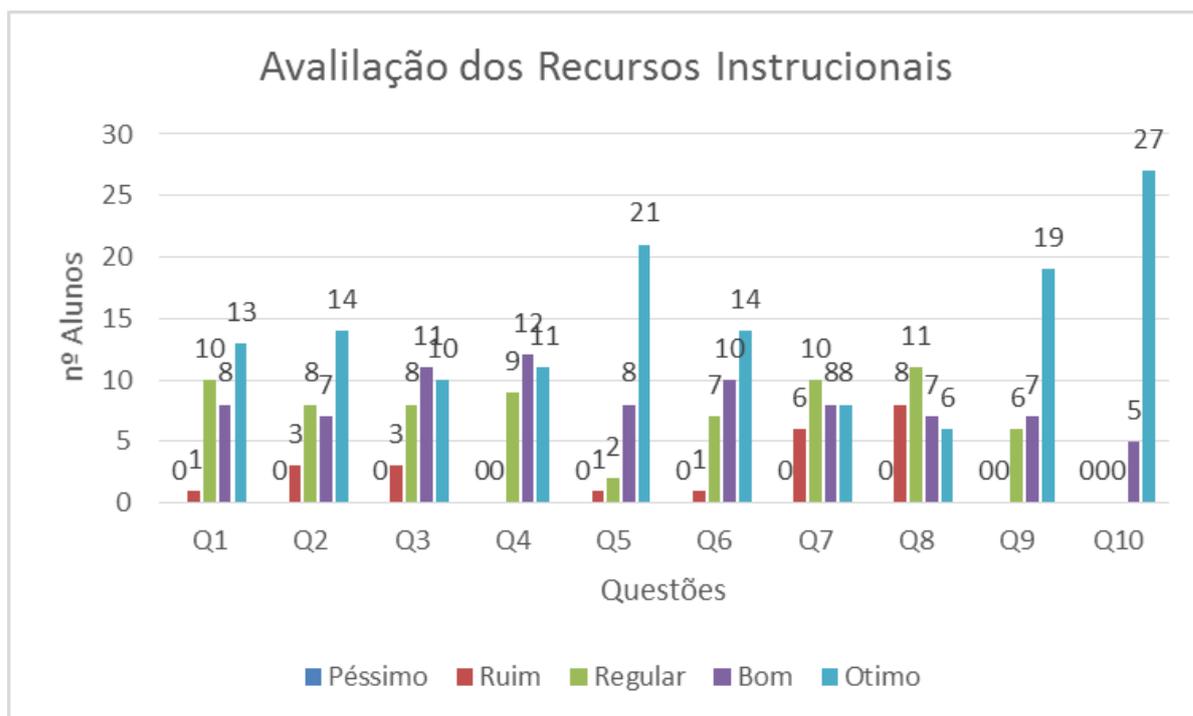


Figura 10.7 – Resultado da Avaliação dos Recursos Instrucionais

Observa-se que, exceto para as questões 7 e 8, as respostas dos estudantes foram de Regular a Ótimo em sua maioria e que a soma das respostas Regular e Ótimo, foi sempre maior que 21 (65%). Para as questões 7 e 8 os resultados mostram que 16 (50%) alunos e 13 (41%) alunos classificaram-nas como Bom e Ótimo, respectivamente. A questão 10 solicitava que o aluno classificasse a sequência didática sobre supercondutividade, como um todo. Os resultados mostram que todos os 32 (100%) dos participantes classificaram como Bom e Ótimo.

A questão 11, na tabela 12.5, solicitava que o aluno expressasse se considerava que a sequência didática permitiu que ele fosse capaz de relacionar o fenômeno da supercondutividade com alguma aplicação tecnológica, em função da utilização dos recursos instrucionais.

Tabela 12.5 - Resultados da Questão 11 do Questionário Recursos Instrucionais

Questão 11	Sim nº de alunos (%)	Não nº de alunos (%)
Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu relacionasse o fenômeno da supercondutividade com alguma aplicação tecnológica?	16 (50%)	16 (50%)

Dos 32 participantes, 16 (50%) responderam positivamente e as aplicações conseguiram tecnológicas citadas são apresentadas no Quadro 14.5.

Quadro 14.5 - Respostas da Questão Q11 do Questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais

Turma	Aluno	Resposta	Relacionou corretamente
3m1	A6_1	resistência elétrica do chuveiro	
	A7_1	resistência elétrica do chuveiro	
	A12_1	equipamento de RMN	X
	A17_1	equipamento de RMN	X
	A24_1	trem maglev	X
3m2	A1_2	geradores e dispositivos eletrônicos em geral	X
	A2_2	geradores e dispositivos eletrônicos em geral	X
	A3_2	trem maglev	X
	A13_2	trem maglev	X
	A19_2	trem maglev	X
	A20_2	equipamento de RMN	X
	A21_2	transportes urbanos	X
	A22_2	trem maglev	X
3m3	A1_3	trem bala, transporte de energia, microprocessador	X
	A3_3	trem bala, transporte de energia, microprocessador	X

Esses dados mostram que, dos 16 estudantes, 14 (44%) citaram aplicações tecnológicas diretamente ligadas à supercondutividade.

Para finalizar a coleta de dados, foi solicitado que os estudantes preenchessem um quadro com sugestões, críticas ou elogios a respeito da sequência didática sobre supercondutividade. Dos resultados, foi possível observar que 13 (41%) dos estudantes fizeram críticas, sugestões ou elogios e 19 (59%) não opinaram. No quadro 15.5 são apresentadas as respostas dos estudantes, classificadas entre em crítica, sugestão ou elogio.

Quadro 15.5 - Questão 12 sobre críticas, elogios ou sugestões do Questionário Recursos Instrucionais

Turma	Aluno	Resposta	Classificação
3m1	A2_1	"O tema supercondutividade é muito interessante não há críticas"	Elogio
		"Poderia ter sim ou não"	Não definido
	A17_1	"Para mim o conteúdo está muito bom e me ajudou a adquirir mais conhecimento."	Elogio
	A24_1	"Mais experiências em sala de aula, e se possível, aulas de campo."	Sugestão
	A25_1	"Continue assim, está muito mais fácil de aprender."	Elogio
3m2	A3_2	"Mais demonstrações sobre o assunto, pois ajudam muito, uma crítica é que você passa matéria atrás de matéria, no início muitas pessoas tiveram dificuldades de aprender."	Crítica
	A13_2	"Nada a reclamar do professor ou das matérias."	Elogio

	A14_2	“Sei que foi muito bom, so que não despertou meu interesse e eu não consegui aprender quase nada.”	Elogio
	A18_2	“As aulas ficaram ótimas, não precisa criticar e nem dar sugestões.”	Elogio
	A19_2	“Muito boa a aula de Física. Sem críticas e questionamentos.”	Elogio
	A20_2	“Queria que trouxesse mais experiências.”	Sugestão
	A23_2	“Professor sempre disposto a ministrar conteúdos e aulas, mas a ausência de muitos alunos atrapalha seu desenvolvimento.”	Elogio Critica
3m3	A3_3	“Mais experiências de supercondutividade.”	Sugestão

5.6.2. Questionário de Auto Avaliação Estudantil

O último questionário teve como objetivo permitir aos estudantes refletirem sobre seu compromisso e desempenho durante as aulas. Os resultados são apresentados no Quadro 16.5.

Quadro 16.5 – Resultado do Questionário Auto Avaliação Estudantil

nº	Questão	1	2	3	4	5
		Nunca	Poucas Vezes	Às Vezes	Muitas Vezes	Sempre
1	Sou pontual e evito faltar as aulas.	0 (0%)	2 (6%)	7 (22%)	11 (34%)	12 (38%)
2	Tenho comportamento adequado a uma sala de aula.	0 (0%)	0 (0%)	5 (16%)	15 (47%)	12 (38%)
3	Respeito os meus colegas no seu espaço de aula.	0 (0%)	0 (0%)	2 (6%)	9 (28%)	21 (66%)
4	Estou atento e concentrado durante as aulas da disciplina.	0 (0%)	1 (3%)	13 (41%)	9 (28%)	9 (28%)
5	Esclareço as dúvidas que tenho em devido tempo.	1 (3%)	5 (16%)	10 (31%)	7 (22%)	9 (28%)
6	Sou portador do material necessário à aula.	1 (3%)	2 (6%)	3 (9%)	5 (16%)	21 (66%)
7	Faço registro dos assuntos que considero relevantes para a minha aprendizagem em meu caderno.	1 (3%)	7 (22%)	7 (22%)	6 (19%)	11(34%)
8	Estou empenhado na execução das tarefas propostas.	0 (0%)	1 (3%)	6 (19%)	12 (38%)	13 (41%)
9	Sou metódico e rigoroso na execução das tarefas propostas.	0 (0%)	3 (9%)	9 (28%)	12 (38%)	8 (25%)
10	Distribuo meu tempo adequadamente para a execução das tarefas propostas.	2 (6%)	1 (3%)	7 (22%)	19 (59%)	3 (9%)
11	Cumpro todos os requisitos das tarefas propostas.	0 (0%)	0 (0%)	5 (16%)	11 (34%)	16 (50%)
12	Mostro empenho em apresentar as tarefas bem feitas, de acordo com minhas capacidades.	0 (0%)	1 (3%)	6 (19%)	11 (34%)	14 (44%)
13	Faço as atividades propostas para casa em tempo de entrega-las e/ou discuti-las.	1 (3%)	1 (3%)	6 (19%)	13 (41%)	11 (34%)

Além das questões objetivas, o questionário solicitava ao aluno uma auto avaliação do seu desempenho durante o período de trabalho. Os resultados mostram que 28 (88%) estudantes responderam ao questionamento e o Quadro 17.5 apresenta as respostas fornecidas pelos estudantes.

Quadro 17.5 - Cotação dos Estudantes no Questionário Auto Avaliação Estudantil

Turma	Aluno	Resposta
3m1	A5_1	"Me dediquei, mas muitas vezes desviei o foco."
	A6_1	"Satisfatório."
	A7_1	"Muito Bom."
	A9_1	"Executei todas as tarefas o melhor possível dentro das minhas capacidades e não faltai a nenhuma aula."
	A15_1	"Muito bom."
	A16_1	"Bom. Sempre faço os meus deveres com seriedade."
	A17_1	"Não me empenho para fazer os trabalhos a maioria das vezes."
	A18_1	"Razoável."
	A24_1	"Muito bom, tento aprender e ser líder. Embora, prefiro trabalhar sozinha, sempre que posso. Ajudo os colegas."
A27_1	"Muito bom."	
3m2	A1_2	"Sou uma boa aluna."
	A2_2	"Eu cumpro com as minhas atividades."
	A3_2	"Regular. Quando a matéria é interessante e tem coisas que despertam o meu interesse ajuda muito."
	A8_2	"Razoável, pois não mostro muito interesse nas aulas."
	A13_2	"Tenho atenção durante a explicação. Faço todas as atividades e pergunto quando tenho dúvidas. Não faço as atividades de qualquer jeito."
	A14_2	"Bom. Acho que eu deveria ter levado mais a sério tendo prestado mais atenção nas aulas."
	A17_2	"Meu desempenho não é tão bom, pelo fato de até mesmo descaso, preguiça e falta de interesse não pelos estudos mas sim para as atividades, mas com certeza esta quadro pretendo mudar pois não é isso que eu quero nem os meus pais, muito menos o meu futuro."
	A18_2	"Não muito bom dependendo do dia. Mas procuro aprender sempre."
	A19_2	"Dedicação total, participando vai adquirindo cada dia mais conhecimento, me beneficiando desses aprendizados aqui atribuídos."
	A20_2	"Bom. Aprendo bastante e gosto da forma de explica do professor."
	A21_2	"Entre 0 e 10 sou 7."
	A22_2	"Bom."
A23_2	"Preciso ser mais presente e parar de faltar (colocar um ponto final em minha ausências)."	
3m3	A1_3	"Poderia ter me empenhado mais, mas no geral fui bem. Compreendi bem a matéria."
	A3_3	"Médio."
	A5_3	"Bom."
	A17_3	"Bom."

No próximo capítulo será apresentada a análise dos dados obtidos a partir da aplicação da sequência didática.

6. Análise dos Dados

A partir da sequência didática desenvolvida e validada no Capítulo 3 com base nas regras de transposição didática (ASTOLFI, 2011), a investigação teve o foco em dois pontos específicos:

1. Verificar se a sequência desenvolvida era Potencialmente Significativa;

Neste ponto da investigação buscou-se verificar se a sequência didática, dado seu desenvolvimento e aplicação, poderia promover a aprendizagem significativa, dando a ela o possível status de potencialmente significativa.

2. Verificar a integração da sequência didática no contexto do ensino médio;

Este ponto da investigação solicitou que o estudante expressasse suas impressões sobre a sequência didática desenvolvida, avaliando, através de questionários, os recursos e mídias usados e sua auto avaliação de desempenho.

Assim, este capítulo tem o objetivo de analisar os dados coletados afim de elucidar os pontos listados.

6.1. Análise dos Dados Relativos ao Potencial Significativo da Sequência Didática Desenvolvida

Para investigar se a sequência didática desenvolvida pôde promover a aprendizagem significativa serão analisados os dados coletados a partir das seguintes fontes:

1. Primeiro Mapa Conceitual
2. Exercícios respondidos pelos estudantes após aula sobre Supercondutores;
3. Segundo Mapa Conceitual

Moreira (1980) relata que o mapeamento conceitual terá preferência de uso quando os alunos possuírem uma certa familiaridade com o assunto, de modo que os mapas sejam potencialmente significativos e permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados de conceitos.

Moreira (2011, p. 49) ainda revela que os organizadores prévios e o mapeamento conceitual são instrumentos didáticos facilitadores da aprendizagem significativa.

Assim, antes da aplicação do primeiro mapa conceitual as atividades 1, 3, 4 e 5 (ver Quadro 4.4, p. 48) inclusive o próprio mapa conceitual, tinham o objetivo de gerar os organizadores prévios na estrutura cognitiva dos alunos e oferecer a eles familiaridade com o tema da sequência didática.

