



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA
LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA E MATEMÁTICA**

LUCAS COSTA DA SILVA

**SEQUÊNCIA FEDATHI NO ENSINO DE FÍSICA: ANÁLISE DA
APLICAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE ELETROSTÁTICA NA ESCOLA
DE ENSINO MÉDIO DOUTOR BRUNILO JACÓ - REDENÇÃO/CE**

ACARAPE

2017

LUCAS COSTA DA SILVA

SEQUÊNCIA FEDATHI NO ENSINO DE FÍSICA: ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE
EXPERIMENTOS DE ELETROSTÁTICA NA ESCOLA DE ENSINO MÉDIO
DOUTOR BRUNILO JACÓ - REDENÇÃO/CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Ciências da Natureza e Matemática, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial para a obtenção do Título de Licenciado.

Orientadora: Profa. Dra. Mylene Ribeiro Moura Miranda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca do Curso de Física

A000p último sobrenome, primeiro nome e sobrenome do meio.
Sequência Fedathi no Ensino de Física: Análise da Aplicação de Experimentos de Eletrostática na Escola de Ensino Médio Doutor Brunilo Jacó - Redenção/CE / Lucas Costa da Silva. – Acarape, 2017.
57.:il.

Trabalho (conclusão de curso) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Física, Acarape, 2017.

Orientação: Profa. Dra. Mylene Ribeiro Moura Miranda.

1. Sequência Fedathi, 2. Ensino de Física, 3. Eletrostática, 4. Metodologia de Ensino, 5. Aula Experimental. I. Título.

CDD:000.0

LUCAS COSTA DA SILVA

SEQUÊNCIA FEDATHI NO ENSINO DE FÍSICA: ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE
EXPERIMENTOS DE ELETROSTÁTICA NA ESCOLA DE ENSINO MÉDIO
DOUTOR BRUNILO JACÓ - REDENÇÃO/CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Ciências da Natureza e Matemática, da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial para a obtenção do Título de Licenciado.

Aprovada em 28/07/2017.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Mylene Ribeiro Moura Miranda - Orientadora
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia
Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof. Dr. Michel Lopes Granjeiro
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia
Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof. Dr. Elcimar Simão Martins
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia
Afro-Brasileira (UNILAB)

À minha mãe, Lúcia de Fátima, que já não está entre nós. Que Deus a tenha! Gratidão pelo apoio incondicional em tantos momentos difíceis e por ter sido, e ser, a pessoa humana mais importante da minha vida, a primeira que acreditou em mim e me fez ser quem sou.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde e força para superar as inúmeras dificuldades da vida e deste curso.

A minha mãe, Lúcia de Fátima Costa (in memoriam), que foi a primeira pessoa a incentivar a minha vida estudantil e a me amar verdadeiramente. Sentirei saudades por toda minha vida aguardando o momento de vê-la novamente.

A Unilab, ao seu corpo docente, a direção, a administração e aos funcionários de modo geral, que oportunizaram a minha formação acadêmica.

A minha orientadora, Professora Dr^a Mylene Miranda, pelo incrível apoio, por ter possibilitado os elementos chave para realização deste trabalho, sendo que sua orientação foi um fator determinante para o sucesso desta obra.

Ao Dr. Marcus Miranda, pela incrível ajuda com a formatação do programa Latex.

Aos meus familiares, pelo amor, incentivo e apoio.

Aos amigos, Fernando Alves, Anderson Assis, Paulo Roni, Amanda Cavalcante, Patrícia Morais, Roberta Arruda e Maria Evangelina, pelos incríveis e divertidos momentos que passamos juntos.

E a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Neste trabalho, descrevemos como foi realizada uma aula experimental de eletrostática, com a utilização da metodologia de ensino Sequência Fedathi, em uma turma de terceiro ano do ensino médio da Escola Dr. Brunilo Jacó, localizada na cidade de Redenção, Estado do Ceará. O objetivo foi analisar a eficiência da Sequência Fedathi como metodologia para o ensino de Física. Para realizar esta análise, recorreremos aos seguintes métodos de pesquisa: aula experimental e a aplicação de um questionário objetivo sobre Física e Eletrostática. Este mesmo inquérito foi aplicado nos momentos pré-aula e pós-aula, tornando-se o principal instrumento para coletar informações a respeito da aprendizagem dos estudantes e sobre a metodologia de ensino utilizada. Procuramos tornar o ambiente da aula estimulador do pensamento reflexivo, considerado por John Dewey como a melhor maneira de pensar. A metodologia foi aplicada através da postura do professor em relação aos alunos dentro do laboratório, os quais eram instigados a explorar os experimentos a sua maneira, formular respostas próprias e não aceitar todas as soluções do professor. Dessa maneira, o aluno se torna ativo em relação a sua aprendizagem. Um fato importante, segundo os resultados, é que mais da metade dos estudantes participantes da pesquisa ainda não tinha realizado nenhum experimento na disciplina de Física, embora todos tenham concordado que esta área do conhecimento é importante para a vida cotidiana. Verificamos que, usando esta metodologia de ensino, os estudantes conseguiram entender melhor os conceitos abordados e se mostraram muito motivados por aulas mais dinâmicas, que prime por suas potencialidades. Acreditamos ter alcançado um bom resultado e julgamos que este trabalho seja mais uma contribuição para a validação da Sequência Fedathi no ensino de Física, servindo de base para pesquisas futuras.

Palavras-chave: Sequência Fedathi, Ensino de Física, Eletrostática, Metodologia de Ensino, Aula Experimental.

ABSTRACT

In this work, we describe how an experimental class of electrostatics, using the Fedathi Sequence methodology of teaching, was performed to third year high school students from the Dr. Brunilo Jacó High School, located in the city of Redenção, State of Ceará. The goal was to analyze the efficiency of the Fedathi Sequence as a methodology for teaching Physics. To perform this analysis, we used the following research methods: experimental class and application of an objective questionnaire on Physics and Electrostatics. The questionnaire was applied pre-class and post-class, becoming the main instrument to collect information about the student's learning and about the teaching methodology used. We seek to make the classroom environment a stimulator for reflective thinking, considered by John Dewey as the best way of thinking. The methodology was applied through the teacher's attitude in relation to the students, which were instigated to explore the experiments by themselves, to formulate their own answers, not to accept all the teacher's solutions. This way, the students become active in relation to their learning. According to the result, an important fact is that more than one half of the students participating in the research had not performed any experiments in the Physics discipline yet, although everyone had agreed that this area of knowledge is important for everyday life. We verified that, using this teaching methodology, the students were able to understand better the concepts studied and showed themselves more motivated for dynamic classes that look after their potentialities. We believe that we have achieved a good result and we believe that this work is a further contribution to the validation of the Fedathi Sequence in Physics teaching, serving as the basis for future research.

Keywords: Fedathi Sequence, Physics Teaching, Electrostatics, Teaching Methodology, Experimental Class.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fases de aprendizagem em determinados níveis de escolaridade	21
Tabela 2 – Algumas dificuldades que os alunos encontram na compreensão de conceitos da Área de Ciências da Natureza	22
Tabela 3 – A aprendizagem da física durante os ensinos Fundamental e Médio.	27
Tabela 4 – Respostas dos estudantes referente ao questionário pré-aula.	51
Tabela 5 – Respostas dos estudantes referente ao questionário pós-aula.	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo do efeito das cargas elétricas, atração eletrostática	29
Figura 2 – Princípio da atração e repulsão entre cargas elétricas	30
Figura 3 – Eletrização por indução eletrostática	31
Figura 4 – Processo de eletrização por contato	31
Figura 5 – Ruptura dielétrica do ar	32
Figura 6 – Estrutura básica de um Gerador de Van de Graaff	33
Figura 7 – Ensino tradicional e suas fases de desenvolvimento	35
Figura 8 – Sequência Fedathi e suas fases de desenvolvimento	36
Figura 9 – Suporte para bastão usado para estudar a atração entre cargas elétricas .	43
Figura 10 – Eletroscópio usado para a verificação do sinal das cargas elétricas dos bastões de polipropileno e acrílico	44
Figura 11 – Análise da pergunta 2	47
Figura 12 – Análise da pergunta 3	47
Figura 13 – Análise da pergunta 10	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	SEQUÊNCIA FEDATHI E O ENSINO DE CIÊNCIAS E FÍSICA	14
2.1	O que é Sequência Fedathi?	14
2.2	O trabalho de John Dewey: um diálogo com a Sequência Fedathi	16
2.3	Dificuldades Encontradas na Compreensão de alguns Conceitos das Ciências da Natureza	20
2.4	O Ensino e a Aprendizagem da Física	23
2.5	Eletrostática	28
2.5.1	A carga elétrica e os tipos de eletrização	28
2.5.2	Gerador de Van de Graaff	32
3	METODOLOGIA	35
3.1	As Etapas da Sequência Fedathi	35
3.2	Questionário objetivo e aula experimental como metodologias de pesquisa	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1	Aplicação da Sequência Fedathi na Aula Experimental de Ele- trostática	41
4.1.1	Descrição dos experimentos realizados e dos dados coletados .	42
4.1.1.1	Estudo da eletrização por atrito e repulsão e atração entre cargas elétricas	42
4.1.1.2	Identificação das cargas elétricas	44
4.1.1.3	Indução eletrostática	45
4.1.1.4	Princípio de funcionamento do Gerador de Van de Graaff	45
4.2	Procedimento de coleta e análise dos dados: resultado do ques- tionário investigativo sobre Física/Eletrostática	46
4.3	Análise das perguntas sobre Eletrostática	48
4.4	Comparação dos dados antes e depois da aula	50
5	CONCLUSÃO	53
6	APÊNDICES	55
6.1	Questionário investigativo sobre Física/Eletrostática	55
6.2	Plano de aula	55
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A busca por novas práticas para a melhoria da educação tornou-se uma constante necessidade, pois é exigido do professor um conjunto de habilidades diversificadas para execução de sua prática docente. Sabe-se que a forma clássica de ensinar, recorrendo somente ao quadro e pincel, não é a única forma de ensino nem a mais eficiente. Também pode-se recorrer a aulas práticas de laboratório ou campo e, caso não se tenha laboratório, é possível realizar aulas experimentais na própria sala de aula. Além destas, pode-se usar o computador para auxiliar as aulas de Matemática, por exemplo, e melhorar a construção de gráficos e demonstrações de equações. Para ciências exatas ou humanas, há várias possibilidades de metodologias de ensino. Portanto, a Sequência Fedathi¹, objeto de estudo deste trabalho, apresenta-se como uma opção de intervenção direta para o aumento da qualidade do ensino e da aprendizagem.

De modo geral, tem-se em mente que uma ciência exata como a Física tem pouco valor e influência na vida das pessoas e, por muitas vezes, não faz sentido algum para a maioria dos estudantes do Ensino Médio. Isso se deve a concepção dos estudantes sobre a Física e as formas como é trabalhada desde o Ensino Fundamental, o que está de acordo com o que diz Nascimento (2016, p. 7): “Os alunos do Ensino Fundamental têm dificuldades em compreender os fenômenos físicos apresentados em aulas expositivas, verbalistas e teóricas, e não conseguem relacioná-los com situações reais do nosso cotidiano”. Além disso, a maioria dos estudantes está inserida em um contexto social e familiar que enxerga o conhecimento teórico da Física, e de outras ciências, como caminho equivocado para alcançar qualidade de vida e crescimento profissional.