Quando trata-se de avaliação da aprendizagem, Moreira (2011, p. 52) relata que a aprendizagem significativa é progressiva, ou seja, grande parte do processo ocorre na zona cinza, na região do mais ou menos, na qual o erro é normal. Desta forma a avaliação da aprendizagem deve ser predominantemente formativa e recursiva, formativa para buscar evidências de aprendizagem significativa e recursiva permitindo que o aluno refaça, mais de 1 vez se necessário, as tarefas de aprendizagem. Desta forma, os mapas conceituais feitos pelos alunos serão potencialmente significativos e o último será também uma atividade recursiva avaliativa, permitindo que ele melhore o primeiro mapa produzido e sua estrutura hierárquica relativo ao tema.

A análise dos dados dos dois mapas construídos pelos 32 alunos revelou que o número de mapas classificados como MB (Mapa Bom) aumentou de 2 (6%), no primeiro, para 8 (25%), no segundo. Já para a categoria MR (Mapa Regular), o número de mapas aumentou em 12 (38%), indo de 3 (9%) para 15 (47%). Em relação aos MD (Mapas Deficientes), houve uma redução de 18 mapas (56%), indo de 27 (84%) para 9 (28%).

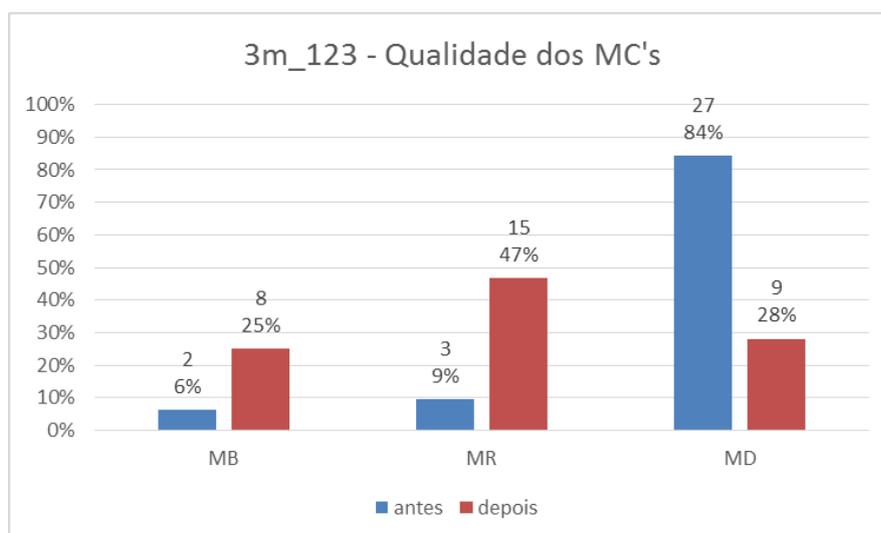


Figura 4.5 - Comparação dos Mapas Conceituais do conjunto de dados obtidos de todas as Turmas 3m1, 3m2 e 3m3

Interessante notar 2 fatos importantes, na figura 4.5 tem-se um resumo total da comparação dos mapas vistos nas 3 turmas de terceiro ano. Não há o que se discutir

a respeito do aumento de mapas classificados como MB e MR e claro, a respectiva queda dos mapas classificados como MD. No entanto, quando olha-se a Figura 3.5, tem-se separadamente a classificação dos mapas por turmas e pode-se ver que nas 3 turmas, sempre os mapas classificados como MD sofrem uma redução com o respectivo aumento dos mapas classificados como MB e MR, sendo este o primeiro indicativo da ocorrência da aprendizagem significativa (MENDONÇA, 2012) por parte dos estudantes.

Além disso, observa-se a evolução da estrutura hierárquica dos mapas conceituais dos estudantes conforme o Quadro abaixo.

Quadro 5.5 - Evolução da Estrutura Hierárquica do 1º e 2º Mapas Conceituais

DP/RI 1º Mapa	Evolução	DP/RI 2º Mapa	Número de alunos por Turmas			Soma
			3m1	3m2	3m2	
N	=	N	1	0	1	2
N	→	B	2	3	1	6
N	→	A	1	0	0	1
B	=	B	3	3	0	6
B	→	M	6	4	2	12
B	→	A	0	2	0	2
M	=	M	0	1	0	1
M	→	A	0	0	1	1
A	=	A	1	0	0	1

Legenda do Quadro 5.5:

DP/RI = Diferenciação Progressiva/Reconciliação Integradora (antes);

DP/RI = Diferenciação Progressiva/Reconciliação Integradora (depois);

A = Alta; **M** = Média; **B** = Baixa; **N** = Nula.

No Quadro 5.5, 22 (69%) estudantes conseguiram fazer progredir a estrutura hierárquica entre o primeiro e o segundo mapa produzidos, No entanto, nem todos conseguiram avançar, pois um total de 10 (31%) alunos mantiveram sua estrutura hierárquica nos mapas aplicados: 2 (Nula), 6 (Baixa), 1 (Media) e 1(Alta). A manutenção desta estrutura nos mapas, mostra que os conceitos não evoluíram com a instrução. Por outro lado 22 (69%) alunos, em menor ou maior grau, avançaram para as classificações posteriores, progredindo e, assim, revelando o segundo indicio da ocorrência da aprendizagem significativa (MENDONÇA, 2012).

Aplicado o primeiro e segundo mapas conceituais, foram levantados os termos descrito no Quadros 1.6, nota-se que os termos citados têm um ganho na frequência com que aparecem no segundo mapa. Por exemplo, o termo “Efeito Meissner” foi citado inicialmente por 10 estudantes nos seus mapas e posteriormente, por 22

estudantes no segundo mapa conceitual. Portanto 12 estudantes colocaram este novo termo no seu mapa conceitual. A mesma interpretação pode ser feita para os demais termos.

Quando atenta-se para o total de conceitos do primeiro e segundo mapas produzidos, nota-se que houve um aumento de 58 para 167 conceitos, e que sempre existe aumento dos termos citados, ou seja, do primeiro para o segundo mapa, todos os termos aparecem com pelo menos 1 ocorrência ou mais. Desta forma, surge uma diferença de 109 conceitos entre os mapas produzidos. A inserção de novos conceitos, pelos alunos, no segundo mapa são o terceiro indicador da possível ocorrência da aprendizagem significativa através da sequência didática (MENDONÇA, 2012).

Quadro 1.6 - Levantamento de Novos Conceitos dos MC's no total das turmas 3m1, 3m2 e 3m3

Termos	Turmas 3m1, 3m2 e 3m3		Novos Conceitos entre os Mapas	Qualificação
	3m123_a	3m123_d		
Mudança de Fase	0	14	14	Aumento
Campo Magnético Crítico	0	3	3	Aumento
Junções Josephson	0	1	1	Aumento
Interação Elétrons-Fonons	0	1	1	Aumento
Efeito Colchão	0	1	1	Aumento
Aceleradores de Partículas	1	3	2	Aumento
Equipamentos de RMN	1	5	4	Aumento
Temperatura Crítica	2	4	2	Aumento
Aplicações Tecnológicas	2	6	4	Aumento
Pares de Cooper/Elétrons	2	4	2	Aumento
Trens Maglev	3	12	9	Aumento
Supercondutores Tipo II	4	25	21	Aumento
Teoria BCS	4	16	12	Aumento
Supercondutores	8	11	3	Aumento
Supercondutores Tipo I	8	25	17	Aumento
Efeito Meissner	10	22	12	Aumento
Resistência Nula	13	14	1	Aumento
Total	58	167	109	Aumento

***Legenda:**

3m123_a = nº de conceitos no primeiro MC das turmas 3m1, 3m2 e 3m3;

3m123_d = nº de conceitos no segundo MC das turmas 3m1, 3m2 e 3m3;

Ausubel *et al* (1980, p. 503) relatam ainda que a avaliação é uma experiência significativa de aprendizagem pois força o estudante a revisar, consolidar, esclarecer e integrar o assunto antes de ser testado. Neste contexto, o exercício aplicado sobre Supercondutividade (Apêndice I), após o texto Supercondutores (Apêndice G) e a aula expositiva, mesmo não sendo uma avaliação propriamente dita, objetivava aumentar o número de conceitos disponíveis na estrutura hierárquica do aluno, fazendo-a

avançar e estabilizar àqueles já adquiridos até o momento. Tal fato pode ser elucidado quando observa-se quais os termos citados no segundo mapa aparecem nas respostas das questões q1, q2, q3, q4, q5 e q6 da atividade. A questão q7 não aparece por ser uma resposta de caráter pessoal. Abaixo, o Quadro 2.6 com os termos citados nos mapas e a questão em que ele é citado nas respostas dadas pelos alunos.

Quadro 2.6. Termos Citados no 2º MC em relação aos citados nas respostas do Exercício sobre Supercondutividade

Termos citados no 2º Mapa Conceitual	Citado na Questão	Quantidade de alunos que citaram nas respostas (nº %)
Supercondutores	Conceito Inicial	-
Mudança de Fase	q1	21 (66%)
Temperatura Critica	Não foi citado em nenhuma questão	-
Campo Magnético Critico	Não foi citado em nenhuma questão	-
Efeito Meissner	q2	4 (13%)
	q3	16 (50%)
Resistência Nula	q1	2 (6%)
	q3	11 (23%)
Supercondutores Tipo I	q2	24 (75%)
Supercondutores Tipo II	q2	24 (75%)
Aplicações Tecnológicas	Termo contido na questão q6	-
Trens Maglev	q6	24 (75%)
Aceleradores de Partículas	q6	9 (28%)
Equipamentos de RMN	q6	21 (66%)
Junções Josephson	q6	2 (6%)
Teoria BCS	Termo contido na questão q5	-
Pares de Cooper/Elétrons	q5	12 (38%)
Interação Eletrons-Fonons	q5	1 (3%)
Efeito Colchão	q5	1 (3%)

Moreira (2011) diz que a avaliação da aprendizagem significativa deve verificar a compreensão, a captação de significados e a capacidade de transferência do conhecimento para situações não conhecidas, não rotineiras. A proposta de Ausubel é ainda mais radical: deve propor ao aprendiz novas situações exigindo que ele transforme ao máximo o novo conhecimento adquirido para a nova situação. No questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais (Apêndice L), mais especificamente na questão 11, ver Quadro 14.5. Foi solicitado ao estudante responder se ele foi capaz de relacionar o fenômeno da supercondutividade a alguma aplicação tecnológica, dos 32 alunos 16 (50%) responderam que sim, mas apenas 14 (44%) citaram corretamente aplicações ligadas a supercondutividade. Tal fato parece corroborar com a ideia de avaliação proposta por Ausubel e Moreira sendo mais um

Ao se analisar os mapas do aluno A24_1, contata-se do Quadro 3.6 que houve evolução na qualidade do mapa de MD (Mapa Deficiente) para MB (Mapa Bom), saindo de 0 conceitos validos para 10 conceitos validos, valendo ressaltar que a estrutura hierárquica salta de N (nula) para A (Alta).

Quadro 3.6 - Recorte da Evolução da Qualidade do Primeiro e Segundo MC's do Aluno A24_1

Alunos	Critérios							QM
	CV	TP	PV	RCZ	EX	DP	RI	
A24_1a	0	0	0	0	0	N	N	MD
A24_1d	10	5	5	0	0	A	A	MB

Legenda do Quadro 3.6:

- **CV:** Conceitos Válidos;
- **TP:** Total de Proposições;
- **PV:** Proposições Válidas;
- **RCZ:** Relações Cruzadas;
- **EX:** Exemplo;
- **DP:** Diferenciação Progressiva;
- **RI:** Reconciliação Integradora;
- **A:** Alta;
- **M:** Média;
- **B:** Baixa;
- **N:** Nula;
- **QM:** Qualidade do Mapa;
- **MB:** Mapa Bom;
- **MR:** Mapa Regular;
- **MD:** Mapa Deficiente.

Os questionários de Avaliação de Recursos Instrucionais e de Auto Avaliação Estudantil permitem ao estudante avaliar os recursos usados na sequência de ensino e avaliar o seu desempenho durante a sua realização. Abaixo, na figuras 2.6 os questionários do aluno A24_1.

The image shows two questionnaires from the Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - PPGEnFis. The left questionnaire is titled 'Avaliação de Recursos Instrucionais' and the right one is 'Auto Avaliação Estudantil'. Both are filled out by student A24_1. The right questionnaire includes a handwritten grade 'Q24' at the top. The questionnaires contain various items related to the quality of instructional resources and student performance, with a Likert scale from 1 (Péssimo) to 5 (Ótimo).

Figura 2.6 – Questionários de Avaliação de Recursos Instrucionais (esquerda) e Auto Avaliação Estudantil (direita) do aluno A24_1

Constata-se do questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais a boa avaliação de todos os recursos usados durante o trabalho, dando o aluno classificação 5 = Ótimo em 9 das 10 questões e classificação 4 = Bom na questão 8. Vale ressaltar que na questão 11 o estudante cita uma aplicação tecnológica da supercondutividade (ver Quadro 14.5) oferecendo uma sugestão: “*Mais experiências em sala de aula, e se possível, aulas de campo.*”, (ver quadro 15.5) para a melhora do plano de trabalho. No questionário Auto Avaliação Estudantil o aluno A24_1, se auto avalia de forma coerente ao resultado visto nos mapas conceituais e no exercício sobre Supercondutividade (obtendo nota: 7,5). De posse da análise feita dos mapas conceituais, dos questionários de Avaliação dos Recursos Instrucionais, Auto Avaliação Estudantil e do exercício proposto sobre supercondutividade, o autor acredita que os dados apresentam indicadores suficientes de indícios de aprendizagem significativa do tema para o discente A24_1, atestando o seu bom desempenho na sequência didática.