Em suma, as aulas de Física são pouco atrativas porque os estudantes não conseguem visualizar a aplicação dos conteúdos no seu cotidiano e muito menos ao longo da vida. Também há sempre a dura realidade de dificuldades com a principal linguagem da Física que é a Matemática. Buscamos tornar as aulas de Física mais significativas e superar os estereótipos mencionados, pensou-se na Sequência Fedathi² como uma ferramenta viável no que diz respeito à aplicação direta em sala de aula.

O melhoramento da qualidade do ensino de Física é um tema que vem sendo alvo de discussões há muito tempo. Mas ainda são poucos os mecanismos e as metodologias

¹A Sequência Fedathi é uma Sequência Didática caracterizada, principalmente, por ter um olhar mais atento para as ações do professor dentro e fora da sala de aula, favorecendo a autonomia do aluno, que é estimulado ativamente durante este processo de ensino (BORGES NETO, 2017). A origem do nome Fedathi é uma homenagem aos filhos do autor Borges Neto, que são Fernando, Daniel e Thiago.

²Daqui em diante será chamada de SF

que atingem diretamente esse objetivo.

Lima (2011) diz que tradicionalmente, o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos das disciplinas de Física em todos os níveis escolares é considerado complexo e difícil. Na atualidade, para estudar disciplinas consideradas difíceis, é impossível continuar com o mesmo modelo de ensino clássico que sempre se usou, onde o professor detém todo o conhecimento.

É possível tornar o estudante mais ativo e para isso deve-se os papéis de professores e estudantes, fazendo com que a responsabilidade pela aprendizagem fique mais equilibrada.

Neste trabalho concordamos com o pensamento do filósofo John Dewey citado por Nascimento (2016), que rompe com a escola tradicional em busca de uma escola nova, priorizando o estudante e suas potencialidades, sendo uma delas a capacidade de pensar reflexivamente. Os contributos de Dewey para a educação brasileira também são destacados por Carvalho (2011) e Pereira et al. (2009). Também de acordo com o estudo realizado, ainda é pouca a utilização de aulas experimentais na disciplina de Física e autores como Wesendonk e Terrazzan (2015) e Alves e Stachak (2005) defendem a importância deste recurso.

Escolhemos a Eletrostática para trabalhar, porque é um assunto pouco explorado ou trabalhado de maneira equivocada, pois segundo Boss (2009) conceitos como carga elétrica são mal interpretados pelos estudantes já no ensino superior e isto não deveria acontecer, sendo que esse tópico é estudado no terceiro ano do Ensino Médio. Usando experimentos, fica mais fácil motivar os discentes para o estudo. No caso, tal estímulo foi observado usando-se um dos principais componentes dos experimentos deste trabalho, que é o Gerador de Van de Graaff.

O ensino de ciências exatas, como um todo, traz consigo muitas dificuldades desde o Ensino Fundamental, como destaca Schroeder (2007) quando diz que nesta fase o ensino de Física deveria estar dirigido ao auxílio e desenvolvimento da autoestima e da capacidade de aprender-a-aprender das crianças. Pozo e Crespo (2009) mostram variadas opções de metodologias para se trabalhar com ciências. Os autores também trazem a temática das dificuldades dos estudantes em relação a Física e seus conceitos, servindo, assim, de embasamento teórico valioso para o objetivo central deste trabalho.

O presente trabalho busca mostrar como ocorreu a aplicação da metodologia SF em uma aula experimental de Eletrostática, sendo feita a análise de um questionário aberto, aplicado antes e depois da aula. Como diz Amaro et al. (2005), “A vantagem de se usar um questionário como instrumento de pesquisa é que ele preza pelo pensamento livre e originalidade dos estudantes”. Pode-se comprovar o uso de questionário no trabalho de

Lima (2011). A ideia básica com esta análise, foi ver o quanto os estudantes conseguiriam melhorar seus conhecimentos e sua postura, diante de uma metodologia diferente como a SF, que os torna mais dependentes de suas ações durante a resolução de problemas. Para ministrar aulas com a SF é necessário saber que ela enfatiza principalmente a postura do professor e não a do estudante, destaca Borges Neto (2017) . Naturalmente isto gera dificuldades, pois educadores e educandos não estão acostumados com esta metodologia. No entanto, ela é uma boa opção de intervenção direta em sala de aula. Aprender seus pressupostos e fases não foi tarefa fácil, porém tornou-se um desafio prazeroso. Os principais autores consultados foram Borges Neto (2011), Borges Neto (2017), Fontenele et al. (2015), Santana et al. (2004), Souza (2010), e Santos (2011).

A estrutura do trabalho consiste do Capítulo 1, onde apresentamos a motivação para a escrita deste trabalho e as principais fontes de pesquisa. O Capítulo 2 mostra a fundamentação teórica que faz um dialogo entre a SF, o pensamento de John Dewey e as dificuldades do ensino e aprendizagem de Ciências e Física de modo geral. O Capítulo 3 traz a metodologia usada, no caso, a SF, suas etapas e características. Já o Capítulo 4 exibe os resultados da pesquisa em seus aspectos quantitativo, mas principalmente qualitativo. E no Capítulo 5 estão as considerações finais da pesquisa.

2 SEQUÊNCIA FEDATHI E O ENSINO DE CIÊNCIAS E FÍSICA

2.1 O que é Sequência Fedathi?

Concebida inicialmente para o ensino de matemática, a SF é uma metodologia teórico-prática, que prima pela autonomia do estudante e o torna personagem principal na construção do conhecimento em sala de aula. Segundo Borges Neto (2011, p. 18)

A Sequência Fedathi propõe que ao deparar um problema novo, o aluno deve reproduzir os passos que um matemático realiza quando se debruça sobre seus ensaios: aborda os dados da questão, experimenta vários caminhos que possam levar a solução, analisa possíveis erros, busca conhecimentos para construir a solução, testa os resultados para saber se errou, corrige-se e monta um modelo.

Sabe-se que no atual modelo de ensino, que prevalece desde séculos, existe praticamente apenas duas etapas no processo de ensino e aprendizagem, que são: exposição de conteúdo e a verificação da aprendizagem, assim como destaca Borges Neto (2011, p. 36) “O autor é crítico em relação ao modelo do ensino tradicional, por centralizar-se apenas em duas etapas da Sequência, a tomada de posição e a prova”, tornando o estudante uma figura secundária, totalmente dependente do professor.

Este trabalho propõe adotar um modelo que torne o aluno um protagonista de seu desenvolvimento intelectual, sendo mais ativo e menos passivo. Segundo Borges Neto (2011, p. 18) , “Tomando como referência as etapas do trabalho científico do matemático, a SF foi composta por quatro etapas sequenciais e interdependentes, assim denominadas: Tomada de posição, Maturação, Solução e Prova”.

Com a pouca cultura que nossos educandos possuem em estudar autonomamente, a aplicação da SF corre sérios riscos em relação à aplicabilidade e funcionalidade. Assim como reza Souza 2010:

No modelo de ensino tradicional observa-se uma grande lacuna em relação à participação dos alunos na construção do conhecimento, diminuindo consideravelmente a chance destes desenvolverem suas capacidades de compreensão, interpretação, dedução e o próprio raciocínio matemático. Em consequência deste estilo de ensino, grande parte do trabalho nas aulas é realizado apenas pelo professor, prevalecendo o modelo de comunicação unilateral, ou seja, do professor para os alunos (SOUZA, 2010, p. 93)

Primar pela autonomia dos estudantes e torná-los cada vez mais autores ativos de seu futuro é um discurso que a muito vem sendo dito, mas pouco se fez a respeito na parte da aplicação de metodologias de ensino que melhorem a qualidade do trabalho

docente e aprendizagem dos discentes. A SF é uma ideia arriscada, pois passar de uma interação bilateral para uma multilateral entre professor e estudante requer mudança de atitude de ambas às partes.

A interação multilateral é um sério desafio a professores e alunos acostumados ao ensino tradicional, pois, se por um lado os alunos participam e problematizam o conhecimento em jogo, o hábito de receber do professor os conhecimentos prontos, pode levá-los a conceber os questionamentos, discussões e debates como uma perda de tempo. Inicialmente, o professor também ficará se indagando em relação a algumas questões como: - de que modo às discussões ajudarão na estruturação e construção dos conceitos ? – como resolver o problema da eventual indisciplina que venha surgir neste ambiente de liberdade ? o trabalho em grupo não tomará tempo excessivo para estudar um tema que mediante uma boa exposição oral seria coberto na metade do tempo ? (SOUZA, 2010, p. 82)

Nesta busca ousada pela melhoria da educação, é muito válido recorrer a metodologias alternativas, como a sequência didática a ser estudada neste trabalho. E sendo assim, acredita-se que nesse país de constantes retrocessos educacionais possamos dar um salto significativo nesse campo tão abandonado que é a educação.

Um dos conteúdos de Física que os estudantes mais sofrem defasagem no Ensino Médio é, justamente, a parte sobre Eletricidade, que deveria ser vista no terceiro ano. No primeiro e segundo anos do Ensino Médio, os conteúdos se restringem basicamente à mecânica e Termologia mas, mesmo assim, com grande defasagem, pois as aulas de Física são poucas durante a semana. Somando esses fatores com a dificuldade que os alunos apresentam desde o Ensino Fundamental nas ciências exatas, a aprendizagem resultante durante os três anos do Ensino Médio é mínima e a falta de toda essa aprendizagem se reflete no Ensino Superior.

Alunos de Ensino Superior, antes de cursarem a disciplina de Física Geral 3 (Eletricidade e Magnetismo), apresentam ideias confusas sobre o conceito de carga elétrica. Apesar de ainda não terem cursado a referida disciplina, esses alunos passaram pelo Ensino Médio, nível em que aquele conteúdo faz parte do currículo, e mesmo assim a maioria dos alunos tem dificuldade em explicar o conceito.(BOSS, 2009, p. 59-60)

Trabalhar certos conceitos em uma aula meramente expositiva, onde apenas se copia o que o professor faz no quadro branco e logo após resolve-se alguns exercícios, por vezes não é muito interessante. O uso de aulas experimentais é uma boa opção além da aula tradicional.

Não dá para ficar rivalizando entre aulas experimentais ou aulas tradicionais. Sabemos dos inúmeros problemas perceptíveis nas escolas, tais como: a falta de tempo do professor, com sua excessiva carga horária; o

desinteresse dos estudantes e sua indisciplina escolar; as metas a serem atingidas, como aumentar as aprovações nas mudanças de séries e aumentar o ingresso dos estudantes em universidades. Por isso propomos a inclusão de aulas experimentais, sem o formalismo de um laboratório, em aulas consideradas tradicionais. O aluno deve aprender tanto em aulas tradicionais quanto em aulas que envolvam experimentos. (NASCIMENTO, 2016, p. 10)

Os educandos desde cedo tendem a ignorar alguns conceitos da Física, considerando-os, em suas mentes, como muito simplistas e acabando por assimilar conteúdos de forma equivocada. É necessário, primeiramente, considerar a Física como uma área do conhecimento que exige do estudante tempo e esforço para ser compreendida e assimilada. Se o professor transmite a ideia de que a Física é algo simples demais ou uma Ciência pronta e finalizada, acaba por desvalorizar o contexto histórico e o real benefício que essa ciência proporciona até hoje.

Na medida em que a Física é tratada como algo de fácil compreensão, este corpo de conhecimentos que é bastante complicado e permeado de sutilezas passa a ser visto de forma simplista, fazendo com que tanto as dificuldades de compreensão intrínsecas a ela, quanto às dificuldades que os alunos têm para entendê-la sejam ignoradas. A Física apresenta um todo articulado e complexo de conhecimento, de tal forma que o não reconhecimento desta complexidade em toda a sua extensão pode ser a causa de parte da dificuldade para ensiná-la. Isso tudo acaba tornando os conceitos físicos ininteligíveis aos aprendizes, levando o ensino a ficar cada vez mais propedêutico e menos significativo. (BOSS et al., 2011, p. 2)

No caso, o contexto social em que o estudante está inserido contribui diretamente para esta desmotivação em estudar Física. Se o discente não for estimulado pela família, amigos e até mesmo pelos professores é pouco provável que ele busque interesse para este estudo.

2.2 O trabalho de John Dewey: um diálogo com a Sequência Fedathi

A teoria da SF tem em si algumas semelhanças com o trabalho do filósofo norte americano John Dewey (1859 – 1952), que coloca o estudante como protagonista de sua aprendizagem e tenta substituir as formalidades do ensino tradicional por uma escola nova.

Considerado o maior teórico norte-americano do século XX, John Dewey faleceu em 1952 aos noventa e dois anos, deixando imensas contribuições educacionais distribuídas em diversas publicações científicas. Com a teoria Escola Nova, o autor contrapôs ao sistema tradicional de educação, propondo o modelo de ensino-aprendizagem focado no aluno como sujeito da mesma. A teoria prevê ainda, que a aprendizagem deve partir

da problematização dos conhecimentos prévios do aluno. Importante ativista e defensor da democracia, também participou de movimentos em defesa das causas sociais. (PEREIRA et al., 2009, p. 154)

O trabalho de Dewey está presente no Brasil há um bom tempo. De acordo com Carvalho (2011, p. 58), “É inegável o fato de que o pensamento de John Dewey tenha influenciado de alguma maneira a educação no Brasil. Suas ideias estiveram presentes em discussões no cenário educacional do país desde 1930, mas mesmo antes já influenciavam importantes filósofos e educadores brasileiros.” Dessa forma, é notável que o trabalho do filósofo seja de grande relevância para apoiar as ideias da SF.

Como será detalhada no andamento deste trabalho, em suas etapas, a SF se contrapõe ao ensino tradicional e dá ao discente a opção de ser um agente ativo de sua própria aprendizagem. A teoria de Dewey reza praticamente a mesma coisa, com algumas especificidades.

De acordo com a pedagogia de Dewey, o aluno é tido como peça fundamental, deve ser valorizado, motivado a construir formas organizadas de pensamentos que o levem a outros conhecimentos, a uma aprendizagem que seja eficaz e cause prazer nos estudantes, que o ensino mantenha o contato entre a teoria e a prática. Eles não podem enxergar a Ciência como algo inacessível. Em contato com a experimentação, eles têm a possibilidade de compreensão contextual, observar e comprovar teorias, entender o mundo que o cerca e, também, tornarem-se cidadãos com mentalidade moderna, científica e aberta a colaborar com a sociedade. (NASCIMENTO, 2016, p. 6)

É forte no pensamento de Dewey, a mudança e o progresso da sociedade através de uma educação nova que valorize o material humano mais importante, que no caso, é o educando. Essa forma de pensar é uma boa opção para o ensino no Brasil, já que o país sempre enfrenta inúmeras crises que se refletem na educação. Quando os estudantes tomarem consciência sobre a importância das ciências que estudam e tornarem isso um hábito cultural, transmitindo-o as próximas gerações, só então haverá mudanças significativas no cenário educacional.

Vivemos em uma sociedade marcada pelas desigualdades, violência, drogas, corrupção e muitos outros males. Parte desses incômodos são ocasionados por sujeitos que passaram pela escola, mas não obtiveram dela a formação necessária para se tornarem bons cidadãos. Acreditamos que alguns desses males só deixarão de existir quando, efetivamente, a educação promover libertação através de um ensino eficaz. Um ensino que promova uma forma de pensar diferenciada.

Para John Dewey, não há como forçar alguém a pensar, mas podem ser indicadas as várias maneiras pelas quais o homem possa pensar. E cada um, ao compreender quais as melhores maneiras de pensar, mudará

as suas próprias maneiras até que se tornem mais eficientes. E para Dewey, a melhor maneira de pensar é o chamado pensamento reflexivo. (NASCIMENTO, 2016, p. 7)

A grande maioria dos estudantes não buscam compreender o porquê estudam, ou para que lhe serve o conhecimento que deveria obter na escola e desprezam o contexto histórico no qual surgiu determinado conhecimento e sua utilidade no cotidiano. Uma mudança de atitude por parte dos estudantes é necessária nesse aspecto, ou seja, adquirir mente crítica e voltada à compreensão e renovação dos conteúdos ensinados em sala.

Podemos dizer que o pensamento reflexivo é o pensar no pensamento que se tem. O pensamento pode ser próprio ou pode ser a partir de ideias adquiridas. Todavia, o importante é a reflexão deste pensamento, sendo crítico e criativo, buscando novas alternativas para a construção ou reconstrução do conhecimento. (NASCIMENTO, 2016, p. 8)

Em suma, os estudantes necessitam ser levados além do ensino tradicional que lhes foi dado e das informações rápidas que o mundo atual lhes proporciona e, a partir de então, com pensamento reflexivo em mãos, tornarem-se os agentes transformadores da sociedade. Isso está presente na pedagogia de Dewey.

As propostas pedagógicas de Dewey questionam o modelo tradicional, no século XX, colocando o aluno no centro do processo pedagógico. O aluno construirá o seu conhecimento fazendo uso de uma prática educativa fundamentada, tendo pensamento reflexivo, não agindo pelo impulso, pela tradição. Hoje, como a informação é rápida e de fácil acesso, estimula o pensamento de várias maneiras, mas apenas de caráter informativo, pois mesmo com tanta informação, muitas até relevantes, em sua maioria não conduzem ao entendimento crítico da realidade. (NASCIMENTO, 2016, p. 8)

Para que o aluno se torne um dos principais personagens no processo educativo, é evidente que, em sala de aula, ele sinta interesse em participar, principalmente se os conteúdos a serem trabalhados primem por conhecimentos já adquiridos, pelo menos parcialmente, e estimule esse pensar reflexivo. Considerar a realidade que o educando está inserido é de suma importância, pois isso dará um norteamento sobre como trabalhar determinados tipos de conhecimento. A partir daí, deve-se proporcionar um ambiente propício para um ensino que estimule a reflexão, e os estudantes possam aprender uns com os outros, evidentemente, sendo orientados pelo professor que aqui não terá sua importância diminuída.

O pensamento educacional e filosófico de Dewey foi usado como base para várias práticas educativas. O interesse do aluno era um componente fundamental de sua filosofia educacional, mas apenas uma de muitas condições para a aprendizagem. Embora ele não tenha sido o primeiro a defender a prática de tornar o ensino voltado para temas familiares aos estudantes, o seu conceito de “reconstrução da experiência”

é representativo das teorias de aprendizagem que fazem uso daquilo que o aluno já conhece, sendo a experiência anterior do aluno reestruturada na mente através das interações com o professor e outros alunos. Para Dewey a educação era um processo contínuo de investigação, que se originava com problemas reais de interesse para o aluno, e estes ao serem solucionados geravam novo conhecimento útil para orientar nova investigação. (SANTOS, 2015, p. 9)

Para uma ciência como a Física, testar teorias, leis e hipóteses é de suma importância no processo de ensino. Gerar problemas a serem resolvidos, para um estudante acostumado com o ensino tradicional, talvez não seja uma boa opção a princípio. Mas esse tipo de mudança se faz necessária, para instigar uma nova maneira de estudar.

Nesta visão educativa, ele propõe ainda, que a aprendizagem seja instigada através de problemas ou situações que procuram de uma forma intencional gerar dúvidas, desequilíbrios ou perturbações intelectuais. O método "dos problemas" valoriza experiências concretas e problematizadoras, com forte motivação prática e estímulo cognitivo para possibilitar escolhas e soluções criativas. Que neste caso leva o aluno a uma aprendizagem significativa, pois o mesmo utiliza diferentes processos mentais (capacidade de levantar hipóteses, comparar, analisar, interpretar, avaliar), de desenvolver a capacidade de assumir responsabilidade por sua formação. (PEREIRA et al., 2009, p. 158)

Esse processo de mudança, também presente na SF, traz em si vários desafios. Um deles é requerer do professor mais tempo para planejar suas aulas e estar constantemente motivado a refletir juntamente com seus discentes para a construção do conhecimento.

A problematização requer do professor uma mudança de postura para o exercício de um trabalho reflexivo com o aluno, exigindo a disponibilidade do professor de pesquisar, de acompanhar e colaborar no aprendizado crítico do estudante, o que freqüentemente coloca o professor diante de situações imprevistas, novas e desconhecidas, exigindo que professores e alunos compartilhem de fato o processo de construção e não apenas o de reconstrução e reelaboração do conhecimento. (PEREIRA et al., 2009, p. 158)

A escola é uma peça fundamental para o progresso da sociedade. Quando passarmos a acreditar no seu valor, e transmitir essa ideia aos demais, alcançaremos uma realidade melhor a nossa volta. Mas, para que isso aconteça, se faz necessário passar por um processo laborioso que solicitará dos agentes da educação bastante compromisso e mudança de postura. No caso, os principais personagens que podem desenvolver diretamente essa mudança são os professores e os seus discentes.

Dewey acredita que a escola tem uma função democratizadora de igualar as oportunidades estendendo aos indivíduos seus direitos. Além de ter

uma educação voltada aos reais interesses dos alunos, valorizando e promovendo a aprendizagem do mesmo através da experiência vivenciada no cotidiano e na curiosidade natural. Mas para que isso se torne realidade nas atuais instituições educacionais faz-se necessário repensarmos sobre os métodos educacionais utilizados pelos professores em sala de aula e na formação dos mesmos, pois é inegável a necessidade de uma formação reflexiva desses profissionais principalmente no que se refere às metodologias adotadas. Vale ressaltar também que a formação de professores deve ser voltada para as experiências significativas uma vez que somente tais experiências têm valor educativo. Se dispuser a aprender sempre, a compartilhar experiências, buscar técnicas que sejam adequadas a realidade do aluno essa não é atitude de um mero professor, mas sim de um educador. (PEREIRA et al., 2009, p. 160)

Destacamos que além da função do educador e do educando os membros do sistema educativo estão à mercê do sistema político. Neste trabalho, queremos dar ênfase aos respectivos papéis do professor e estudante, mas sem desconsiderar seus contextos.

2.3 Dificuldades Encontradas na Compreensão de alguns Conceitos das Ciências da Natureza

O interesse central deste trabalho é analisar o uso da SF no ensino de Física, mas as dificuldades dos discentes estão presentes em todas as subáreas das Ciências da Natureza e Matemática. Um exemplo disto pode ser observado na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Fases de aprendizagem em determinados níveis de escolaridade

Geologia

- Considerar que a formação de uma rocha e um fóssil que aparece em sua superfície não são processos sincronizados. Para muitos alunos, a rocha existia antes do fóssil (Pedrinaci, 1996).
- O relevo terrestre e as montanhas são vistos como estruturas muito estáveis que mudam pouco ou muito pouco, exceto pela erosão (Pedrinaci, 1996).

Biologia

- Para muitos alunos, a adaptação biológica é baseada na ideia de os organismos efetuarem conscientemente mudanças físicas como resposta a mudanças ambientais, de tal maneira que o mecanismo evolutivo seria baseado em uma mistura de necessidade, uso e falta de uso (De Manuel e Grau, 1996).
- Alguns Alunos pensam que o tamanho dos organismos é determinado pelo tamanho de suas células (De Manuel e Grau, 1996).