Nem todos os estudantes apresentaram êxito durante a sequência didática. O estudante A27_1 tem os mapas apresentados antes e depois, na figura 3.6 abaixo:

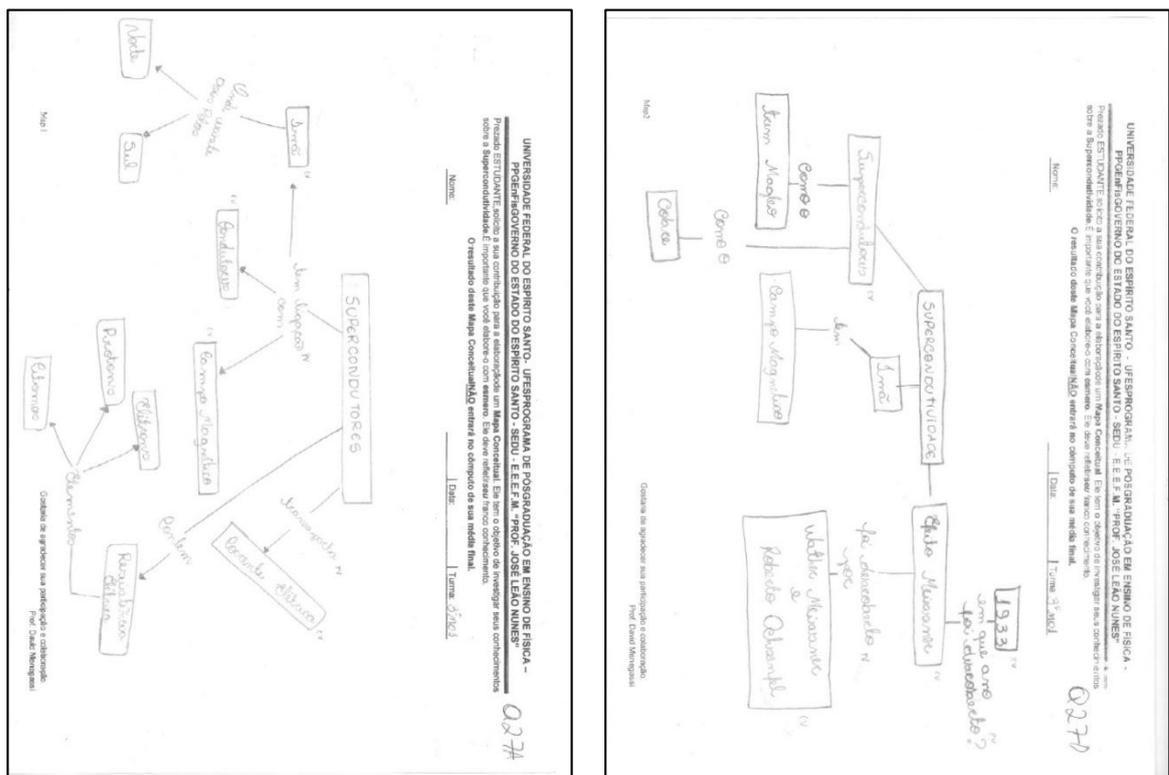


Figura 3.6 – Primeiro (esquerda) e Segundo (direita) MC's do estudante A27_1

Ao se averiguar os mapas do aluno A27_1, constata-se do quadro 4.6 que ele manteve a qualidade do mapa na classificação MD (Mapa Deficiente) saindo de apenas 0 conceitos válidos para 2 conceitos válidos, valendo ressaltar que a estrutura hierárquica manteve-se inalterada na classificação B (Baixa).

Quadro 4.6 - Recorte da Evolução da Qualidade do Primeiro e Segundo MC's do Aluno A27_1

Alunos	Critérios							QM
	CV	TP	PV	RCZ	EX	DP	RI	
A27_1a	0	0	0	0	0	B	B	MD
A27_1d	2	2	2	0	0	B	B	MD

Legenda do Quadro 4.6:

- **CV:** Conceitos Válidos;
- **TP:** Total de Proposições;
- **PV:** Proposições Válidas;
- **RCZ:** Relações Cruzadas;
- **EX:** Exemplo;
- **DP:** Diferenciação Progressiva;
- **RI:** Reconciliação Integradora;
- **A:** Alta;
- **M:** Média;
- **B:** Baixa;
- **N:** Nula;
- **QM:** Qualidade do Mapa;
- **MB:** Mapa Bom;
- **MR:** Mapa Regular;
- **MD:** Mapa Deficiente.

Dos questionários de Avaliação dos Recursos Instrucionais e Auto Avaliação Estudantil, do discente A27_1 apresentados na Figura 4.6 abaixo, pode-se notar como ele avalia os recursos usados na sequência de ensino e o seu desempenho durante a sua realização.

The figure shows two questionnaires from the Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - PPGEnFis. The left questionnaire is titled 'Avaliação de Recursos Instrucionais' and the right one is 'Auto Avaliação Estudantil'. Both are filled out by student A27_1. The right questionnaire includes a handwritten 'Q27' in the top right corner. The right questionnaire also includes a table for marking 'X' for each item of evaluation, with columns for 'Péssimo' (1-5) and 'Ótimo' (1-5). The right questionnaire also includes a section for 'Como avalio o meu desempenho geral durante o trabalho:' with the handwritten answer 'muito bom'.

Figura 4.6 – Questionários de Avaliação de Recursos Instrucionais (esquerda) e Auto Avaliação Estudantil (direita) do aluno A27_1

Constata-se do questionário Avaliação dos Recursos Instrucionais, que apesar do estudante ter um desempenho pífio nos mapas conceituais e no exercício sobre Supercondutividade, ele faz uma boa avaliação de todos os recursos usados durante o trabalho, dando o aluno classificação 5 = Ótimo em 5 das 10 questões, classificação 4 = Bom nas questões 1, 3, 7 e 8 e classificação 3 = Regular na questão 2. O discente não cita uma aplicação tecnológica da supercondutividade na questão 11 e também não oferece nem uma sugestão ou crítica aos recursos usados.

No questionário Auto Avaliação Estudantil, o autor acredita que o aprendiz o aluno A27_1, super valoriza para além do real sua auto avaliação, dado o resultado observado nos mapas conceituais e no exercício sobre Supercondutividade (obtendo nota: 4,5). Assim, de posse da análise feita dos mapas conceituais, dos questionários de Avaliação dos Recursos Instrucionais, Auto Avaliação Estudantil e do exercício proposto do tema Supercondutividade, o autor nota que apesar do estudante avaliar os recursos instrucionais de forma satisfatória, ver questão 10 no Questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais (Apêndice L), dando uma classificação 5 = Ótima para o curso de Supercondutividade e de sua auto avaliação superestimada, citando inclusive na questão 13 do Questionário de Auto Avaliação Estudantil (Apêndice M) que o seu desempenho geral é *“Muito Bom”*, ele pareceu apático durante as aulas dando pouca importância ao conteúdo lecionado.

De fato, buscando entender o porquê de um estudante (A24_1), apresentar um excelente desempenho durante a sequência de ensino e outro (A27_1) não conseguir avançar, buscou-se uma justificativa na literatura. AUSUSBEL *et al* (1980), falam que algumas condições precisam ser satisfeitas para que existam maiores chances de sucesso no processo de aprendizagem significativa, a primeira delas trata que o material de ensino precisa ser potencialmente significativo e a segunda argumenta que o indivíduo precisa querer aprender significativamente. A primeira condição é contemplada quando o autor deste trabalho acredita que a sequência didática proposta é potencialmente significativa, dados os enquadramentos das atividades sob os aspectos da Teoria de Aprendizagem Significativa, a aplicação dos Mapas Conceituais e as evidências da ocorrência da aprendizagem significativa inferidas dos dados obtidos dos mapas conceituais e do exercício, conforme discutido anteriormente.

Já a segunda condição argumenta que o estudante precisa ter o interesse em relacionar de maneira não literal e não arbitrária o novo conhecimento aos seus conhecimentos prévios, modificando cada vez mais a sua estrutura cognitiva. Como o significado está nas pessoas e não nos recursos (MOREIRA, 2011, p. 25), cabe impreterivelmente ao discente querer aprender significativamente, sendo este talvez o fator impeditivo do sucesso da aprendizagem significativa por parte deles, entre eles o aluno A27_1.

7. Conclusão

Abordar Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio exige além do conhecimento específico, força de vontade, dedicação e critério na escolha do que será tratado e na forma de apresentá-los aos estudantes. Em grande parte, tal fato se deve às mazelas que a escola pública brasileira enfrenta. A formação deficitária dos estudantes nas séries iniciais e ensino fundamental, a baixa carga horária de planejamento, a falta de formação contínua dos professores, os próprios assuntos de Física Moderna, que exigem especial abstração e concentração para sua assimilação, remete ao docente a enorme responsabilidade em ter que preparar conteúdo e materiais que tornem as aulas de FMC dinâmicas, prazerosas e próximas do mundo dos estudantes, dificultando a inserção desses tópicos no ensino médio, neste caso a Supercondutividade.

Entretanto, não são poucos os esforços para tentar resolver as dificuldades antes apresentadas, bem como através de muita criatividade e ímpeto melhorar as aulas oferecidas. Como já relatado neste trabalho, Cavalcanti *et al.* (1999), falam que o entendimento de Física Moderna aparece como uma necessidade de compreender os fatos, os equipamentos e a tecnologia do cotidiano dos estudantes, sendo necessário a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.

Este projeto em especial, produzido e aplicado, contempla o desenvolvimento de uma sequência didática sobre o tema Supercondutividade e os conhecimentos prévios para abordá-lo satisfatoriamente. Dos conhecimentos prévios, necessário ao tema e ele próprio, os assuntos foram tratados em 3 turmas de terceiro ano do ensino médio da EEEFM “Professor José Leão Nunes”, com 76 alunos, no turno matutino, em classe regular de ensino, localizada no município de Cariacica, bairro Vale Esperança. A sequência como um todo, teve 17 aulas, 7 aulas para o cumprimento dos conteúdos caracterizados como conhecimentos prévios necessário ao tema e 10 aulas para sua realização. Todos os conteúdos foram trabalhos prioritariamente de forma qualitativa, não havendo preocupação em mostrar formalismos matemáticos.

A sequência de ensino proposta aqui, teve como marcos teóricos a teoria de Transposição Didática de Yves Chevallard e a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. A primeira está associada as transformações que o conhecimento sofre, desde sua escolha na comunidade científica, para então fazer parte dos livros e

manuais de ensino e finalmente ser trabalhado em sala de aula. Astolfi (2011), a partir do trabalho de Chevallard, propõe 5 Regras que norteiam o processo de Transposição Didática, sendo elas:

- Regra 1. Modernizar o Saber Escolar;
- Regra 2. Atualizar o Saber a Ensinar;
- Regra 3. Articular o Saber “novo” com o “antigo”;
- Regra 4. Transformar um Saber em exercícios e problemas;
- Regra 5. Tornar um conceito mais compreensível;

Os conceitos e as Regras da Transposição Didática foram utilizadas no desenvolvimento da sequência proposta nesta dissertação, procurando dar a ela uma “forma” para gerar maior chance de sucesso em sua aplicação com os estudantes e na sua manutenção enquanto conhecimento passível de ser integrado ao currículo de ensino, abordando temas de Física Moderna e Contemporânea.

A segunda, chamada de Teoria de Aprendizagem significativa de David Ausubel, propõe que os conhecimentos serão adquiridos pelo aprendiz se tiverem relação com os conhecimentos prévios em sua estrutura cognitiva. O próprio Ausubel (1980, p. 137) cita: “[...] o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o de acordo.” No trabalho apresentado aqui, não bastou gerar um produto que atendesse as regras de Transposição Didática, será que ele apresenta “conteúdo”? Buscou-se então, investigar possíveis evoluções no domínio conceitual dos alunos a partir da aplicação da sequência desenvolvida sob o enfoque da aprendizagem significativa e utilização de mapas conceituais enquanto atividade e ferramenta de avaliação, podendo então oferecer a sequência didática o possível status de potencialmente significativa.

Para verificar a possível ocorrência de aprendizagem significativa, a análise dos dados foi realizada sob a luz dos critérios propostos por MENDONÇA (2012), de acordo com os seguintes itens:

1. Avanço na classificação dos mapas construídos;
2. Melhoria das estruturas hierárquicas dos estudantes;
3. Aumento no número de conceitos presentes nos mapas;

Em relação ao Item 1, a análise dos dados mostra que a aplicação da sequência didática levou a uma diminuição relevante no número de mapas deficientes, comparando-se o primeiro e o segundo mapas produzidos e um consequente aumento no número de mapas regulares e bons. Ao mesmo tempo, em relação ao Item 2, verificou-se que houve uma diminuição no número de estudantes que apresentaram estruturas hierárquica nula ou baixa e também um consequente aumento no número de mapas com estruturas hierárquicas média ou alta. Esses dois itens estão intrinsecamente ligados, uma vez que a melhora em um leva a uma melhora no outro, ou seja, a diminuição dos mapas com estruturas hierárquicas nula ou baixa, leva a um aumento na qualidade dos mapas construídos.

Em relação ao Item 3, a análise revelou um aumento considerável no número de conceitos presentes nos mapas, revelando ainda o aparecimento de novos conceitos.

A compilação destes 3 itens permite inferir que a sequência didática desenvolvida promoveu uma aprendizagem significativa para 21 estudantes, uma vez que esse foi o número de estudantes que evoluíram na qualidade dos seus mapas:

- a) 18 MD evoluíram para 15 MR e 3 MB;
- b) 3 MR evoluíram para MB.

Apesar de 22 estudantes terem uma evolução da estrutura hierárquica dos seus mapas, 1 deles não evoluiu na qualidade do mapa, ferindo assim um dos 3 itens necessários para a verificação da aprendizagem significativa.

Além disso, foi feita uma análise com base numa proposição de Moreira (2011) incluindo na análise mais um item:

- 4. Capacidade de relacionar o fenômeno supercondutividade a possíveis aplicações tecnológicas.

A análise mostrou que 16 alunos, na questão 11 do questionário Avaliação dos Recursos Instrucionais, responderam ser capazes de relacionar o fenômeno da supercondutividade a uma aplicação tecnológica, dos quais 14 o fizeram corretamente.