Física

- O movimento implica uma causa e, quando necessário, esta causa está localizada dentro do corpo como força interna que vai se consumindo até que o objeto pare (varela, 1996).
- O termo energia é interpretado como sinônimo de combustível, como algo “quase” material, que está armazenado e pode ser consumido e desaparecer (Hierrezuelo e Montero, 1991).

Fonte: Adaptada de Pozo e Gômes Crespo 1997. Todas as referências citadas na tabela são do trabalho original de Pozo e Gômes, 1997.

De acordo com a tabela 1, vê-se que um dos temas que mais causam confusão na mente dos alunos é o conceito de energia, que é interpretado de maneira equivocada. Essas dificuldades encontradas não se limitam somente a análise qualitativa de determinados conceitos, mas também a parte quantitativa em relação a Matemática. Sabe-se que a base matemática da maioria dos estudantes não é construída adequadamente durante o Ensino Fundamental e Médio pelo professor e pelos próprios aprendentes, e isso limita muito o desempenho da grande maioria durante essa fase do ensino.

Muitas vezes, os alunos não conseguem adquirir as habilidades necessárias, seja para elaborar um gráfico a partir de alguns dados ou para observar corretamente através de um microscópio, mas outras vezes o problema é que eles sabem fazer as coisas, mas não entendem o que estão fazendo e, portanto, não conseguem explicá-las nem aplicá-las em novas situações. Esse é um déficit muito comum. (POZO; CRESPO, 2009, p. 16-17)

Dessa forma, o ensino não chega a tocar o aluno, não consegue fazê-lo entender seus reais propósitos e a cada prova e avaliação, a ciência vai perdendo o sentido e não traz contributos em nenhuma área da vida dos estudantes. Ao que parece, toda gama de conhecimento que a escola oferece não faz efeito ou sentido.

Essa perda de sentido do conhecimento científico não só limita sua utilidade ou aplicabilidade por parte dos alunos, mas também seu interesse

ou relevância. De fato, como consequência do ensino recebido os alunos adotam atitudes inadequadas ou mesmo incompatíveis com os próprios fins da ciência, que se traduzem sobretudo em uma falta de motivação ou interesse pela aprendizagem desta disciplina, além de uma escassa valorização de seus saberes. (POZO; CRESPO, 2009, p. 17)

Outra grande consequência que surge do ensino tradicional descompromissado são as crenças inadequadas que surgem e se mantem com os alunos em relação à ciência. Um bom exemplo disto está sintetizado na tabela 2.

Tabela 2 – Algumas dificuldades que os alunos encontram na compreensão de conceitos da Área de Ciências da Natureza

-
- Aprender ciência consiste em repetir da melhor maneira possível aquilo que o professor explica durante a aula.
 - Para aprender ciências é melhor não tentar encontrar suas próprias respostas, mas aceitar o que o professor e o livro didático dizem, porque isso está baseado no conhecimento científico.
 - O conhecimento científico é muito útil para trabalhar no laboratório, para pesquisar e para inventar coisas novas, mas não serve praticamente para nada na vida cotidiana.
 - A ciência proporciona um conhecimento verdadeiro e aceito por todos.
 - Quando sobre o mesmo fato há duas teorias, é porque uma delas é falsa: a ciência vai acabar demonstrando qual delas é a verdadeira.
 - O conhecimento científico é sempre neutro e objetivo.
-

Fonte: Adaptada de Pozo e Gômes Crespo, 1997.

A maioria delas surge pelo fato de tornar a aprovação no ano letivo escolar mais facilitada, centrando toda responsabilidade da aprendizagem no professor e nos materiais didáticos utilizados durante as aulas. Assim, perpetuam essa prática até o final do Ensino Médio. Alias, é de suma importância destacar, e sempre lembrar, que neste trabalho queremos sugerir uma mudança de prática docente que melhore a qualidade do ensino-aprendizagem, mas isso nunca será possível se não partimos do pressuposto de que os educandos querem aprender.

Assim, como mencionado, essa mudança na prática docente é desafiadora, pois em um mundo globalizado em que reina a circulação rápida da informação através das tecnologias digitais, muito acham que fazer ciência é algo desnecessário nos dias de hoje. Boa parte do desinteresse dos discentes nasce disto, além dos fatores já citados como a pouca base matemática, ou seja, falta de habilidade no âmbito qualitativo e quantitativo.

Além dessa falta de interesse, os alunos tendem a assumir atitudes inadequadas com respeito ao trabalho científico, assumindo posições passivas, esperando respostas em vez de dá-las, e muito menos são capazes de fazer eles mesmos as perguntas; também tendem a conceber os experimentos como “demonstrações” e não como pesquisas; a assumir que o trabalho intelectual é uma atividade individual e não de cooperação

e busca conjunta; a considerar a ciência como um conhecimento neutro, desligado de suas repercussões sociais; a assumir a superioridade do conhecimento científico com respeito a outras formas de saber culturalmente mais “primitivas”, etc. (POZO; CRESPO, 2009, p. 18)

Então, ver-se que o modo como a ciência é vista pode ser fator determinante na assimilação de seus conteúdos. Como será destacado adiante, neste ensaio o foco da intervenção como proposta metodológica se apoiará nos princípios da SF aplicada no ensino de Física por meio de experimentos abordando o assunto de Eletricidade, mais precisamente, a Eletrostática.

2.4 O Ensino e a Aprendizagem da Física

Ao ingressar no Ensino Médio, o estudante se depara diretamente com o estudo da Física de um modo diferente do Ensino Fundamental. A abordagem passa a ser mais quantitativa do que qualitativa, alguns conceitos são trabalhados mais profundamente e é exigido do educando cada vez mais dedicação e desenvolvimento cognitivo.

Os problemas vivenciados pelos estudantes no âmbito da aprendizagem da ciência, de modo geral nessa transição de nível de escolaridade, é um tema de suma importância que deve ser estudado cada vez mais hoje em dia. Sanar essas dificuldades encontradas é parte da responsabilidade do professor, que deve tentar aplicar aos seus estudantes uma metodologia que ajude nesse momento de mudança.

Educação para a ciência é um tema, dos mais importantes, para ser focado hoje no mundo ocidental, onde a educação escolar é um valor altamente positivo. Do currículo da escola de níveis fundamental e médio faz parte o Ensino de Ciência: da Física, da Biologia, da Química e da Matemática. Há uma grande preocupação para que o ensino seja efetivo, de modo que o professor trabalhe conceitos válidos e corretos, seguindo uma metodologia adequada ao nível do desenvolvimento cognitivo do aluno, visando à sua aprendizagem. (NARDI, 2004, p. 7)

A Física é uma das mais belas ciências que existem, pois sua utilidade mantém de pé a sociedade atual. Pode-se dizer que sem a Física e todos os contributos que ela trouxe até hoje para várias outras áreas do conhecimento, a humanidade entraria em colapso. Isso parece um exagero, porém nos dias de hoje é uma grande realidade.

Quando meu pai ainda era menino, numa aldeia polonesa antes da primeira guerra mundial, uma pane geral no sistema elétrico não seria de grande importância. Não haveria carros e, portanto, não haveria semáforos apagados: e não havia geladeiras - apenas blocos de gelos e salas frias -, por isso os alimentos não se perderiam. Umhas poucas pessoas ricas ficariam no escuro caso os geradores de suas casas deixassem de funcionar, e a única linha de telégrafo talvez deixasse de operar, mas de modo geral a vida continuaria como sempre... Mas e hoje?... Não

gostaria de estar por perto caso ocorresse uma pane geral no sistema elétrico... Em uma semana a cidade entraria em colapso. Os distritos policiais ficariam isolados com os telefones fora de serviço, e logo as baterias dos rádios estariam descarregadas; não seria possível chamar ambulâncias, pois rádios e telefones estariam fora de operação. Alguns poderiam ir a pé ao hospital, mas lá não haveria muito que fazer: os aparelhos de raios X, refrigeração de vacinas e de sangue, ventilação e iluminação não teriam condições de funcionar. (BODANIS, 2008, p. 7)

Para reforçar a grande relevância da Física e sua relação com as outras ciências, concordamos plenamente com a citação a seguir.

Uma vez que a Física procura a interpretação fundamental dos fenômenos e leis da natureza, tentando chegar à previsão de comportamentos e sistemas em situações bem definidas, não surpreende que sobre ela se apoiem todas as ciências da natureza. A Química usa as leis da Física para o estudo dos átomos e moléculas envolvidos em reações químicas. A Biologia baseia-se na Física e na Química para tentar compreender a complexidade dos seres vivos; os fascinantes caminhos hoje abertos no domínio da Genética não foram possíveis em estádios anteriores do desenvolvimento daquelas duas ciências. Muitas ciências de Engenharia aplicam os conhecimentos fundamentais da física, para o desenvolvimento de tecnologias cada vez mais sofisticadas. Sem a Física não haveria automóveis, telefone (fixo ou móvel...), rádio ou televisão, computadores, sistemas de comunicação como o GPS e tantas outras utilidades que se tornaram indispensáveis ao ser humano do século XXI. (COSTA; ALMEIDA, 2012, p. 8-9)

Pozo e Crespo (2009, p. 189) citam que “A Física é uma das disciplinas que fazem parte das chamadas Ciências da Natureza que, entre outros, tem como objetivo o estudo do mundo e seus fenômenos, da matéria e da energia”. De acordo com Costa e Almeida (2012, p. 3), “Pode dizer-se, de um modo muito condensado, que a Física investiga os sistemas simples da natureza: os componentes elementares da matéria e suas interações mútuas”. Ainda de modo geral, Pires (2012, p. 13) diz que “A tarefa da ciência é a de explicar eventos reais, processos ou fenômenos na natureza. A ciência é uma representação da realidade que dá conta dos fenômenos de uma maneira precisa, extensa e, sobretudo coerente”.

Diante de todas as evidências mencionadas sobre a importância da Física para a humanidade, pode-se fazer duas perguntas: por que os estudantes não se interessam por Física? E por que os estudantes não aprendem Física? São duas perguntas que se relacionam entre si. No Ensino Médio, quando passam a ver Física mais avançada do que a ciência do Ensino Fundamental, alguns até se interessam pelo assunto superficialmente e atentam para as grandes pesquisas feitas nesse ramo, os grandes descobrimentos que impactam o meio científico e que são divulgados amplamente pela mídia. Porém, desconsideram o grande trabalho que é feito antes das grandes descobertas e, evidentemente,

passam a ter uma visão equivocada sobre a Física.

Assim, o estudante – aprendiz da Física – deve estar consciente de que, antes de abordar temas mais complexos que por ventura encontra em revistas de divulgação e apelam para a sua imaginação, deve ser capaz de dominar outros, talvez menos empolgantes mas essenciais, sem os quais nunca poderá compreender e conseqüentemente utilizar de modo conveniente, o avanço do saber científico e tecnológico que inevitavelmente ocorrerá num mundo em rápida mutação. (COSTA; ALMEIDA, 2012, p. 3)

Então, pode-se dizer que um dos problemas é a maneira como a ciência é compreendida e, conseqüentemente, a própria motivação dos alunos para aprender. Se por algum motivo eles acham que não devem aprender determinado conteúdo, por aparentar não ter relevância nenhuma em suas vidas, então assim será. Porém quando se sentirem motivados interna ou externamente a aprender, teremos um bom salto na aprendizagem.