A partir da análise verificou-se que, em relação ao Item 1, o número de estudantes que apresentaram um mapa deficiente diminuiu e um avanço na classificação de seus mapas as turmas os estudantes os dados referentes a classificação dos mapas

conceituais (Figura 4.5), ao aumento no número de conceitos (ver quadro 13.5) e a evolução da estrutura hierárquica (ver quadro 5.5) indicam esse possível sucesso ao se trabalhar o tema supercondutividade com a referida sequência didática.

Portanto, a sequência didática gerada neste trabalho pode contribuir como uma alternativa para a inserção e manutenção de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. O material desenvolvido não é uma solução mágica para resolver os problemas e dificuldades de colocar à disposição do aluno os conhecimentos de FMC que fazem parte das tecnologias que o rodeiam. O autor deste trabalho acredita que o material produzido, será parte de um acervo maior, em constante construção por diversos outros autores, também preocupados em levar aos seus aprendizes os conhecimentos necessários para dotá-los de pensamento crítico a respeito das tecnologias da sociedade moderna e sobretudo, para que eles atuem nela como cidadãos críticos sendo capaz de modificá-la para torná-la justa para todos.

8. Considerações Finais

Para cada aula dada nas turmas 3m1, 3m2 e 3m2 foram feitas anotações chamadas de “diário de bordo”, onde foram feitas observações dos problemas que surgiram durante a realização do trabalho e as posturas adotadas para solucionar-las. Serão listados nos quadros abaixo os problemas mais recorrentes e de maior impacto na realização da sequência didática e as soluções adotadas.

Quadro 1.8 - Problemas/Soluções nas Aulas Prévias ao tema Supercondutividade

Problemas encontrados	Soluções Adotadas
O laboratório da Escola já estava sem acesso por mais de 30 dias antes da realização da atividade;	<ul style="list-style-type: none"> Foi solicitado em conjunto com a direção da escola a manutenção do laboratório junto a SEDU (Secretária de Educação) que mantém núcleo de técnicos centralizados para tal fim, mas o laboratório não foi atendido; Como o Laboratório não teve o acesso à internet reestabelecida a tempo para a realização da atividade, foi pedido aos estudantes para realizarem a atividade de pesquisa em casa;

Quadro 2.8 - Problemas/Soluções nas Aulas do Tema Supercondutividade

Problemas encontrados	Soluções Adotadas
O laboratório da Escola já estava sem acesso por mais de 45 dias antes da realização da atividade;	<ul style="list-style-type: none"> Foi solicitado em conjunto com a direção da escola a manutenção do laboratório junto a SEDU (Secretária de Educação) que mantém núcleo de técnicos centralizados para tal fim, mas o laboratório, apesar da primeira solicitação ainda não havia sido atendido; Como a atividade de pesquisa era importante para a realização da sequência didática, o professor responsável (Prof. David Menegassi) fez uma pesquisa através do motor de busca do Google, sobre o tema supercondutividade, salvando as 20 primeiras páginas listadas através e levando-as para o laboratório num pen drive disponibilizando aos alunos, em cada pc, para a realização da pesquisa. Vale ressaltar que haviam 15 máquinas funcionando, logo os alunos foram agrupados em duplas ou trios por cada máquina sendo permitido a eles ao final de 2 aulas de pesquisa no laboratório levarem para casa a atividade para a finalizarem.

As soluções adotadas nos quadros acima foram necessárias para permitir a continuação das atividades da sequência didática. Os problemas recorrentes ao laboratório de informática mostram a ineficiência das instâncias superiores à escola, Superintendências Regionais e SEDU, em manter os laboratórios em pleno funcionamento com equipamentos atualizados e acesso à web com velocidade de acesso ao menos razoável (superior a 15 Mb). Tal fato fica evidente, quando se nota a falta de um profissional especializado para gerenciar e dar a manutenção nos equipamentos em tempo e pela existência de apenas 1 estagiário no laboratório para oferecer suporte aos professores e alunos. Não distante dessa ingerência operacional,

no laboratório onde o trabalho foi realizado, existiam 22 máquinas, das quais 7 não estavam funcionando, sendo todas máquinas antigas com configurações de hardware ultrapassadas, dificultando assim, as pesquisas realizadas.

No que tange aos demais equipamentos e materiais, como papéis e cópias, projetor digital, caixa acústica, etc, a escola sempre os teve e prontamente disponibilizou para a realização as atividades. Nesse quesito a Direção (Diretora Dorimar de Souza), Equipe Pedagógica (Pedagoga Valdirene Valim), Coordenação e Equipe de Professores sempre mostraram empenho em ajudar e fornecer os subsídios necessários a realização desta sequência didática.

9. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA. **Critério de classificação econômica Brasil**. 2013. Disponível em: <www.abep.org/new/Servicos/Download.aspx?id=07>

ASTOLFI, J.P et al. **Mots-clés de la didactique des sciences**. Pratiques Pédagogiques De Boeck & Larcier S.A Bruxelles/Belgique, 2ª edição, 2011.

AUSUBEL, DAVID P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, v. 1, 2003.

AUSUBEL, DAVID PAUL; NOVAK, JOSEPH D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. 2ª ed. Interamericana, 1980.

BARDIN, L. (2006). **Análise de conteúdo** (L. de A. Rego & A. Pinheiro, Trads.). Lisboa: Edições 70. (Obra original publicada em 1977)

MENDONÇA, CONCEIÇÃO APARECIDA SOARES. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia**. Burgos: Universidad de Burgos, 2012. 348 p. Tese de Doutorado, Programa Internacional de Doutorado Enseñanza de las Ciencias, Departamento de Didácticas Específicas. Burgos, 2012. Disponível em: <<http://dspace.ubu.es:8080/tesis/bitstream/10259/192/1/Mendo%C3%A7a.pdf>>.

Acesso em: 26 nov. 2013.

BENEDITO, J. E. **Indicadores Socioeconômicos Municípios do Estado do Espírito Santo – Censo Demográfico 2010**. Nota Técnica n. 29, IJSN, julho de 2012. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/attachments/1318_ijsn_nt29-reduzido.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013

BRASIL, BOM Dia. **Demanda por engenheiros aumenta e mercado importa profissionais**. Bom Dia Brasil, 10 Dez. 2010. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2010/12/demanda-por-engenheiros-aumenta-e-empresas-buscam-profissionais-no-exterior.html>>. Acesso em: 9 Ago. 2013.

BRASIL, LEI nº 9.394, de 20 de DEZEMBRO DE 1996. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília, 20 dez. 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm>. Acesso em: 20 fev. 2013.

BRASIL. SECRETARIA de EDUCAÇÃO MÉDIA e TECNOLÓGICA, **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

BRASIL. SECRETARIA de EDUCAÇÃO MÉDIA e TECNOLÓGICA. **PCN+ Ensino médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

BROCKINGTON, GUILHERME; PIETROCOLA, MAURÍCIO. **Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física moderna?** Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID136/v10_n3_a2005.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

CAVALCANTE, M. A.; JARDIN, V.; BARROS, J. A. A. **Inserção de física moderna no ensino médio: difração de um feixe laser**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 16, n.2, p. 154-169, 1999. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6805/6289>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: Del Saber Sabio Al Saber Enseñado**. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.

CHEVALLARD, Y. **La Transposition Didactique- du savoir savant au savoir enseigné**. La Pensee Sauvage Éditions. Grenoble. 1991.

DA PURIFICAÇÃO SIQUEIRA, MAXWELL ROGER. **Do Visível ao Indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**. 2006. Dissertação de Mestrado. Pós Graduação em Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

DA ROCHA, FÁBIO SARAIVA; FRAQUELLI, HENRIQUE AITA. **Roteiro para a experiência de levitação de um ímã repelido por um supercondutor no ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 1, p. 11-18, 2004.

Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v26_11.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

DE PINHO ALVES FILHO, JOSÉ. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. Tese de Doutorado. Pós Graduação em Educação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

HELAYËL-NETO, J. A. **Supersimetria e interações fundamentais**. Física na Escola, v. 6, n. 1, p. 45-47, 2005. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/simetria.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

KOFF, E., LOURO, G., PUREZA, V. L.. **Aula Expositiva: Porque não?**. Laboratório de Tecnologias Interativas Aplicadas à Modelagem Cognitiva. n. 1, 1997.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos**. Actas del PIDEC: textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos, Porto Alegre, v. 5. p. 101-136, 2003. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/pesquisaemensino.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, MARCO A. **Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa**. Ciência e Cultura, v. 32, n. 4, p. 474-479, 1980.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPL_ETO.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

MOREIRA, MARCO ANTÔNIO. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Editora Centauro, 2010.

MOREIRA, MARCO ANTÔNIO. **Teorias de aprendizagem**. 2ª ed. Editora Pedagógica e Universitária, 2011.

NOVAK, J. D., & GOWIN, D. B. (1999). **Aprender a aprender**. (C. Valadares, Trad.). Lisboa: Plátamo Editora. (Obra original publicada em 1984).

OSTERMANN, F., FERREIRA, L. M., CAVALCANTI, C. J. H. **Tópicos de física contemporânea no ensino médio: um texto para professores sobre supercondutividade.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 20, n. 3, p. 270-288, 1998. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v20_270.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

PETTI, K. S. C. **O futuro é engenhoso.** Folha de São Paulo, 10 Jun. 2012. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/especial/47766-o-futuro-e-engenhoso.shtml>>. Acesso em: 9 Ago. 2013.

PINTO, ALEXANDRE CUSTÓDIO; ZANETIC, JOÃO. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6873/6333>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

RODRIGUES, CARLOS DANIEL OFUGI. **A INSERÇÃO DA TEORIA DA RELATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO.** 2001. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SECRETARIA da EDUCAÇÃO do ESPÍRITO SANTO. **Currículo Básico Escola Estadual.** Ensino Médio: área de Ciências da Natureza. Secretaria da Educação. Vitória: SEDU, 2009. Disponível em: <http://www.educacao.es.gov.br/download/sedu_curriculo_basico_escola_estadual.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

SUN, L.T e LAU, K. S. **Sixth-form physics in Hong Kong.** Em: Physics Education. Bristol/UK, IOP, vol. 31 n.3, p. 163-168, 1996.

TERRAZZAN, EDUARDO ADOLFO. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7392/6785>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

VALADARES, E. C., MOREIRA, A. M. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** Caderno Brasileiro de Ensino

de Física, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135. 1998. Disponível em:
<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6896/7584>>. Acesso em: 20
mar. 2013.

APÊNDICE

Sequência Didática

Supercondutividade: Uma Proposta para o Ensino Médio

Apêndice A
Questionário Tópicos de Física Moderna e Contemporânea



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - PPGEnFis

Prezado Aluno,

Solicito a sua contribuição para o preenchimento deste questionário. Esse questionário tem o objetivo de investigar se você possui algum conhecimento prévio sobre temas de Física Moderna e Contemporânea e o seu interesse em aprendê-los, em especial a Supercondutividade.

NÃO há respostas corretas. O importante é que sua resposta reflita **sua** opinião franca em cada questão.

O resultado desta avaliação NÃO será computado em sua nota.

Nome: _____	Data: _____	Turma: _____
-------------	-------------	--------------

1) Você sabe o significado dos termos abaixo:

- | | | |
|------------------------|---------|---------|
| Supercondutividade | () sim | () não |
| Efeito Fotoelétrico | () sim | () não |
| Relatividade | () sim | () não |
| Princípio de Incerteza | () sim | () não |
| Física Nuclear | () sim | () não |

2) Você já teve contato com algum material, textos, livros, artigos, programas de tv, internet, etc, sobre a **Supercondutividade**?

- () Sim. Qual? (nome do livro, artigo, programa, etc): _____
- () Não.

3) Você conhece algo a respeito do tema **Supercondutividade**?

- () Sim
- () Não

4) Você conhece alguma aplicação tecnológica dos supercondutores?

- () Sim
- () Não

5) Você gostaria de estudar a respeito da **Supercondutividade**?

- () Sim
- () Não
- () Tanto Faz.

Apêndice B
Questionário Sócio, Econômico e Digital



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - PPGEnFis

Prezado Aluno,

Solicito a sua contribuição para o preenchimento deste questionário. Esse questionário tem o objetivo de investigar se você possui algum conhecimento sobre Tecnologias da Informação e sua forma de utilização.

NÃO há respostas corretas. O importante é que sua resposta reflita *sua* opinião franca em cada questão.

O resultado desta avaliação NÃO será computado em sua nota.

1) Sua idade?

- a) 14 anos.
- b) 15 anos.
- c) 16 anos.
- d) 17 anos.
- e) 18 anos.
- f) Mais de 18 anos.

2) Você assiste programas científicos e/ou documentários?

- a) Sim. *(Responda a próxima questão.)*
- b) Não.

3) Se você assiste programas científicos e/ou documentários, você os vê:

- a) Na TV.
- b) Na TV por assinatura.
- c) Na internet.

4) Você possui computador de mesa em casa?

- a) 1
- b) 2
- c) 3 ou mais
- d) Não tenho.

5) Você possui notebook?

- a) 1
- b) 2
- c) 3 ou mais
- d) Não tenho.

11) De onde você acessa a internet?

- a) De casa. *(Qual a velocidade: _____)*
- b) Da casa de um amigo e/ou parente.
- c) Do trabalho.
- d) Da escola.
- e) De Lan House.
- f) Não acesso.
- g) Outros: _____.

12) Você possui SmartPhone e/ou Tablet?

- a) Sim. *(Responda a próxima questão.)*
- b) Não.

13) Você acessa à internet através do seu SmartPhone e/ou Tablet?

- a) Sim.
- b) Não.

14) Você possui e-mail? *(Responda com o e-mail usado com maior frequência.)*

- a) Sim. Qual? _____.
- b) Não.

15) Ao realizar uma pesquisa você usa sites de busca (Google, Bing, Yahoo Search, etc)?

- a) Sim. Qual (ais)? _____.
- b) Não.

16) Você acessa redes sociais (Facebook, Google Plus, Twitter, Orkut, Instagram, etc)?

- a) Sim. Qual (is)? _____.
- b) Não.

Qual o seu nível de experiência nos itens abaixo:

	Nenhum	Básico	Intermediário	Avançado
6) Windows:	(a)	(b)	(c)	(d)
7) Word:	(a)	(b)	(c)	(d)
8) Power Point:	(a)	(b)	(c)	(d)
9) Excel:	(a)	(b)	(c)	(d)
10) Internet:	(a)	(b)	(c)	(d)

Apêndice C
Vídeo 1 “Supercondutividade” e
Vídeo 2 “Levitação Magnética em Pastilha Supercondutora”

- Vídeo 1: “Supercondutividade”

Disponível em:

Supercondutividade 1: <http://www.youtube.com/watch?v=kknED0CaphE>

Supercondutividade 2: http://www.youtube.com/watch?v=JqD_Ng1DIIs

Supercondutividade 3: <https://www.youtube.com/watch?v=yvZV7bWMhw8>

Vídeo 2: “Levitação Magnética em Pastilha Supercondutora”

Disponível em:

<http://www.youtube.com/watch?v=rIGHjQKpaB0>

Apêndice D
Atividade 1 – Palavras Chaves

Apêndice E

Atividade 2 – Significando Palavras Chaves (Lab. De Informática)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - PPGEnFis

Nome: _____ | Data: _____ | Turma: _____

Prezado Aluno, pesquise o significado das palavras abaixo:

Palavra 01: **Supercondutividade**

Palavra 02: **Resistência Elétrica Nula**

Palavra 03: **Efeito Meissner**

Palavra 04: **Supercondutores Tipo I**

Palavra 05:

Supercondutores Tipo II

Palavra 06:

Teoria BCS

Palavra 07:

Aplicações dos Supercondutores

Agora, se necessário, pesquise o significado das palavras consideradas importantes por você no vídeo e no experimento propostos. Faça quantas palavras você achar necessário.

Palavra 08:

Palavra 09:

Apêndice F
Mapa Conceitual 1

MAPA CONCEITUAL 01

Prezado ESTUDANTE, solicito a sua contribuição para a elaboração de um **Mapa Conceitual**. Ele tem o objetivo de investigar seus conhecimentos sobre a **Supercondutividade**. É importante que você elabore-o com **esmero**. Ele deve refletir **seu** franco conhecimento.

O resultado deste Mapa Conceitual **NÃO** entrará no cômputo de sua média final.

Nome: _____ | Data: _____ | Turma: _____

Apêndice G
Texto – Supercondutores

Supercondutividade

Propriedades

Nota-se no cotidiano que os aparelhos eletroeletrônicos em geral aquecem ao funcionarem, muitos deles transformam parte da energia elétrica em energia térmica. Este fenômeno é chamado de Efeito Joule, tendo sua origem numa propriedade física chamada de Resistência Elétrica, que é a capacidade do condutor em dificultar a passagem da corrente elétrica. O Efeito Joule é sempre indesejável quando a função do aparelho não é aquecer.

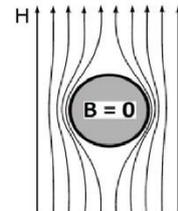
Por exemplo, quando um computador é ligado, percebe-se após alguns minutos que ele está quente, sendo necessário sistemas de resfriamento para mantê-lo funcionando, como ventoinhas e dissipadores de calor, fazendo-o gastar mais energia elétrica, ficar maior, mais pesado e mais caro. Fios de transmissão de energia também sofrem esse efeito indesejado, perdendo parte da energia elétrica produzida pelas usinas nas linhas de transmissão. Portanto, o aquecimento nos condutores é algo muito ruim, produzindo perdas de energia. O efeito Joule e a Resistência Elétrica são conhecidas a mais de 200 anos, mas será que a ciência descobriu algum material sem resistência elétrica?

Surge então a supercondutividade, um novo estado da matéria, que apresenta propriedades muito particulares. Uma delas é resistência elétrica nula ($R = 0 \Omega$) no material supercondutor, observação feita pela primeira vez pelo físico Heike Kamerlingh Onnes, em 1911, numa peça de mercúrio à 4,2 K ($\approx -269^\circ\text{C}$). Assim, todo supercondutor pode ser percorrido por corrente elétrica, sem apresentar nenhum aquecimento e perda de energia elétrica por Efeito Joule. Mas valores de corrente elétrica acima de certo limite suprimem a supercondutividade, este valor é chamado de corrente elétrica crítica. Graças a sua descoberta, em 1913, Onnes é agraciado com o prêmio Nobel de Física.

Outra propriedade marcante da supercondutividade, descoberto pelos físicos Walther Meissner e Robert Ochsenfel, em 1933 é o Efeito Meissner: ocorrência em que o supercondutor sempre irá expulsar de seu interior um campo magnético externo, conforme figura ao lado. No entanto, esse fenômeno apenas acontece quando o campo magnético externo está abaixo de certo limite, denominado campo magnético crítico. Vale ressaltar que acima desse campo magnético crítico a supercondutividade desaparece.



Trem Maglev - Japão



Efeito Meissner

H: Campo Magnético Externo
B: Resposta Magnética do Supercondutor

Novo Estado da Matéria

A supercondutividade é considerada um estado da matéria, da mesma forma como os estados sólido, líquido e vapor. Uma mudança de estado ocorre quando algumas propriedades da substância mudam, tais como, num cubo de gelo que derrete, a forma de agregação das moléculas de água muda, acompanhada de uma mudança de densidade e da presença de calor latente durante a fusão. A supercondutividade tem um aspecto semelhante, por exemplo, o metal mercúrio, quando resfriado num campo magnético suficientemente fraco para temperaturas iguais ou menores a sua temperatura crítica - 4,2 K - apresentará calor latente, dando a supercondutividade o status de um estado da matéria.

A partir da descoberta feita por Onnes, iniciou-se uma busca por materiais supercondutores. Primeiramente procurou-se a supercondutividade em metais e ligas metálicas. Destacam-se alguns na tabela 1.

Metal/Liga Metálica	Temperatura Crítica (T_c)
Alumínio (Al)	1, 17 K
Mercúrio (Hg)	4,2 K
Magnésio-Boro2 (MgB_2)	39 K

Tabela 1. Metais/Ligas Metálicas e suas respectivas Temperaturas Críticas

Em seguida, surgiram as cerâmicas supercondutoras de alta temperatura crítica, sendo formadas principalmente por óxidos de cobre. Destacam-se alguns na tabela 2. Ironicamente, os melhores condutores conhecidos, o Ouro (Au), a Prata (Ag) e o Cobre (Cu) não se tornam supercondutores em nenhuma temperatura. Uma vantagem dos supercondutores de temperatura crítica superiores a 77 K (-196°C) é que está é a temperatura de liquefação do Nitrogênio (N_2), muito abundante em nossa atmosfera e de fácil obtenção, facilitando o resfriamento das cerâmicas.

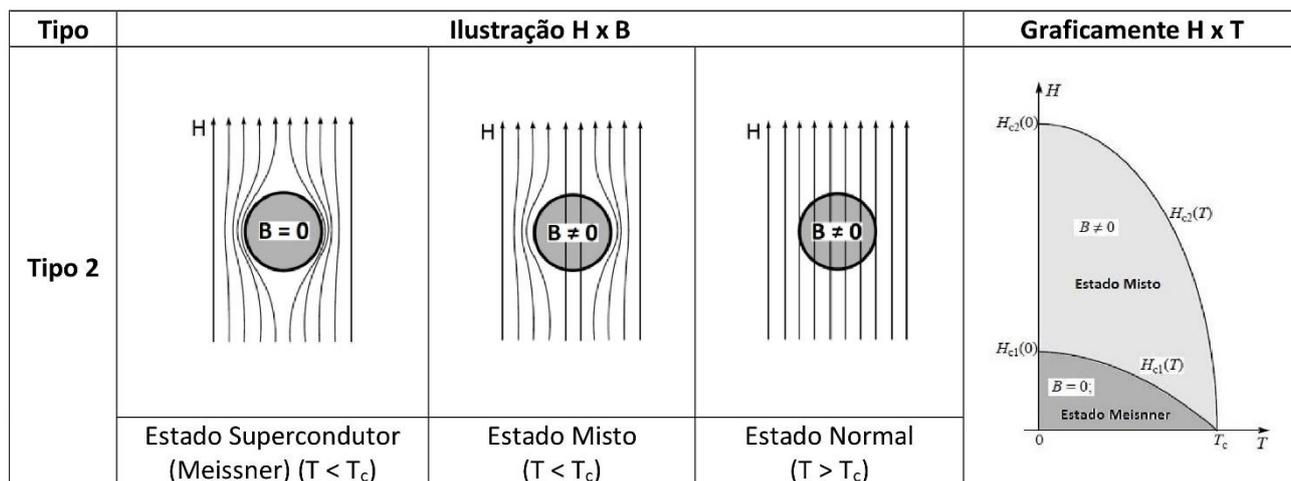
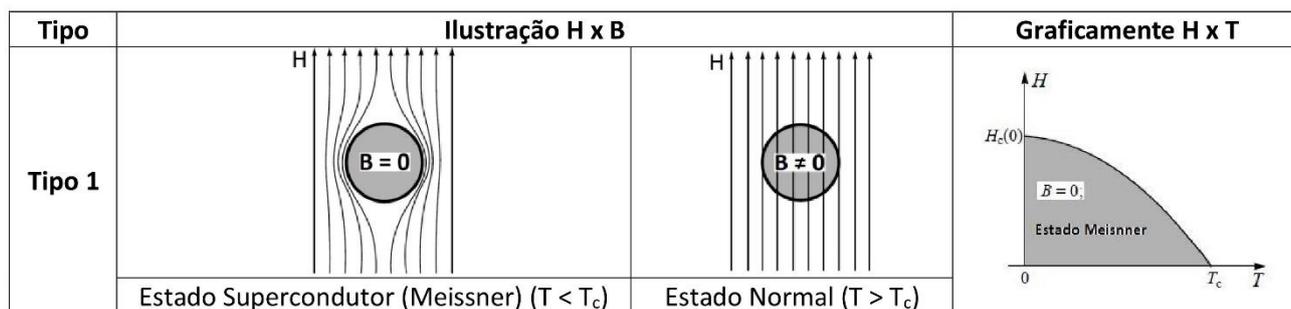
Cerâmicas Supercondutoras (Óxidos de Cobre)	Temperatura Crítica (T_c)
$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7+x}$	93 K
$\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$	115 K
$\text{Hg}_{0,8}\text{Tl}_{0,2}\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8,33}$	138 K

Tabela 2. Cerâmicas Supercondutoras e suas respectivas Temperaturas Críticas

Tipos de Supercondutores

O efeito Meissner é uma característica comum a todos os supercondutores, mas a forma como ele surge permite classificar os materiais supercondutores em TIPO 1 e TIPO 2. Os supercondutores do Tipo 1 ao sofrerem a transição de fase sob um campo magnético de valor menor que o crítico, não permitem que ocorra nenhuma penetração de campo no interior da amostra. Os metais são supercondutores do Tipo 1.

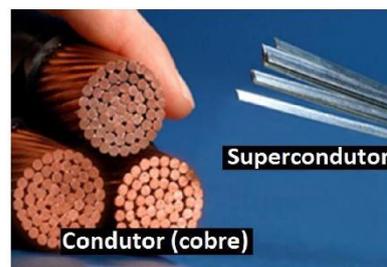
Os supercondutores do Tipo 2 possuem dois campos magnéticos críticos diferentes: o Estado Meissner, que ocorre para um valor de campo magnético crítico (B_{c1}), em geral muito pequeno e sem penetração de fluxo magnético na amostra; e o Estado Misto, que ocorre para valores de campo magnéticos maiores, no qual o fluxo magnético penetra parcialmente. Vale ressaltar que no segundo Estado, o campo magnético crítico (B_{c2}) é em geral muito maior que no Estado Meissner, permitindo ampla aplicação tecnológica dos supercondutores desse tipo. Os metais Vanádio, Tecnécio, Nióbio, algumas ligas metálicas e as cerâmicas são supercondutores do Tipo 2. Ver quadros abaixo.



H: Campo Magnético Externo / B: Resposta Magnética do Supercondutor

Aplicações dos Supercondutores

A supercondutividade acontece a baixas temperaturas, mas já existem aplicações industriais para os supercondutores. Uma das primeiras aplicações está no transporte de energia por fios sem resistência elétrica. No entanto, o difícil processo de fabricação e o preço de refrigeração torna a tecnologia muito cara para aplicações em longo alcance, limitando o uso a aplicações experimentais e de curtas distâncias. Os processos de produção de energia elétrica também são beneficiados pelos supercondutores, pois geradores e motores elétricos podem ter sua eficiência aumentada e seu tamanho reduzido graças à troca dos fios de cobre por seu equivalente supercondutor.



Fitas supercondutoras equivalentes ao fio de cobre



Equipamento de RMN

Supercondutores quando usados em bobinas podem produzir campos magnéticos poderosos. Este princípio é usado em equipamentos de ressonância magnética nuclear (RMN), que funcionam pelo princípio de ressonância magnética dos átomos de hidrogênio nas moléculas de água do corpo e aceleradores de partículas, como o LHC (Large Hadrons Colider), instalado entre a França e Suíça, desenvolvido para realizar a colisão entre prótons. Dos vestígios desse choque, pode-se descobrir como a matéria surgiu e se comporta no Universo.

O Efeito Meissner nos supercondutores pode ser usado para provocar a levitação magnética entre um supercondutor e um ímã colocado sobre ele. Este efeito pode ser usado para evitar o atrito mecânico das rodas do trem com o trilho, surge então, os trens magneticamente levitados (MAGLEV). O Japão já possui linhas de transporte em fase de testes e o Brasil desenvolve um projeto similar para transporte urbano, denominado MagLev Cobra, pesquisado e desenvolvido no Laboratório de Aplicações de Supercondutores – LASUP da UFRJ.