Sem motivação não há aprendizagem escolar. Dado que o aprendizado, pelo menos o explícito e intencional, requer continuidade, prática e esforço, é necessário ter motivos para se esforçar, é necessário (na etimologia da palavra motivação) mobilizar-se para o aprendizado. Os alunos adolescentes têm motivos para se esforçar em aprender ciência? A motivação é um problema somente dos alunos? São eles que não têm motivos para aprender ou é o próprio ensino que não os mobiliza para aprender? (POZO; CRESPO, 2009, p. 40)

Voltando a questão sobre como é compreendida a Física em seus vários conceitos, comparemos um pouco o ensino de Física e de Química. Uma das grandes dificuldades em aprender Química, é o fato de seus objetos de estudo, por exemplo, prótons, elétrons e nêutrons, serem invisíveis e, para estudá-los, é necessário muita imaginação e aceitação das teorias de modelos atômicos já existentes. Ou seja, estudar objetos que estão aparentemente distantes do cotidiano ao qual estamos acostumados, gerando uma grande dificuldade.

Em face disto, o problema da física, estará muito relacionado exatamente com o contrário: a grande familiaridade do aluno com os conteúdos envolvidos, o que faz com que ele tenha numerosas ideias e opiniões que resultam, de modo geral, úteis para compreender o comportamento da natureza, mas que competem, com aquilo que é ensinado na escola. (POZO; CRESPO, 2009, p. 191)

Ao ensinar Física, recorre-se muito a modelos e simplificações para explicar a realidade a nossa volta. No entanto, essas simplificações acabam por distanciar o aluno do real aprendizado, pois o estudante a essa altura não consegue pensar reflexivamente.

A Física desenvolvida no Ensino Médio busca explicar e analisar o comportamento do mundo que nos rodeia como e porque os corpos se movimentam, como funcionam os diferentes aparelhos e dispositivos que

utilizamos, etc. Mas, para isso, precisa recorrer a representações idealizadas e simplificadas, bastante afastadas da realidade ou pelo menos, daquilo que percebemos como nossa realidade. São feitas aproximações nas quais se fala de corpos que podem mover-se eternamente e nunca param; de bolas que podem cair de uma certa altura, quicar no solo e voltar novamente para o mesmo lugar; de pêndulos e roldanas que possuem cordas que carecem de massa; etc. A física elementar está cheia de um amplo catálogo de aproximações como essas, que ajudam o físico e o estudante de física a simplificar os problemas que surgem, para poder aprofundar neles e chegar a compreendê-los. Contudo, essas simplificações, indiscutivelmente úteis para aprender física, estão bastante afastadas da realidade que o aluno percebe. (POZO; CRESPO, 2009, p. 191)

Desde o Ensino Fundamental até o final do Médio a aprendizagem da Física é afetada pelo que o aluno pode notar no cotidiano ou não, isto é evidenciado na tabela 3, que mostra como se dá esse processo de aprendizagem e os problemas enfrentados. Então, se por um lado estudar coisas que estão distantes de nossa realidade gera dificuldades, por outro, estudar coisas que estão muito presentes em nosso dia a dia também gera. Simplesmente os alunos tendem a ignorar certos conteúdos, por achar simplistas demais e pouco interessantes. Já um conceito muito abstrato e que, ao mesmo tempo, está presente no cotidiano, é o conceito de energia. Ele rege grande parte dos fenômenos observados na natureza, que por vezes nos distanciamos. Mas usamos esse conceito equivocadamente em relação ao contexto científico.

Os alunos estão muito familiarizados com o termo “energia”, que está presente de maneira contínua nos meios de comunicação e em nossa vida diária, relacionado com aspectos que vão do âmbito pessoal ao político e econômico. Essa familiaridade, longe de ser uma vantagem, é uma das fontes das dificuldades que os estudantes encontram quando se deparam com o estudo da energia na escola. Habitados ao uso de expressões coloquiais como “gasto de energia”, etc. com significados muitas vezes bastante afastados dos que são dados no contexto científico, têm problemas para diferenciar entre o conceito físico que aprendem na escola e o termo que utilizam em sua vida cotidiana. Isso, associado ao fato de que se trata de um conceito fortemente abstrato, faz com que apareçam grandes dificuldades de compreensão entre os estudantes, tal como mostram tanto a literatura especializada quanto a experiência diária do professor na sala de aula. (POZO; CRESPO, 2009, p. 197-198)

Tabela 3 – A aprendizagem da física durante os ensinios Fundamental e Médio.

	São estudados	Por meio de	Dificuldades geradas
Final do ensino Fundamental	Fenômenos próximos ao aluno	Aproximação fenomenológica	Forma como o aluno vê o mundo
Início do ensino Médio	Fenômenos próximos ao aluno	Aproximação aos procedimentos de trabalho da ciência	Atribuição de propriedades materiais aos conceitos
Últimos dois anos do ensino Médio	Fenômenos próximos ao aluno	Aprofundamento em conceitos e procedimentos de trabalho	Forma como o aluno vê o mundo
	Fenômenos que estão além do observável	Alta carga de estudo quantitativo dos fenômenos	Necessidade de representar o que é não observável Cálculos matemáticos e resolução de problemas quantitativos

Fonte: Adaptada de Pozo e Gômes Crespo.

Os fenômenos elétricos, estão próximos da realidade da maioria dos estudantes do Ensino Médio, pois no cotidiano eles estão cercados de aparelhos que necessitam da Física do Eletromagnetismo para funcionar. Porém, conceitos básicos como, por exemplo, carga elétrica, são indevidamente assimilados desde o Ensino Fundamental. Evidentemente, seria interessante que antes dos alunos estudarem corrente elétrica e circuitos elétricos, pudessem compreender devidamente o que é carga elétrica, que é um conteúdo antecessor. Segundo Pozo e Crespo (2009, p. 222), “De fato, não há um dia em que não utilizemos uma porção de aparelhos elétricos. Podemos dizer, portanto, que a eletricidade é algo totalmente familiar para os estudantes do Ensino Fundamental e Médio”.

Certamente, muitos estudantes sabem que ao ligar um interruptor a lâmpada acende. Se dermos a eles fios, pilhas e uma pequena lâmpada saberão acendê-la e, com certeza, sabem que para usar o celular é necessário uma determinada quantidade de carga para fazê-lo funcionar por determinado intervalo de tempo. Mas, infelizmente, se necessitarem explicar como tais coisas funcionam no contexto físico, não saberiam explicar, e esse é um desafio do ensino atual: tornar os conceitos nas mentes dos estudantes cada vez mais concretos e utilizáveis no dia a dia.

Apesar de a maioria deles serem incapazes de desenhar um circuito para conseguir acender uma lâmpada com uma pilha, é muito provável que pudessem acendê-la quando lhes fornecem o material necessário, assim como manejam com grande facilidade e sucesso todos os aparelhos elétricos que há à sua volta. Com o ensino da eletricidade no ensino médio, pretende-se que o aluno seja capaz não só de manejar esses aparelhos, mas também compreender de uma forma básica seu funcionamento no marco da teoria científica sobre o comportamento elétrico da matéria. (POZO; CRESPO, 2009, p. 222)

O que queremos investigar neste trabalho, é se o uso da SF instigará nos alunos um espírito voluntário e pensamento reflexivo melhorando assim sua aprendizagem. Usar

um experimento associado à SF pode ser considerado como “Pequenas Pesquisas” definida por Pozo e Crespo (2009, p. 238) como “aqueles problemas nos quais se apresenta uma pergunta cuja resposta necessariamente requer a realização de um trabalho prático por parte dos alunos, tanto no laboratório escolar com fora da sala de aula.”.

Em suma, ensinar e aprender ciência (física, química, biologia, etc.) envolve uma relação especial ou específica com o conhecimento ou com o próprio objeto de estudo, mas ao mesmo tempo compartilha com outras disciplinas os formatos culturais da aprendizagem escolar, que exigem dos alunos capacidades, procedimentos, atitudes, etc., que são comuns a essas diversas disciplinas e cuja mudança requer, também, uma mudança conjunta, ou pelo menos coordenada. (POZO; CRESPO, 2009, p. 241)

Sabemos que aprender e ensinar ciência, mais precisamente física, requer uma mudança de concepção e atitude diante do objeto de estudo. Amparados pela literatura, apresentamos na Metodologia, mais detalhadamente o que é a SF e como ela foi aplicada.

2.5 Eletrostática

2.5.1 A carga elétrica e os tipos de eletrização

A Eletrostática é a área da Eletricidade que estuda os fenômenos envolvendo cargas elétricas em repouso. Para entender o que é carga elétrica, se faz necessário lembrar um dos modelos atômicos existentes e um dos mais aceitos para a Física Clássica. Segundo este modelo, toda matéria é formada por átomos, que são partículas muito pequenas. Os átomos são compostos por partículas ainda menores, os elétrons com carga elétrica negativa, os prótons com carga elétrica positiva e os nêutrons sem carga elétrica. Os prótons e os nêutrons constituem a parte central do átomo chamada núcleo. Os elétrons por sua vez, ficam na parte externa do átomo, onde giram ao seu redor numa região chamada eletrosfera.

No átomo em seu estado natural, não existe predominância de cargas elétricas em excesso. Isso indica que o número de prótons é igual ao número de elétrons, o que torna o átomo um sistema eletricamente neutro. Mas quando o átomo perde ou ganha elétrons o corpo fica eletrizado. É considerado um corpo eletrizado positivamente quando ele perde elétrons, já um corpo eletrizado negativamente, quando ganha elétrons, sendo a carga adquirida pelo corpo um múltiplo inteiro da carga do elétron ou do próton. Estes estudos iniciaram na Grécia antiga, de acordo com Halliday et al, (2012, p. 1)

A Física do Eletromagnetismo foi estudada pela primeira vez pelos filósofos da Grécia antiga, que descobriram que se um pedaço de âmbar fosse friccionado e depois aproximado de pedacinhos de palha, a palha seria atraída pelo âmbar. Hoje sabemos que a atração entre o âmbar e a palha se deve a uma força elétrica.

O acúmulo de cargas elétricas é um fenômeno que acontece quando o ar está seco. Isso torna possível um pente atrair pequenos pedaços de papel como é mostrado na figura 1. Não se restringindo somente ao exemplo da figura 1, quando atritamos determinados tipos de materiais como, por exemplo, uma barra de cobre e uma de plástico, dependendo do tipo de carga gerada, elas se atrairão ou se repelirão.

Figura 1 – Exemplo do efeito das cargas elétricas, atração eletrostática



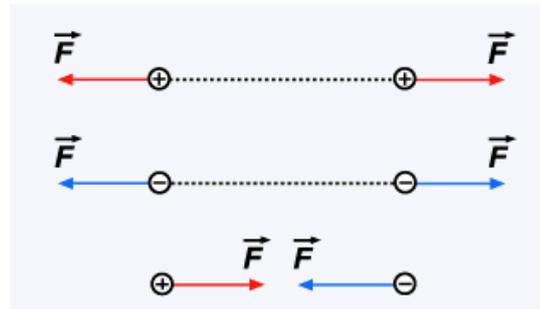
Fonte: <http://eletercidade.blogspot.com.br/2012/09/> - Acesso em: 28/12/17.

Halliday et al. (2012, p. 1) diz que “Na verdade todos os corpos contêm muitas cargas elétricas. A carga elétrica é uma propriedade intrínseca das partículas fundamentais de que é feita a matéria; em outras palavras, é uma propriedade associada à própria existência das partículas”. No Sistema Internacional de unidades, a carga elétrica é medida em Coulomb (C), em homenagem ao físico francês Charles Augustin de Coulomb. Na natureza, a carga do elétron ou do próton é a menor carga existente, chamada de carga elementar cujo valor em módulo é $1,6 \times 10^{-19}$ C.

Da mesma forma que em outras áreas da Física a Eletrostática se baseia em dois princípios fundamentais que são na verdade conclusões experimentais. O primeiro princípio diz que “duas cargas elétricas de mesmo sinal se repelem, e de sinais contrários se atraem”, como pode ser observado na figura 2 a seguir. Esse fato só pode ser comprovado experimentalmente. Como realizado neste trabalho, colocamos corpos com cargas de mesmo sinal e sinais contrários, e observamos a existência de atração ou repulsão, ou seja, os sentidos das forças, conforme está exibido na figura 2. O segundo princípio chamado de “princípio da conservação da energia elétrica”, é válido para um sistema isolado de corpos, e pode ser enunciado da seguinte maneira “em um sistema isolado de corpos, a energia elétrica total é constante, desde que não haja transformação de energia elétrica para outras formas de energia”.

A atração e a repulsão entre as cargas elétricas, como exemplificado na figura 2, acontecem devido a existência de uma Força Elétrica entre as cargas. Isto também

Figura 2 – Princípio da atração e repulsão entre cargas elétricas



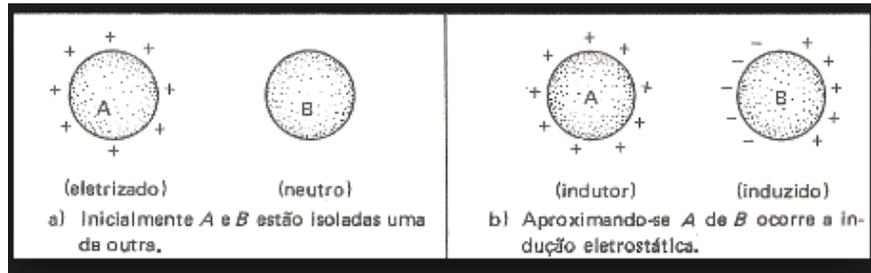
Fonte: <http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/fenomenos/principios/> - Acesso em: 28/12/17.

foi descoberto por Coulomb que formulou esta lei da seguinte maneira: A intensidade da força de interação entre duas cargas elétricas puntiformes é proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

Basicamente existem três modos de se eletrizar um corpo. Por atrito como na figura 1, fazendo com que um corpo receba ou doe elétrons para outro, no caso, o pente atraiu os pedaços de papel após ser atritado nos cabelos. Por indução como exemplificado na figura 3, onde um corpo eletrizado ao se aproximar de um corpo neutro provoca nele uma polarização. E eletrização por contato, quando um corpo eletrizado ao tocar num corpo neutro eletriza-o.

Eletrizar um corpo significa basicamente tornar diferente o número de prótons e de elétrons, adicionando ou reduzindo o número de elétrons. A quantidade de carga elétrica de um corpo está associada à diferença entre o número de prótons e o número de elétrons que existem no corpo. A expressão para o cálculo da quantidade de carga é ($q = n \cdot e$). Sendo que, n = quantidade de cargas elementares, que é uma grandeza adimensional e têm sempre valor inteiro ($n = 1, 2, 3, 4 \dots$), (e) é a carga elementar e (q) a quantidade de carga elétrica.

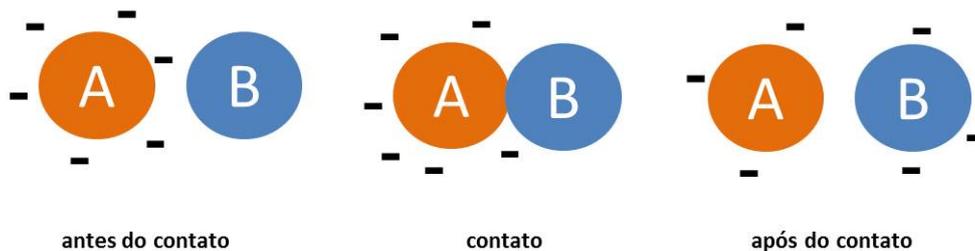
Figura 3 – Eletrização por indução eletrostática



Fonte: <http://seusaber.com.br/fisica/processos-de-eletrizacao-resumo-atritocontato-e-inducao.html> - Acessado em 25/07/17.

Na eletrização por contato, como exemplificado na figura 4, um corpo A carregado negativamente é colocado em contato com um corpo B inicialmente neutro. Após o contato o corpo B fica eletrizado. Em suma, um corpo condutor transfere elétrons para um corpo neutro através de contato¹.

Figura 4 – Processo de eletrização por contato



Fonte: <http://cientifica-mente.webnode.com/fisica/eletricidade> - Acessado em: 25/07/17.

Também se faz necessário falar sobre condutividade elétrica que é o oposto da resistividade. Essa propriedade diz respeito a capacidade de um material em conduzir cargas elétricas. Há materiais que são bons condutores de eletricidade, como por exemplo o cobre, já outros são bons isolantes, exemplo borracha e plástico. O ar é considerado isolante, mas sob certas condições se torna um condutor, segundo Halliday et al, (2012, p. 35)

Quando o módulo do campo elétrico no ar excede um valor crítico, o ar atmosférico sofre uma ruptura dielétrica, processo no qual o campo arranca elétrons do ar. Com isso, o ar se torna um condutor de corrente elétrica, já os elétrons arrancados são postos em movimento pelo campo. Ao se moverem, esses elétrons colidem com outros átomos do ar, fazendo com que emitam luz. Podemos ver o caminho percorrido pelos elétrons graças à luz emitida, que recebe o nome de centelha.

¹Ler mais em: <http://cientifica-mente.webnode.com/fisica/eletricidade/> (acessado em 25/07/17.)

Centelhas aparecem nas pontas de fios de cobre, quando os campos elétricos produzidos pelos fios provocam a ruptura da rigidez dielétrica do ar, como pode ser visto na figura 5 a seguir.

Figura 5 – Ruptura dielétrica do ar



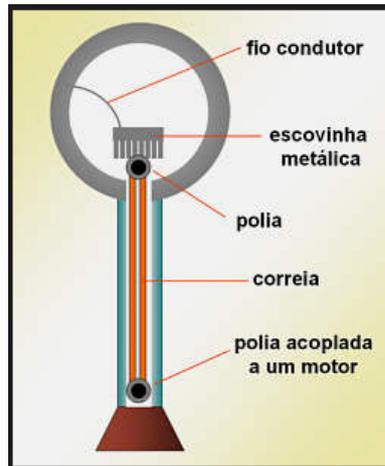
Fonte: <http://www.ferpam.com.br/dicas-ferpam/ver/4-fatores-que-afetam-a-condutividade-elU-otrica> - Acessado em: 25/07/17.

O termo Campo elétrico é mencionado algumas vezes, então se faz necessário defini-lo basicamente. Campo elétrico é uma grandeza vetorial, ou seja, possui módulo, direção e sentido. Este campo designa o local onde as forças elétricas estão concentradas por meio da ação das cargas elétricas, em suma, é um tipo de força que as cargas elétricas geram ao seu redor.

2.5.2 Gerador de Van de Graaff

O gerador de Van de Graaff como o da figura 6 é uma máquina eletrostática usada hoje em dia em Física de alta energia, Medicina e outras áreas do conhecimento. Segundo Nunes (2011, p. 8) “Máquinas eletrostáticas são geradores mecânicos de eletricidade em alta tensão. ”

Figura 6 – Estrutura básica de um Gerador de Van de Graaff



Fonte: <http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2009-01-18-2009-01-24.html> - Acessado em: 25/07/17.

Nas escolas e em outros ambientes educacionais, frequentemente são usadas pequenas versões do gerador para demonstrações sobre eletricidade. O fenômeno que mais o torna conhecido é o efeito de arrepiar os cabelos de quem toca na sua cúpula. A pessoa que toca a cúpula deve estar isolada da terra, assim o cabelo fica eletrizado com cargas de mesmo sinal e se repele mutuamente causando o efeito de arrepiar. A origem do gerador, segundo as palavras de Zukovsk (2012, p. 9)

O gerador de Van de Graaff é uma máquina eletrostática que foi inventada pelo engenheiro estado-unidense, descendente de holandeses, Robert Jemison Van de Graaff, por volta de 1929. A máquina foi logo empregada em Física Nuclear para produzir as tensões muito elevadas necessárias em aceleradores de partículas.

O gerador de van de Graaff é útil para facilitar o estudo das cargas elétricas, dentre outros conceitos e sua estrutura e princípio de funcionamento segundo Zukovsk (2012, p. 10) é da seguinte maneira

O gerador básico com excitação por atrito é composto por uma correia de material isolante, dois roletes, uma cúpula de descarga, um motor, duas escovas ou pentes metálicos e uma coluna de apoio. Os materiais mais usados para coluna são o acrílico ou o PVC. Os roletes são de materiais diferentes, ao menos um deles isolante (como Teflon e alumínio), para que se eletrizem de forma diferente devido ao atrito de rolamento com a correia. O motor gira os roletes, que ficam eletrizados e atraem cargas opostas para a superfície externa da correia através das escovas. A correia transporta essas cargas entre a terra e a cúpula. A cúpula faz com que a carga elétrica, que se localiza no exterior dela, não gere campo elétrico sobre o rolete superior. Assim, cargas continuam a serem extraídas da correia como se estivessem indo para terra, e tensões muito altas são facilmente alcançadas.

Esta é a origem, estrutura física e princípio de funcionamento básico do gerador de Van de Graaf. No meio científico e educacional é uma máquina eletroestática bastante utilizada, mas talvez se faça necessária maior divulgação de sua serventia.

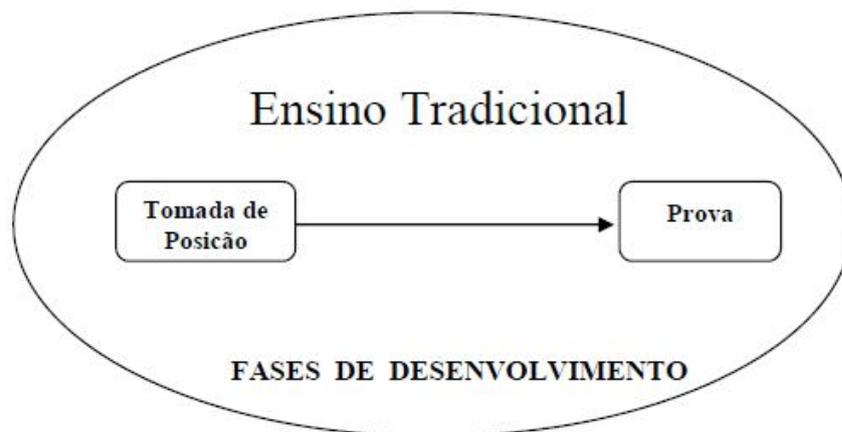
3 METODOLOGIA

3.1 As Etapas da Sequência Fedathi

Este estudo foi realizado na Escola de Ensino médio Dr. Brunilo Jacó, em Redenção-CE. Contou-se com a participação de uma turma do terceiro ano, turno da tarde. Realizou-se três encontros sendo que no segundo, fez-se uma aula experimental sobre Eletrostática, com objetivo de verificar o uso da metodologia SF.

No ensino que consideramos tradicional, geralmente o professor expõe sua aula e, então, coloca o estudante a prova com um exercício ou uma avaliação no final do período letivo, de forma a tentar avaliar o que o estudante aprendeu. Ver-se que o ensino tradicional sempre seguiu esse modelo, constituído apenas por duas etapas (diagrama apresentado na Figura 7) e que a priori não estimula no aluno um espírito voluntário e participativo durante as aulas. A questão aqui não é abolir o ensino tradicional, mas sim propor um modelo mais eficiente, centrado não apenas no professor, mas também no educando.