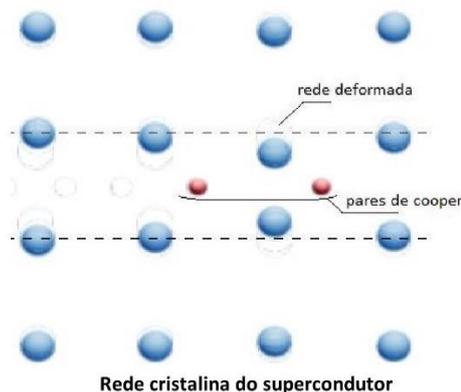


Trem MagLev Cobra - Brasil

Os supercondutores podem ser aplicados em dispositivos eletrônicos através das Junções Josephson, que são formadas de dois supercondutores separados por uma fina camada de material isolante. As junções podem ser colocadas em anéis supercondutores para detecção de campos magnéticos muito fracos, sendo nomeados de Squid. Uma outra aplicação das Junções Josephson está na eletrônica digital, onde microprocessadores simples baseados nas junções, já foram testados atingindo velocidades de chaveamento até 100 vezes maior que outros processadores semicondutores semelhantes, ou seja, a supercondutividade pode permitir que sejam construídos processadores até 100 vezes mais rápidos que os atuais.

Teorias por traz da Supercondutividade

A única teoria capaz de explicar satisfatoriamente e ser compatível com as observações experimentais nos supercondutores é chamada de Teoria BCS, proposta em 1957, explicando adequadamente o fenômeno apenas para supercondutores metálicos, recebendo o nome de seus idealizadores: John Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer, ganhadores do Premio Nobel de 1972. A teoria BCS prevê o aparecimento de pares de elétrons (Pares de Cooper) em movimento nos supercondutores. Essa formação de pares só é possível pelo acoplamento do par com a deformação da rede cristalina do material, denominada fônon. Um fônon é uma deformação mecânica que se propaga na rede cristalina do sólido como uma onda.

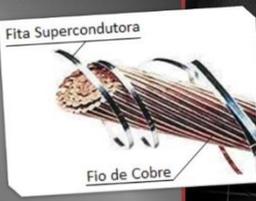


Rede cristalina do supercondutor

Esse acoplamento é explicado quando o primeiro elétron do par passa pela rede deformando os ions positivos e aproximando-os, produzindo então, uma região com maior carga positiva capaz de capturar através da atração coulombiana o segundo elétron do par, ver figura acima. Pode-se fazer uma analogia mecânica deste processo através do “efeito colchão”, com duas esferas sólidas e um colchão. Se uma das esferas se movimentava sobre o colchão, rolando sobre ele, ela deforma sua superfície, quando esta esfera passar próximo da segunda, a deformação produzida será capaz de captura-la e então as esferas passarão a estar em movimento acoplado (em pares). A interação elétron-rede-elétron ou simplesmente elétrons-fônon é o que explica satisfatoriamente a supercondutividade em supercondutores metálicos. No entanto, ainda hoje não existe uma teoria que explique por completo o fenômeno da supercondutividade em todos os supercondutores.

Apêndice H
Slides para Aula Expositiva - Supercondutores

SUPERCONDUTIVIDADE

http://pt.wikipedia.org
http://portal.cbpf.br/index.php?app=divulgacao.revista

DESCOBERTA

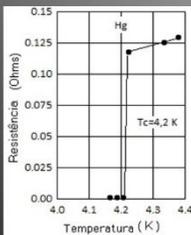
- Em 1911, na cidade de Leiden, Holanda, Heike Kamerlingh Onnes, verifica que o Hg podia transportar corrente elétrica sem nenhuma resistência elétrica a 4,2 K, dando o nome de supercondutividade ao fenômeno;
- Onnes ganha o prêmio Nobel de 1913 por sua descoberta;



http://pt.wikipedia.org

RESISTÊNCIA NULA

- Os supercondutores transportam corrente elétrica sem o perda de energia por calor (Efeito Joule)



http://pt.wikipedia.org

NOVO ESTADO FÍSICO

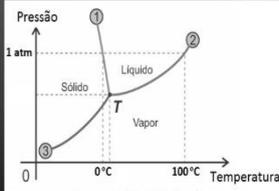
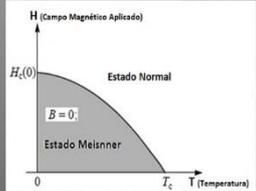



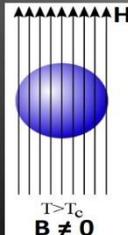
Diagrama de Estado (P x T) da Água
Diagrama de Estado (H x T) de um Supercondutor Tipo I

(figura adaptada de http://entendame.wordpress.com/2013/01/30/evaporacao/)
(figura adaptada do livro Room Temperature Superconductivity)

EFEITO MEISSNER

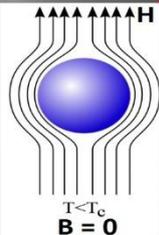
- Todo supercondutor tem a propriedade de expulsar o fluxo magnético do seu interior, abaixo da temperatura e campo magnético críticos do material

Estado Normal



$T > T_c$
 $B \neq 0$

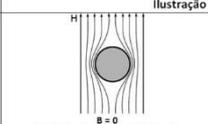
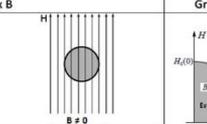
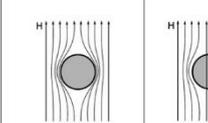
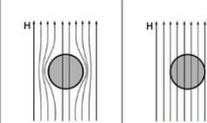
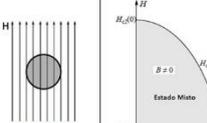
Estado Supercondutor



$T < T_c$
 $B = 0$

http://pt.wikipedia.org

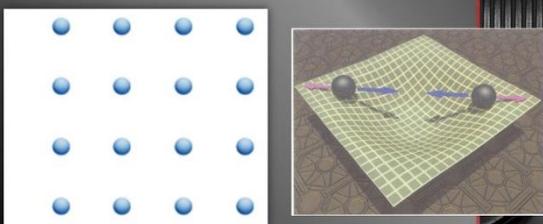
TIPOS DE SUPERCONDUTORES

Tipo	Ilustração H x B	Graficamente H x T
Tipo 1	 Estado Supercondutor (Meissner) ($T < T_c$) $B = 0$	
	 Estado Normal ($T > T_c$) $B \neq 0$	
Tipo 2	 Estado Supercondutor (Meissner) ($T < T_c$) $B = 0$	
	 Estado Misto ($T < T_c$) $B \neq 0$	
	 Estado Normal ($T > T_c$) $B \neq 0$	

H: Campo Magnético Externo / B: Indução Magnética do Supercondutor

TEORIA BCS

- Teoria BCS: proposta em 1957, para supercondutores do TPO I, recebendo o nome de seus idealizadores: John Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer (ganhadores do Prêmio Nobel de 1972). A teoria prevê a formação de pares de superelétrons (pares de cooper) que interagem com a rede cristalina do material produzindo um movimento ordenado e sem choque entre os pares e a rede cristalina. Não há, ainda hoje, teoria para supercondutores do TIPO II.



(figura adaptada de Ostermann e Peruez, 2005)
(http://pt.wikipedia.org/wiki/Supercondutividade)

APLICAÇÕES

- Fios Condutores
 - Fita Supercondutora
 - Fio de Cobre



Fio supercondutor comparado com o seu equivalente em fio de cobre



Cabo supercondutor de 1kg/m equivalente a um cabo de cobre pesando 72kg/m



Cabo Supercondutor Tri Axial desenvolvido pela Cemig e UFRJ

(figura retirada da página da Internet superconductors.org)
(figura retirada da Revista CBPF)

APLICAÇÕES



À esquerda, um motor de 36,5 megawatts fabricado com fios de cobre. À direita, um motor de mesma potência fabricado supercondutores



Detalhe de um exame de Ressonância Magnética

- Motores;
- Equipamento de RMN;



Equipamento de Ressonância Magnética

(figura retirada de www.ams.com/)

(figura retirada da página da internet superconductors.org)

9

APLICAÇÕES

- Transportes;



Trem Maglev no Japão



Trem Maglev no Japão

(figura retirada de www.maglevtrain.org)

(figura retirada de www.ics.ac.uk/engines/)

10

APLICAÇÕES

- Transportes;



Projeto MagLev Cobra



Projeto MagLev Cobra

O Maglev Cobra está sendo desenvolvido no laboratório de Aplicações de Supercondutores - LASUP da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em parceria com outras instituições. O Maglev Cobra se baseia em levitação magnética sem atrito com o solo através de um motor linear de primário curto.

11

APLICAÇÕES

- Aceleradores de Partículas;



Vista superior do LHC



Estrutura que engloba os supercondutores. As partes bronzeadas são os fios supercondutores

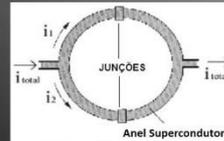
(figura retirada de <http://cdsweb.cern>)

(figura retirada de www.eda.ufoc.br)

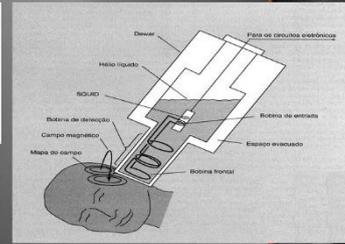
12

APLICAÇÕES

- Junções Josephson na Magnometria e SQUID's



SQUID's
Superconducting Quantum Interference Device
Dispositivo Supercondutor de Interferência Quântica



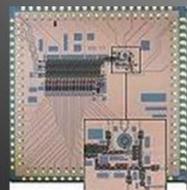
(figura retirada de "Supercondutores Aplicações das Junções JOSEPHSON")

(figura retirada de "ANEXO 7 - SUPERCONDUTIVIDADE e os PARES DE COOPER")

13

APLICAÇÕES

- Revolução na Microeletrônica;



Microchip supercondutor Hypres com 6000 Junções Josephson

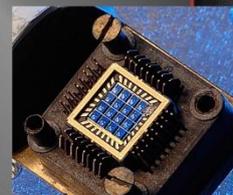


Foto: K.F. Atkinson/ Universidade de Delaware

(figura retirada de www.superconductor.org)

14

Apêndice I
Exercício sobre Supercondutividade



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - PPGEnFis

Prezado Aluno,

Solicito a sua contribuição para a realização desta atividade. Esta atividade tem o objetivo de investigar o seu aprendizado do tema Supercondutividade. Por favor, reflita antes de responder qualquer pergunta e seja objetivo e claro em suas respostas.

Nome: _____ | Data: _____ | Turma: _____

6) O que é supercondutividade?

7) Quais os tipos de supercondutores e suas principais características? Se necessário, faça um esquema.

8) Quais as principais características de um material na fase supercondutora?

9) O que é Efeito Meissner? Explique.

10) O que é a Teoria BCS? Explique.

11) Quais as principais aplicações tecnológicas dos materiais supercondutores na atualidade e possíveis aplicações futuras?

12) Poderíamos relacionar a supercondutividade a uma possível revolução tecnológica? Por quê?

Apêndice J
Gabarito do Exercício sobre Supercondutividade

Gabarito da Atividade sobre Supercondutividade

1) (1,5) O que é supercondutividade?

R: É um novo estado físico, semelhante aos estados sólido, líquido e gasoso, apresentando resistência elétrica nula e o Efeito Meissner como características da fase supercondutora.

- Termos Importantes:
 - Nova fase da matéria (estado físico);
 - Resistência elétrica nula como característica;
 - Efeito Meissner como característica;

2) (1,5) Quais os tipos de supercondutores e suas principais características? Se necessário, faça um esquema.

R: Os supercondutores podem ser divididos atualmente em 2 grupos, os do TIPO I e do TIPO II. Os supercondutores do TIPO I são caracterizados por apresentar o Efeito Meissner (Estado Meissner) com uma total blindagem magnética, ou seja, dentro de certos limites de campo magnético e corrente, o supercondutor é capaz de bloquear completamente a passagem de campo magnético externo em seu interior (ver fig. 1). Os metais são supercondutores do TIPO I, exceto Vanádio, Tecnécio e Nióbio.

Os supercondutores do TIPO II, também apresentam o Efeito Meissner, mas em dois estágios, o primeiro acontece para pequenos valores de campo magnético com completa expulsão de fluxo magnético do interior do supercondutor. O segundo estágio, também chamado de Estado Misto, permite que algumas linhas de fluxo magnético atravessem o material supercondutor (ver fig. 2). Para este estágio, os limites de campo magnético e corrente elétrica que destroem a supercondutividade são muito maiores, dando ampla aplicação tecnológica aos supercondutores do TIPO II. Algumas ligas metálicas e cerâmicas são supercondutores do TIPO II.

- Termos Importantes:
 - Supercondutores do TIPO I;
 - Supercondutores do TIPO II;
 - Total expulsão de fluxo magnético;
 - Parcial expulsão de fluxo magnético;
 - Efeito Meissner;
 - Estado Meissner;
 - Estado Misto;

3) (1,5) Quais as principais características de um material na fase supercondutora?

R: O aparecimento do Efeito Meissner e a queda da resistência elétrica a zero, de forma abrupta, no material supercondutor.

- Termos Importantes:
 - Efeito Meissner;
 - Resistência elétrica nula;

4) (1,5) O que é Efeito Meissner? Explique.

R: É a total ou parcial expulsão de um campo magnético externo de uma amostra de material na fase supercondutora. Este efeito está presente nos supercondutores do TIPO I e do TIPO II, respectivamente.

- Termos Importantes:
 - Expulsão total de fluxo magnético;

Fig. 1. Estado Supercondutor (Meissner)
Seja - H: Campo Magnético Externo / B:
Resposta Magnética do Supercondutor

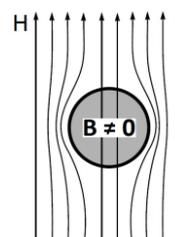


Fig. 2. Estado Misto
Seja - H: Campo Magnético Externo / B:
Resposta Magnética do Supercondutor

- Exclusão parcial de fluxo magnético;

5) (1,5) O que é a Teoria BCS? Explique.

R: Teoria desenvolvida pelos Físicos John Bardeen, Leon Cooper e Robert Schrieffer, sendo a única capaz de explicar o mecanismo responsável pela supercondutividade em supercondutores do TIPO I. Sua principal característica reside na proposta de acoplamento de elétrons com deformações da rede cristalina do material. O primeiro elétron do par ao passar pela rede cristalina é capaz de deformá-la por atração colombiana dos íons positivos próximos, esta deformação leva um tempo para se desfazer, permitindo a existência de uma região positiva, capaz de capturar o segundo elétron do par, formando pares de elétrons (pares de Cooper) em movimento pela rede cristalina de forma ordenada e sem choques. Este comportamento, pode ser visualizado com uma analogia mecânica chamada de “efeito colchão”, onde duas esferas metálicas são os pares de elétrons e a deformação no colchão representa a deformação na rede cristalina. Quando a primeira bola entra em movimento a deformação gerada desloca-se junto e leva um tempo para cessar, ao passar perto da segunda esfera a deformação provocada pela primeira irá capturar a segunda, permitindo que as bolas metálicas se movimentem aos pares pelo colchão. Vale ressaltar que não existe, ainda hoje, uma teoria que explique a supercondutividade em todos os supercondutores.

- Termos Importantes:
 - Pares de Elétrons;
 - Pares de Cooper;
 - Movimento acoplado entre pares de elétrons com a rede cristalina;
 - Interação Elétrons-Fonons;
 - Efeito “colchão”;

6) (1,5) Quais as principais aplicações tecnológicas dos materiais supercondutores na atualidade e possíveis aplicações futuras?

R: Os supercondutores são usados geralmente em trens maglev, equipamentos de RMN, aceleradores de partículas, junções Josephson, squid`s, magnetômetros e fios de transmissão para curtas distâncias. Com a possível descoberta de supercondutores de maior temperatura crítica, melhora-se e amplia-se a aplicação tecnológica destes materiais a toda eletro-eletrônica moderna.

- Termos Importantes:
 - Trens maglev;
 - Equipamentos de RMN;
 - Aceleradores de Partículas;
 - Magnetometria;
 - Fios de Transmissão de Energia;
 - Junções Josephson;
 - Squid`s;

7) (1,0) Poderíamos relacionar a supercondutividade a uma possível revolução tecnológica? Por quê?

Resposta do Autor do Trabalho.

R: Possivelmente. A descoberta de supercondutores de alta temperatura crítica pode revolucionar toda a eletrônica moderna, o setor de produção, transmissão e armazenamento de energia elétrica e transportes. A primeira aconteceria com a possível substituição de transistores a base de silício por seu equivalente supercondutor, possibilitando a criação de circuitos eletrônicos menores, mais eficientes e velozes. A segunda aconteceria pela utilização de supercondutores em geradores elétricos, linhas de transmissão e baterias que se valeriam da resistividade nula destes materiais, não havendo perdas energéticas por efeito joule neste equipamentos. A terceira seria possível graças ao Efeito Meissner presente nos supercondutores, permitindo a criação de veículos levitados magneticamente, como os trens maglev.

- Termos Importantes:

Não se aplica, pois é uma resposta de caráter pessoal.

Apêndice K
Mapa Conceitual 2

MAPA CONCEITUAL 02

Prezado ESTUDANTE, solicito a sua contribuição para a elaboração de um **Mapa Conceitual**. Ele tem o objetivo de investigar seus conhecimentos sobre a **Supercondutividade**. É importante que você elabore-o com **esmero**. Ele deve refletir **seu** franco conhecimento.

O resultado deste Mapa Conceitual **NÃO** entrará no cômputo de sua média final.

Nome: _____ | Data: _____ | Turma: _____

Apêndice L
Questionário de Avaliação dos Recursos Instrucionais



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - PPGEnFis

Prezado Aluno,

Solicito a sua contribuição para o preenchimento deste questionário. Esse questionário tem o objetivo de investigar como você se sentiu motivado ao estudar a Supercondutividade com a utilização dos **Recursos Instrucionais** durante todo o trabalho.

NÃO há respostas corretas. O importante é que sua resposta reflita **sua** opinião franca em cada questão.

O resultado desta avaliação NÃO será computado em sua nota.

Nome: _____ | Data: _____ | Turma: _____

Dê sua nota, marcando um **X**, para cada item de avaliação, de acordo com a seguinte gradação:

1	2	3	4	5
Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo

		Péssimo Ótimo				
		1	2	3	4	5
1	Os Recursos Instrucionais utilizados despertaram meu interesse para o fenômeno Supercondutividade?					
2	Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu participasse da aula respondendo às perguntas dirigidas a turma?					
3	Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu participasse da aula fazendo , espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o fenômeno Supercondutividade?					
4	Os Recursos Instrucionais utilizados aumentaram minha disposição em realizar as atividades propostas?					
5	Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu visualizasse o fenômeno e assim compreendesse melhor as Propriedades, Conceitos e Teorias associadas a Supercondutividade?					
6	Os Recursos Instrucionais utilizados prenderam a minha atenção para as explicações e as discussões sobre Supercondutividade?					
7	Os Recursos Instrucionais aumentaram o meu interesse em buscar mais informações sobre o tema Supercondutividade?					
8	Os Recursos Instrucionais aumentaram o meu interesse em buscar mais informações sobre Física e Ciências em geral?					
9	Os Recursos Instrucionais me ajudaram a entender melhor o fenômeno da Supercondutividade?					
10	Classifique o curso de Supercondutividade.					

11	Os Recursos Instrucionais utilizados contribuíram para que eu relacionasse o fenômeno da supercondutividade com alguma aplicação tecnológica? Sim () Qual? _____ Não ()
12	Sugestão, críticas ou elogios. Utilize o verso, se necessário.

Apêndice M
Questionário de Auto Avaliação Estudantil



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - PPGEnFis

Prezado Aluno,

Solicito a sua contribuição para o preenchimento deste questionário. Esse questionário tem o objetivo de permitir uma auto avaliação durante todo o trabalho. **NÃO** há respostas corretas. O importante é que sua resposta reflita **sua** opinião franca em cada questão.

O resultado desta avaliação NÃO será computado em sua nota.

Nome: _____

Data: _____

Turma: _____

Dê sua nota, marcando um **X**, para cada item de avaliação, de acordo com a seguinte gradação:

1	2	3	4	5
Nunca	Poucas Vezes	Às Vezes	Muitas Vezes	Sempre

		1	2	3	4	5
		Nunca	Poucas Vezes	Às Vezes	Muitas Vezes	Sempre
01	Sou pontual e evito faltar as aulas.					
02	Tenho comportamento adequado a uma sala de aula.					
03	Respeito os meus colegas no seu espaço de aula.					
04	Estou atento e concentrado durante as aulas da disciplina.					
05	Esclareço as dúvidas que tenho em devido tempo.					
06	Sou portador do material necessário à aula.					
07	Faço registro dos assuntos que considero relevantes para a minha aprendizagem em meu caderno.					
08	Estou empenhado na execução das tarefas propostas.					
09	Sou metódico e rigoroso na execução das tarefas propostas.					
10	Distribuo meu tempo adequadamente para a execução das tarefas propostas.					
11	Cumpro todos os requisitos das tarefas propostas.					
12	Mostro empenho em apresentar as tarefas bem feitas, de acordo com minhas capacidades.					
13	Faço as atividades propostas para casa em tempo de entrega-las e/ou discuti-las.					

14	Como avalio o meu desempenho geral durante o trabalho:
----	--

Apêndice N

Planos de Aula dos Conhecimentos Prévios ao Tema Supercondutividade

Roteiro básico para Plano de Aula – Mapas Conceituais

I. Plano de Aula: Mapas Conceituais Data:
II. Dados de Identificação: Instituição: Professor (a): Professor (a) estagiário (a): Disciplina: Período: Turma:
III. Tema: <ul style="list-style-type: none">A utilização dos mapas conceituais em Sala de Aula
IV. Conhecimentos Prévios: Sem conhecimentos prévios iniciais;
V. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">Conhecer os mapas conceituais como ferramenta de aprendizagem; Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">Ensinar ao estudante a usar mapas conceituais;Visualizar alguns modelos de mapas conceituais em diversas áreas do conhecimento;Aplicar a ferramenta em sala de aula;
VI. Conteúdo: <ul style="list-style-type: none">Mapas conceituais;
VII. Desenvolvimento do tema: <ol style="list-style-type: none">Apresentação dos mapas conceituais e exemplos;Discussão do uso dos mapas conceituais;Atividade: Produzir uma mapa conceitual a partir do tema ESCOLA;
VIII. Recursos didáticos: <ol style="list-style-type: none">Projeto Digital;Computador;Sala de aula;Folhas a4;
IX. Avaliação: Avaliação concebida sob critérios do professor aplicador deste plano de aula; - atividades Produção de Mapa Conceitual – Tema: Escola; - critérios adotados para correção das atividades. Critério para correção de atividades sob julgamento do professor aplicador deste plano de aula;
X. Bibliografia: Web: Livros e Artigos: Moreira, M.A. (2010). Mapas conceituais e aprendizagem significativa. São Paulo: Centauro Editora.

Ausubel, D.P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. (2000). Kluwer Academic Publishers.

Novak, J.D. e Gowin, D.B. (1996). Aprender a aprender. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução de Learning how to learn. (1984). Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Vídeos:

Mapas Conceituais - http://www.youtube.com/watch?v=9W_lo8-TszI

Roteiro básico para Plano de Aula – Modelos Atômicos

I. Plano de Aula: Modelos Atômicos Data:
II. Dados de Identificação: Instituição: Professor (a): Professor (a) estagiário (a): Disciplina: Período: Turma:
III. Tema: <ul style="list-style-type: none">• Evolução dos Modelos de Átomo.
IV. Conhecimentos Prévios: Sem conhecimentos prévios iniciais;
V. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Conhecer os principais modelos atômicos, evolução, características, diferenças e as partículas atômicas; Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Visualizar os modelos atômicos de Dalton, Thompson, Rutherford, Bohr e o atual modelo envolvendo a mecânica quântica;• Identificar as características marcantes de cada modelo atômico e as partículas elementares envolvidas;• Diferenciar as características de cada modelo atômico;
VI. Conteúdo: <ul style="list-style-type: none">• Modelo Atômico de Dalton;• Modelo Atômico de Thompson;• Modelo Atômico de Rutherford;• Modelo Atômico de Bohr;• Modelo Atômico atual;
VII. Desenvolvimento do tema: <ol style="list-style-type: none">4) Atividade de pesquisa, em casa ou no lab. De informática da escola, dos modelos atômicos na web;5) Apresentação do vídeo (14 min): “Tudo se Transforma - História dos Modelos Atômicos”;6) Apresentação do vídeo (14 min): “Tudo se Transforma – A revolução de Rutherford”;7) Discussão dos modelos e suas principais características com aula expositiva;
VIII. Recursos didáticos: <ol style="list-style-type: none">5) Lab. de Informática com acesso a web;6) Projetor Digital; Computador; Caixa Acústica;7) Sala de aula;
IX. Avaliação: Avaliação concebida sob critérios do professor aplicador deste plano de aula; - atividades Atividade Resumo realizada junto a pesquisa na web; Produção de Mapa Conceitual – Tema: Modelos Atômicos; - critérios adotados para correção das atividades. Critério para correção de atividades sob julgamento do professor aplicador deste plano de aula;

X. Bibliografia:

Web:

<http://www.infoescola.com/quimica/atomo/>

<http://www.brasilecola.com/fisica/modelos-atomicos.htm>

http://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo_at%C3%B4mico

Livros Didáticos:

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Vídeos:

“Tudo se Transforma - História dos Modelos Atômicos” - <https://vimeo.com/album/1587129/video/25021023>

“Tudo se Transforma – A revolução de Rutherford” - <https://vimeo.com/23056321>

Roteiro básico para Plano de Aula – Corrente Elétrica

I. Plano de Aula: Corrente Elétrica, Modelo de Metal, Condutores e Isolantes Elétricos. Data:
II. Dados de Identificação: Instituição: Professor (a): Professor (a) estagiário (a): Disciplina: Período: Turma:
III. Tema: <ul style="list-style-type: none">• Corrente Elétrica;• Modelo de Metal;• Condutores e Isolantes Elétricos;
IV. Conhecimentos Prévios: <ul style="list-style-type: none">• Modelo Atômico atual;• Partículas Elétricas: próton, nêutron e elétron;
V. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Entender o conceito de corrente elétrica diferenciando condutores e isolantes elétricos;• Visualizar a Ligação Metálica; Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Constatar a corrente elétrica como um fluxo de elétrons num condutor;• Identificar aplicações de corrente elétrica no dia a dia;• Definir a equação da corrente elétrica;• Identificar condutores e isolantes elétricos e suas aplicações;• Entender a ligação Metálica;• Resolver exercícios envolvendo corrente elétrica;
VI. Conteúdo: <ul style="list-style-type: none">• Corrente Elétrica;• Condutores e Isolantes elétricos;• Modelo de Metal;
VII. Desenvolvimento do tema: <ol style="list-style-type: none">1) Apresentação do Vídeo (14 min): “Tudo se Transforma - Condutores Elétricos”;2) Apresentação de uma bola de plasma: Visualizar os feixes luminosos dentro da Redoma de Vidro; Apresentar os feixes como um efeito luminoso da passagem da corrente elétrica pelo gas no interior da esfera vítrea, caracterizando a corrente elétrica enquanto fluxo ordenado de partículas elétricas;3) Apresentação de um fio de cobre de 30 cm de comprimento: Mostrar o metal em seu interior e identifica-lo como condutor elétrico em função da ligação metálica e cargas elétricas livres; Definir a ligação metálica; Mostrar a capa de plástico envolvendo o fio e identifica-lo enquanto isolante elétrico pela falta de portadores livres de carga; Mostrar outros materiais condutores e isolantes elétricos como o plasma, eletrólitos, madeira, vidro, etc.
VIII. Recursos didáticos: <ol style="list-style-type: none">8) Projetor Digital; Computador; Caixa Acústica;9) Atividade Experimental:

Bola de Plasma;
Fio de cobre;
10) Sala de Aula

IX. Avaliação:

Avaliação concebida sob critérios do professor aplicador deste plano de aula;

- atividades

Atividade Resumo (livro texto);
Exercícios de corrente elétrica, condutores e isolantes elétricos;
Produção de Mapa Conceitual – Tema: Corrente Elétrica;

- critérios adotados para correção das atividades.