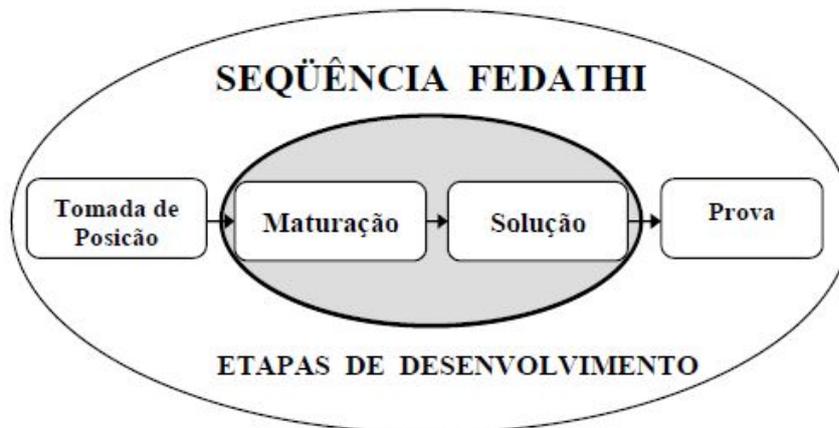
Figura 7 – Ensino tradicional e suas fases de desenvolvimento



Fonte: Souza, 2010, p. 93

A SF é composta por quatro etapas de ensino (diagrama apresentado na Figura 8), sendo elas: Tomada de Posição, Maturação, Solução e Prova. A aplicação e desenvolvimento de cada etapa requerem muita atenção e dedicação por parte do professor pesquisador, pois todas são dependentes umas das outras. A seguir definiremos cada uma.

Figura 8 – Sequência Fedathi e suas fases de desenvolvimento



Fonte: Souza, 2010, p. 95

Tomada de Posição: É a etapa onde serão definidos os respectivos papéis do professor e do estudante, onde será estabelecido o conteúdo a ser ensinado e aprendido, e também identificar as condições e possibilidades de se desenvolver essa prática docente.

Corresponde a apresentação de um problema para um aluno ou um grupo de alunos, de modo que seja possível relacionar a situação proposta com o saber que deve ser ensinado, ou seja, neste momento é feita a transposição didática. Também neste momento são estabelecidas as regras implícitas e explícitas entre professor e alunos, fato que implica no estabelecimento do contrato didático para que sejam estruturados as posturas e comportamento entre professor e aluno. Neste momento, também é possível diagnosticar as condições e possibilidades em que os alunos estão em relação à aprendizagem dos conteúdos em questão. No caso do ensino de matemática, os problemas propostos remetem o aluno ao estudo com base em situações gerais apresentadas por meio de conjecturas matemáticas, fator correspondente ao processo de investigação matemática, no entanto, em outros tipos de saber, cabe ao professor elaborar problemas que estejam devidamente contextualizados em relação ao saber acadêmico. O objetivo da tomada de posição consiste em viabilizar os elementos necessários a imersão cultural do aluno na estrutura de saber que se pretende ensinar, tal processo é essencial ao desenvolvimento da segunda fase; (SANTANA et al., 2004, p. 6).

Maturação: Esse momento é de suma importância para ambos os personagens da sala de aula. Nesta fase, onde se determinam mais claramente o conteúdo e os sub conteúdos a serem estudados, devem surgir devidamente os questionamentos por parte dos alunos, pois é a partir deles, que a aula e a própria aprendizagem se tornará significativa. Porém se tais questionamentos não partirem dos alunos o professor pode fazê-los, com intuito de conduzir o seu trabalho para o objetivo esperado.

Esta etapa é destinada à discussão entre o professor e os alunos a respeito da situação-problema apresentada; os alunos devem compreender

o problema e tentar identificar os possíveis caminhos que possam levá-lo a uma solução. Feitas suas interpretações, deverão identificar quais os dados contidos no problema, qual a relação entre eles e o que está sendo solicitado pela atividade. (BORGES NETO, 2011, p. 23).

Se essa etapa for bem conduzida, as duas outras a seguir terão resultados satisfatórios e conseqüentemente serão mais fáceis de colocar em prática. Por isso, pode-se dizer que as etapas são dependentes umas das outras.

Solução: Refere-se à solução do problema em si, mas é necessário considerar todas as soluções apresentadas pelos alunos. É um momento valioso para discutir em cima do problema inicial, e explorar os conhecimentos dos estudantes. Para muitos professores esse momento é uma total perda de tempo, pois se constitui em atrasos de planos de aula e prazos de modo geral.

Neste processo o professor propõe aos alunos organizar, sistematizar e estruturar as suas respostas sobre os problemas em questão, tendo em vista que as idéias dos alunos devem ser apresentadas ao grupo para que possam ser comparadas, rebatidas e discutidas entre eles. Cabe ao professor estar atento para que não haja desentendimentos entre os alunos, por outro lado, cabe ao professor mostrar aos alunos nesta fase que a construção de conhecimentos envolve erros, acertos e confrontação de idéias. Neste sentido, o professor deve valorizar todas as soluções debatidas independentemente de estarem corretas ou não. O raciocínio deve ser valorizado e não somente as respostas; (SANTANA et al., 2004, p. 6)

Prova: Esse é o momento de aprender com os erros, ou então solidificar mais ainda o que foi aprendido. A partir das ideias dos alunos, estabelecidas na etapa anterior, o professor deve apresentar a resposta da situação problema inicial de um ponto de vista mais formal, científico ou matemático, gerando assim nos educandos a tão esperada aprendizagem significativa. Claro que tudo vai depender de como se deram todas as etapas e do compromisso do estudante com a aula em si.

Após as discussões realizadas a respeito das soluções dos alunos, o professor deverá apresentar o novo conhecimento como meio prático e otimizado para conduzir a resposta do problema. Nessa fase, a didática do professor será determinante para aquisição do conhecimento por parte dos alunos, pois, além de ter que manter a atenção e motivação do grupo, o professor precisará fazer uma conexão entre os modelos apresentados e o modelo matemático científico a ser apreendido; deverá introduzir o novo saber mediante sua notação simbólica em linguagem matemática, juntamente com as novas regras inerentes a esse conhecimento. É nessa etapa final que o novo saber deverá ser compreendido e assimilado pelo aluno, levando-o a perceber que, com base neste, será possível deduzir outros modelos simples e específicos. É importante que o aluno perceba a importância de se trabalhar com modelos gerais, pois estes irão instrumentalizá-lo para a resolução de outros problemas e situações,

contribuindo também para o desenvolvimento de seu raciocínio lógico-dedutivo, tipo de pensamento desejado e necessário para resolver, de maneira eficiente e lógica, problemas matemáticos do dia a dia, além de ser o tipo de raciocínio relevante para o desenvolvimento científico. (BORGES NETO, 2011, p. 33)

Assim como estamos tentando observar, em suas quatro etapas a SF prima pela autonomia dos estudantes, em sua relação contínua em sala de aula com o professor, o que em suma está evidenciado por Fontenele (2016).

Nessa perspectiva, a SF possibilita que o aluno adquira uma maior autonomia frente aos novos conhecimentos, em que partindo da tomada de posição o professor lança o desafio ao aluno, seja uma pergunta, um problema ou atividade desafiadora. Na maturação, os alunos devem se debruçar sobre o problema e tentar traçar estratégias para resolvê-lo. Na solução os alunos apresentam para o professor e para a turma a resolução do problema. Por fim na prova que é a fase em que o professor valida as respostas, o conteúdo é formalizado matematicamente, sendo também o momento de esclarecimento de possíveis dúvidas. Tais etapas ou fases não ocorrem de forma estática e exigem a adoção de uma postura docente reflexiva e ao mesmo tempo provocadora, no sentido de suscitar no estudante as dúvidas e desequilíbrios necessários à compreensão de problemas propostos em sala de aula. (FONTENELE et al., 2016, p. 3)

Ainda de acordo com a citação anterior:

Na mediação de cada etapa, o professor deve ter consciência de que estas estimulam o exercício da investigação matemática, devendo assim assumir uma postura que valorize cada momento da aula na perspectiva de propiciar a reflexão constante dos alunos sobre os conceitos trabalhados, permitindo o desenvolvimento da autonomia dos estudantes na medida em que são levados a levantar hipóteses e pensar livremente sobre o objeto matemático trabalhado. Assim, compreende-se que o aluno pode aprender a partir de sua própria ação, construindo e descobrindo significados, sob a supervisão do professor. (FONTENELE et al., 2015, p. 4)

Aqui se destaca mais uma vez o pensamento de John Dewey, que acreditava firmemente na mudança da sociedade através da educação. Essa escola nova deve, em suma, proporcionar uma educação que priorize posturas diferenciadas de seus participantes. No caso, o professor deve sair de sua postura de costume que mantém nas salas de aula até então.

A Sequência Fedathi, essencialmente, se caracteriza por possibilitar que o aluno vivencie a experiência Matemática, e por exigir do professor uma atitude diferente a qual estamos acostumada a ver nas salas de aula, ou seja, ela espera que o professor tenha o hábito de estudar em grupo, pesquisar, observar, ouvir, motivar e intermediar o trabalho do aluno, intervir pedagogicamente e, conseqüentemente, formalizar esse trabalho. (SANTOS, 2011, p. 2)

Ver-se, então, que até este ponto, segundo a literatura consultada, temos motivação o suficiente para acreditar numa melhoria da educação, através do trabalho direto do professor em sala de aula.

3.2 Questionário objetivo e aula experimental como metodologias de pesquisa

Trabalhamos então em conjunto com outra metodologia muito usada atualmente no ensino de Física, que é o uso de experimentos para auxiliar aulas teóricas. Como diz Wesendonk e Terrazzan (2015, p. 2) “A experimentação tem a peculiaridade de permitir a discussão do fazer científico, de auxiliar a especificar/evidenciar a forma pela qual as Ciências Naturais, ou a Física, em particular, são produzidas e desenvolvidas”. Experimentos estes que podem ser de baixo custo ou não. Em nosso caso particular, desejamos usar material mais apropriado, de uso comum de laboratórios de Física que são: o gerador de Van der Graaff, dois bastões de polipropileno (bastões opacos), dois bastões de acrílico (bastões transparentes), papel, eletroscópio, isopor (base), suporte para bastões com fio de seda, tubo de neon, bolinha de isopor, bolinha aluminizada. Todos esses materiais foram usados na aula e foram devidamente testados no laboratório de Física da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab). O que se deseja é que a metodologia cause no estudante mais interesse pela prática do experimento.

Por tanto, primeiramente, foi feito um diagnóstico através do questionário objetivo, constituído por dez questões, ou seja, com perguntas subjetivas sobre o que os estudantes já compreendem a respeito da eletrostática e seus vários conceitos: eletrização por atrito, atração e repulsão entre cargas elétricas, indução Eletrostática. Escolhemos usar perguntas subjetivas pelo fato de proporcionarem ao estudante a oportunidade de pensar e registrar suas respostas, algo que não seria possível com questões de marcar. Segundo Amaro et al. (2005, p. 6) “A vantagem de usar questionários é que O inquirido concentra-se mais sobre a questão e o investigador colhe variada informação sobre o tema em questão”. Somente após este norteamento, será feita a aula com o gerador de Van de Graaff e os outros materiais. Vale lembrar que os estudantes assimilam erroneamente alguns desses conceitos, por conta da aparente familiaridade e presença destes tópicos em seu cotidiano ou então a falta de contextualização do assunto para a vida dos estudantes que seria a situação inversa.