Critério para correção de atividades sob julgamento do professor aplicador deste plano de aula;

X. Bibliografia:

Web:

Corrente Elétrica

<http://www.brasilecola.com/fisica/corrente-eletrica.htm>

<http://www.infoescola.com/fisica/corrente-eletrica/>

http://pt.wikipedia.org/wiki/Corrente_el%C3%A9trica

Condutores e Isolantes Elétricos

<http://www.brasilecola.com/fisica/condutores-isolantes.htm>

<http://www.infoescola.com/fisica/condutores-e-dieletricos/>

http://pt.wikipedia.org/wiki/Condutor_el%C3%A9trico

http://pt.wikipedia.org/wiki/Isolante_el%C3%A9trico

Livros Didáticos:

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Experimento:

Bola de Plasma.

Vídeos:

“Tudo se Transforma - Condutores Elétricos” - <https://vimeo.com/album/1587129/video/23139181>

Roteiro básico para Plano de Aula – Resistência Elétrica

I. Plano de Aula: Resistencia Elétrica, 1 Lei de Ohm e Efeito Joule; Data:
II. Dados de Identificação: Instituição: Professor (a): Professor (a) estagiário (a): Disciplina: Período: Turma:
III. Tema: <ul style="list-style-type: none">• Resistência Elétrica;• 1 Lei de Ohm;• Efeito Joule;
IV. Conhecimentos Prévios: <ul style="list-style-type: none">• Corrente Elétrica;• Ligação Metálica;• Calor;
V. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Compreender o Efeito Joule como resultado da existência de resistência à passagem de corrente elétrica num condutor e sua origem microscópica; Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Reconhecer o Efeito Joule em diversas aplicações tecnológicas;• Identificar a origem microscópica da Resistencia Elétrica;• Definir a 1 Lei de Ohm;
VI. Conteúdo: <ul style="list-style-type: none">• Efeito Joule;• Resistência Elétrica;• Origem microscópica da Resistência Elétrica;
VII. Desenvolvimento do tema: <ol style="list-style-type: none">1) Apresentação de um mergulhão e resistência de chuva elétrico: Discutir a função do mergulhão e resistência de chuva elétrico relacionando a transformação de energia elétrica em calor com a resistência do condutor – Efeito Joule;2) Apresentação de Experimento: Apresentar experimento que mostra a origem microscópica da resistência elétrica comparando o choque de bolinhas de gude numa pista com pinos aos choque dos elétrons com os átomos da rede do cristal ocorrendo a transformação da energia elétrica em calor; (Pista com Pinos e Bolinhas de Gude)3) Apresentação de simulação computacional: Mostrar a simulação Circuito Bateria-Resistor e discutir a 1 Lei de Ohm e a origem microscópica da Resistência Elétrica e Efeito Joule;
VIII. Recursos didáticos: <ol style="list-style-type: none">1) Projetor Digital; Computador com suporte a linguagem java;2) Atividade Experimental: Mergulhão e Resistencia de chuva elétrico; Experimento feito com superfície de madeira com pregos fixos ao longo de sua extensão e esferas que descem quando ela está inclinada;3) Sala de Aula;

IX. Avaliação:

Avaliação concebida sob critérios do professor aplicador deste plano de aula;

- atividades

Atividade Resumo;

Exercícios de resistência elétrica e 1 Lei de Ohm;

Produção de Mapa Conceitual – Tema: Efeito Joule;

- critérios adotados para correção das atividades.

Critério para correção de atividades sob julgamento do professor aplicador deste plano de aula;

X. Bibliografia:

Web:

Resistência Elétrica

<http://www.brasilecola.com/fisica/calculo-resistencia-eletrica.htm>

http://pt.wikipedia.org/wiki/Resist%C3%Aancia_el%C3%A9trica#Efeito_Joule

Efeito Joule

<http://www.brasilecola.com/fisica/efeito-joule.htm>

Livros Didáticos:

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Experimento:

Pista de madeira com pinos onde bolinhas de gude passam se chocando com os pinos.

Vídeo:

“Plantão Enem Física – Efeito Joule” - <http://www.youtube.com/watch?v=lbpVNKYFgsl>

Simulação:

Circuito Bateria-Resistor - http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/battery-resistor-circuit

Roteiro básico para Plano de Aula - Magnetismo

<p>I. Plano de Aula: Magnetismo, Polos Magnéticos, Campo Magnético, Campo Magnético da Terra, Linhas de Força Data:</p>
<p>II. Dados de Identificação: Instituição: Professor (a): Professor (a) estagiário (a): Disciplina: Período: Turma:</p>
<p>III. Tema:</p> <ul style="list-style-type: none">• Magnetismo – Leis Fundamentais;• Polos Magnéticos;• Campo Magnético;• Campo Magnético Terrestre;• Linhas de Força;
<p>IV. Conhecimentos Prévios:</p> <ul style="list-style-type: none">• Corrente Elétrica;
<p>V. Objetivos:</p> <p>Objetivo geral:</p> <ul style="list-style-type: none">• Estudar os polos magnéticos, suas interações e as representações geométricas dos campos magnéticos, partindo de representações de campos de ímãs. Discutir sobre campos magnéticos e o campo magnético terrestre. <p>Objetivos específicos:</p> <p>Visualizar os polos magnéticos de um ímã; Identificar os polos norte e sul magnéticos; Constatar as interações entre polos magnéticos – atração e repulsão; Notar as linhas de força de um campo magnético; Reconhecer o campo magnético terrestre enquanto polos magnéticos e geográficos;</p>
<p>VI. Conteúdo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Magnetismo – Leis Fundamentais;• Polos Magnéticos;• Campo Magnético;• Campo Magnético Terrestre;• Linhas de Força;• Fluxo Magnético;
<p>VII. Desenvolvimento do tema:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Apresentação de alguns ímãs: Apresentar alguns ímãs e os processos de atração e repulsão entre eles mostrando os polos magnéticos e as leis de interação entre eles;2) Apresentação de uma bússola, ímãs e limalhas de ferro: Mostrar a orientação de uma bússola sob o campo magnético terrestre e em seguida a sua deflexão de quando próximo de um ímã; Apresentar as linhas de força do campo magnético com o experimento ímãs e limalhas de ferro;3) Utilização de simulação computacional: Usar uma simulação em java mostrando as linhas de força do campo magnético de um ímã e terrestre e o comportamento de uma bússola; Identificar o fluxo magnético;

VIII. Recursos didáticos:

- 1) Projetor Digital;
Computador com suporte a linguagem java;
- 2) Atividade Experimental: Bussola, imãs e limalha de ferro;
- 3) Sala de Aula;

IX. Avaliação:

Avaliação concebida sob critérios do professor aplicador deste plano de aula;

- atividades

Atividade Resumo;
Exercícios de Magnetismo;
Produção de Mapa Conceitual – Tema: Magnetismo;

- critérios adotados para correção das atividades.

Critério para correção de atividades sob julgamento do professor aplicador deste plano de aula;

X. Bibliografia:

Web:

<http://www.brasilecola.com/quimica/magnetismo.htm>

<http://www.infoescola.com/fisica/magnetismo/>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Magnetismo>

Livros Didáticos:

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Experimento:

Bussola;
Imãs e limalha de ferro para mostrar o campo magnético;

Filme:

O Núcleo - Missão ao Centro da Terra (2001)

Video:

Telecurso 2000 (15min) - <http://www.youtube.com/watch?v=WYBMsckuKKI>

Telecurso2000 Aula 44 50 Eletromagnetismo

Simulação:

Imã e Bussola - http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/magnet-and-compass

Roteiro básico para Plano de Aula – Lei de Ampere

I. Plano de Aula: Campos Magnéticos formados por Corrente Elétrica - Lei de Ampere Data:
II. Dados de Identificação: Instituição: Professor (a): Professor (a) estagiário (a): Disciplina: Período: Turma:
III. Tema: <ul style="list-style-type: none">• Formação de campos magnéticos pela ação de correntes elétricas em condutores;
IV. Conhecimentos Prévios: <ul style="list-style-type: none">• Cargas Elétricas;• Condutores e Isolantes;• Corrente Elétrica;
V. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Conhecer o princípio de geração de campo magnético pela corrente elétrica num condutor – Lei de Ampere. Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Constatar a formação de campos magnéticos produzidos por correntes elétricas em condutores;• Identificar a orientação dos campos magnéticos em fios retilíneos, espiras e solenoides pela regra da mão direita;• Reconhecer aplicações tecnológicas desse fenômeno em equipamentos eletroeletrônicos;• Calcular campos magnéticos em fios retilíneos, espiras e solenoides;• Executar o experimento de Oersted;
VI. Conteúdo: <ul style="list-style-type: none">• Campo Magnético produzido por correntes elétricas;• Experimento de Oersted;• Lei de Ampere;
VII. Desenvolvimento do tema: <ol style="list-style-type: none">1) Apresentação do Experimento de Oersted: Mostrar o experimento de Oersted e constatar a deflexão de uma bússola próximo ao condutor quando este é percorrido por corrente elétrica;2) Apresentação da orientação do campo magnético pela regra da mão direita: Fazer perguntas a respeito da deflexão do ímã no experimento de Oersted e a orientação do campo magnético mostrando a regra da mão direita; Apresentar os condutores retilíneos, espiras e solenoides;3) Usar a simulação em java: Mostrar aos alunos que o campo magnético produzido por uma corrente elétrica num solenoide é capaz de atuar sobre um ímã comum comparando-o a um ímã comum, ver guia Eletroímã da simulação.
VIII. Recursos didáticos: <ol style="list-style-type: none">4) Projetor Digital; Computador com suporte a linguagem java;5) Atividade Experimental: Experimento de Oersted;6) Sala de Aula;
IX. Avaliação: Avaliação concebida sob critérios do professor aplicador deste plano de aula;

- atividades

Atividade Resumo;

Exercícios de campos magnéticos produzido por condutores percorridos por corrente elétrica;

Produção de Mapa Conceitual – Tema: Experimento de Oersted;

- critérios adotados para correção das atividades.

Critério para correção de atividades sob julgamento do professor aplicador deste plano de aula;

X. Bibliografia:

Web:

<http://www.mundoeducacao.com.br/fisica/lei-ampere.htm>

<http://www.infoescola.com/fisica/experiencia-de-oersted/>

<http://www.brasile scola.com/fisica/experimento-oersted.htm>

Livros Didáticos:

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Experimento:

Experimento de Oersted – Fio retilíneo percorrido por corrente elétrica e bússola

Vídeo:

Telecurso 2000 (15min) – Campo Magnético e Motores Elétricos - www.youtube.com/watch?v=oBtvI_rosR8

Bússola;

Ímãs e limalha de ferro para mostrar o campo magnético;

Telecurso2000 Aula 45 50 Campos Magnéticos e Motor Elétrico

Simulação:

Ímã e Eletroímãs - http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/magnets-and-electromagnets

Roteiro básico para Plano de Aula – Indução Eletromagnética

I. Plano de Aula: Indução Eletromagnética – Lei de Faraday e Lenz Data:
II. Dados de Identificação: Instituição: Professor (a): Professor (a) estagiário (a): Disciplina: Período: Turma:
III. Tema: Indução Eletromagnética: Leis de Faraday e Lenz
IV. Conhecimentos Prévios: <ul style="list-style-type: none">• Corrente Elétrica;• Condutores• Campo Magnético;• Imas;
V. Objetivos: Objetivo geral: <ul style="list-style-type: none">• Compreender o fenômeno da indução eletromagnética (Leis de Faraday e Lenz) onde o fluxo magnético variável numa espira ou solenoide pode produzir corrente elétrica no circuito. Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">• Constatar que um campo magnético variável pode produzir uma corrente elétrica num circuito através de um solenoide ou espira;• Definir as Leis de Faraday e Lenz;• Identificar aparelhos eletroeletrônicos que usam os princípios de Faraday e Lenz para funcionarem;
VI. Conteúdo: conteúdos programados para a aula organizados em tópicos (de 4 a 8) <ul style="list-style-type: none">• Indução Eletromagnética• Fluxo Magnético;• Lei de Faraday;• Lei de Lenz;
VII. Desenvolvimento do tema: <ol style="list-style-type: none">1) Apresentação do vídeo telecurso 2000 (15 min): Apresentar o vídeo do telecurso marcando os pontos que referem-se a lei de Faraday e Lenz;2) Mostrar experimento para a turma: Utilizar do experimento de indução (Indutor), mostrando aos alunos que o fluxo magnético variável é capaz de produzir corrente elétrica no circuito acendendo a lâmpada.3) Usar a simulação em Java: Mostrar aos alunos que o fluxo magnético variável é capaz de produzir corrente elétrica no circuito acendendo a lâmpada, ver guia Solenoide e gerador da simulação.
VIII. Recursos didáticos: <ol style="list-style-type: none">7) Projetor Digital; Computador com suporte a linguagem Java; Caixa acústica;8) Atividade Experimental: Indutor9) Sala de Aula;
IX. Avaliação: Avaliação concebida sob critérios do professor aplicador deste plano de aula;

- atividades

Atividade Resumo;
Exercícios de Indução Eletromagnética;
Produção de Mapa Conceitual – Tema: Indução Eletromagnética;

- critérios adotados para correção das atividades.

Critério para correção de atividades sob julgamento do professor aplicador deste plano de aula;

X. Bibliografia:

Web:

<http://www.brasilecola.com/fisica/fluxo-magnetico-lei-faraday.htm>

<http://www.brasilecola.com/fisica/a-lei-lenz.htm>

<http://www.infoescola.com/eletromagnetismo/lei-de-lenz/>

Livros Didáticos:

Livro Texto adotado pela Instituição de Ensino.

Experimento:

Indutor disponível Lab. de Instrumentação de Ensino de Física Ufes.

Video:

Telecurso 2000 (15min) – Indução Eletromagnética - http://www.youtube.com/watch?v=-uwaK5_kGB8

Telecurso2000 Aula 46 50 Indução Eletromagnética

Simulação:

Laboratório de eletromagnetismo de Faraday - http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faraday