O conteúdo de Eletricidade, quando explicado em sala de aula, pode parecer distante da realidade do aluno. Normalmente, são introduzidos conceitos a respeito de corrente elétrica, resistência e diferença de potencial sem se estabelecer uma ligação efetiva entre esses conceitos teóricos e fatos do cotidiano, com os quais eles se relacionam. Dessa forma, a

Física que envolve esses fenômenos, tão próximos da realidade dos alunos, passa despercebida e mal-entendida pela maioria dos estudantes. (FEITOSA; MENEZES, 2015, p. 2)

Em nossa abordagem, desejamos o ensino baseado na experiência e no experimento, apoiado no pensamento de Dewey e utilizando a teoria da SF como metodologia central. Queremos primar por uma metodologia:

- Centrada nos educandos interagindo multilateralmente com o professor;
- Em uma prática de ensino auxiliada por experimentos de laboratório, buscando estimular no estudante o pensamento reflexivo e crítico sobre determinado assunto da Física;
- Que estimule os estudantes a compreender a relevância que a Ciência tem para o bem estar da humanidade.

A justificativa para o uso dessa metodologia é o fato dos estudantes terem muita dificuldade em aprender Ciências. Além disso, ela se apresenta como uma proposta de ensino diferenciada e aplicada diretamente na sala de aula, visando provocar nos estudantes o interesse em aprender ciências. Com isto queremos superar a limitação mencionada a seguir.

Espalha-se entre os professores de ciências, especialmente nos anos finais do ensino fundamental e do ensino médio, uma crescente sensação de desassossego, de frustração, ao comprovar o limitado sucesso de seus esforços docentes. Aparentemente, os alunos aprendem cada vez menos e têm menos interesse pelo que aprendem. (POZO; CRESPO, 2009, p. 14)

A profissão docente é cheia de desafios e sabores, ao aprender desde cedo a usar a SF espera-se ao menos minimizar os impactos de aprendizagem dos estudantes e também evitar os transtornos da frustração da profissão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aplicação da Sequência Fedathi na Aula Experimental de Eletrostática

Fez-se este estudo em uma turma de terceiro ano da Escola de Ensino Médio Doutor Brunilo Jacó, localizada na cidade de Redenção-CE, abordando o assunto Eletrostática. Partiu-se de um diagnóstico feito através de um questionário (Ver Apêndice), aplicado em dezenove de junho de dois mil e dezessete. A aula em si aconteceu no dia vinte e três de junho, no turno da tarde, a partir das 13 h e envolveu 16 estudantes, 9 meninos e 7 meninas, todos com idades entre 16 e 18 anos. A turma foi dividida em quatro grupos. Como se tratava de uma aula experimental sobre Eletrostática, alguns cuidados foram tomados como, por exemplo, manter o ar condicionado do laboratório numa temperatura relativamente baixa e utilização de um desumidificador para deixar o ar do ambiente propício para o estudo sobre as cargas elétricas. Se a umidade do ar estivesse alta, as cargas elétricas logo fluiriam para o ambiente, tornando a realização de alguns experimentos impossível, ou seja, é necessário o acúmulo de cargas elétricas para a realização das práticas experimentais. Nesta prática experimental foram realizados 4 procedimentos a fim de estudar os seguintes conceitos físicos:

- Eletrização por atrito;
- Atração e a repulsão entre cargas elétricas;
- Identificar as cargas;
- Verificar a condutibilidade elétrica;
- Rigidez dielétrica;
- Indução eletrostática;
- Funcionamento do gerador Van de Graaff.

Seguindo as quatro etapas da SF, a aula aconteceu da seguinte maneira: O momento da primeira etapa foi quando, logo no início da aula, os conceitos que seriam estudados foram escritos no quadro branco. Esse tornou-se o momento da tomada de posição. A etapa da maturação em si, aconteceu na montagem e análise de cada experimento realizado, sete no total, e foi a parte que mais exigiu tempo. A etapa da solução aconteceu justamente após os estudantes refletirem no que estavam fazendo em cada experimento, até apresentarem uma ou mais respostas aos questionamentos que surgiam.

Apenas no final dos experimentos era feita a etapa da prova, apresentado uma resolução formal para cada problema. Durante todo o processo, a SF foi usada e suas etapas, em certos momentos, se misturavam. Também foi necessária muita atenção para não fugir da aula dinâmica que se havia proposto, voltando para a tradicional forma de ensinar. Foram consideradas as reflexões e postura dos estudantes em toda a aula, como também nos questionários.

Seguindo a postura de um professor diferente do tradicional, as perguntas que surgiam eram devolvidas aos alunos, ou então respondidas com outras perguntas, isso para que o discente se esforçasse para formular respostas próprias e se debruçasse sobre os próprios pensamentos a fim de cogitar a melhor resposta possível. Em alguns momentos era tentador tomar a postura de detentor do conhecimento e acelerar a aula respondendo todas as perguntas diretamente, assim como, simplesmente fazer os experimentos de uma vez. Era necessário maturar os pensamentos dos alunos e indicar o caminho das respostas, sendo que eles é que deveriam percorrer. No começo eles estranharam o modo como a aula se deu, mas depois entenderam que os investigadores das praticas experimentais eram eles.

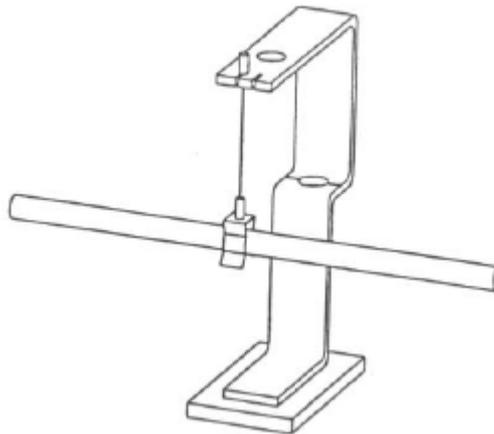
4.1.1 Descrição dos experimentos realizados e dos dados coletados

4.1.1.1 Estudo da eletrização por atrito e repulsão e atração entre cargas elétricas

Para estudar a atração e a repulsão entre cargas elétricas, suspendeu-se um dos bastões de polipropileno no suporte, como na figura 9, e com papel toalha comum, esfregou-se uma de suas extremidades. Do mesmo modo, esfregou-se uma das extremidades do outro bastão de polipropileno. Quando as extremidades atritadas foram aproximadas uma da outra se verificou que houve repulsão.

Durante estes procedimentos, alguns estudantes já queriam determinar qual tipo de carga estava sendo gerada nos bastões, sendo que neste ponto eles eram indagados sobre o que era carga elétrica. Como eles poderiam pensar em já determinar o tipo de carga sem ao menos saber o que é carga elétrica? Quando um dos grupos mencionou que “ainda não era possível determinar o tipo de carga” os outros grupos se puseram a pensar como poderiam explicar essa repulsão. E a dinâmica seguiu desta forma, sempre que um grupo formulava uma resposta os outros se esforçavam para tentar explicar de alguma forma os fenômenos observados. Desde o início da aula ficou bem claro que os alunos é que fariam os experimentos e tentariam explicá-los, mesmo assim, alguns deles ao realizarem esta parte da prática, perguntavam o porquê da repulsão ter acontecido. A pergunta era devolvida ao aluno e pedia-se que ele refletisse e formulasse a melhor resposta possível.

Figura 9 – Suporte para bastão usado para estudar a atração entre cargas elétricas



Fonte: Roteiro de aulas experimentais da Universidade Federal do Ceará

Novamente, friccionaram o bastão suspenso e uma das extremidades de um bastão de outro material, de acrílico, e aproximando-o do bastão suspenso verificou-se que os bastões se atraíam. Depois com o bastão de acrílico suspenso esfregaram uma de suas extremidades e do mesmo modo esfregou-se outro bastão de acrílico e, aproximando-o do bastão suspenso, verificou-se que eles se repeliam.

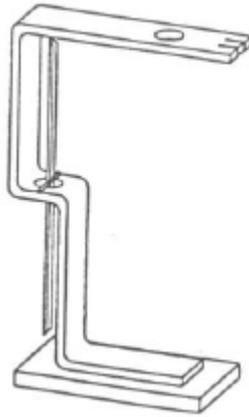
Nos experimentos feitos até aqui, ainda não era possível identificar a carga gerada por cada bastão, o de polipropileno e o de acrílico. Só era possível dizer que as cargas tinham sinais contrários quando os bastões se atraíam, já que eram feitos de materiais diferentes e graças à fricção, um bastão ficou carregado positivamente e o outro negativamente. E tinham sinais iguais quando os bastões se repeliam, pelo fato de serem feitos de materiais iguais. Mas não era possível determinar qual dos bastões possuía carga positiva e negativa. Com esses experimentos se verificou a eletrização por atrito.

Montou-se o eletroscópio de modo que ele ficou na posição vertical, como na figura 10. Friccionou-se com papel um bastão de polipropileno e colocou-o em contato com o eletroscópio. Era necessário repetir esse procedimento varias vezes para que o eletroscópio ficasse carregado. Verificou-se o afastamento das pontas do ponteiro do corpo do eletroscópio, ele se afastava o máximo possível.

Repetindo o procedimento anterior utilizando o bastão de acrílico, observou-se que acontecia o mesmo processo. Deduziu-se que se estava transferindo a mesma carga para o eletroscópio e não era possível por meio deste identificar o tipo de carga dos bastões de acrílico e polipropileno.

Na discussão, surgiram mais uma vez alguns que arriscavam dizer qual tipo de

Figura 10 – Eletroscópio usado para a verificação do sinal das cargas elétricas dos bastões de polipropileno e acrílico



Fonte: Roteiro de aulas experimentais da Universidade Federal do Ceará

carga cada bastão possuía. Neste momento surgiu mais ou menos a seguinte pergunta: O material de que é feito o bastão influencia no tipo de carga? A pergunta foi devolvida e solicitou-se que todos pensassem a respeito. Após isto, também surgiu a discussão sobre materiais condutores e isolantes, percebeu-se que a maioria sabia distinguir os dois tipos de materiais.

4.1.1.2 Identificação das cargas elétricas

Para identificar o tipo de carga elétrica, foi usado um tubo de neon. O procedimento consistia em segurar o tubo por uma de suas extremidades metálicas e fazer contato da outra extremidade metálica com os corpos carregados, no caso os bastões. Ao fazer o contato do tubo de neon com o corpo carregado, se o fio do tubo acendesse do lado da extremidade da mão, a carga seria positiva. Se acendesse do lado da outra extremidade, a carga seria negativa, sendo que, Isto é uma convenção.

Só foi possível realizar esta parte do experimento para o bastão de polipropileno, sendo que os estudantes conseguiram acender o tubo de neon e afirmaram que sua carga era negativa. Não foi possível acender o neon com o bastão de acrílico, provavelmente por causa que a fricção feita não era o suficiente para eletrizar o bastão, ou então a umidade do ar não estava suficientemente favorável para eletrização do bastão em questão.

Não era finalidade saber como o tubo de neon funcionava, o que se queria era uma maneira prática para determinar os tipos de carga elétrica. Deixar claro o que é

carga elétrica e demonstrar que ela é uma propriedade que existe nos diversos materiais era a finalidade. Foi possível observar o encantamento de alguns estudantes em conseguir fazer o tubo de neon acender simplesmente encostando nele o bastão atritado. Como foi possível fazer acender o tubo apenas com o bastão de polipropileno e viu-se que sua carga era negativa, todos concordaram por convenção, que o de acrílico teria então carga positiva, apesar de ninguém ter conseguido fazê-lo acender o tubo. O fato da carga elétrica do bastão de acrílico ser positiva, ajudou a entender as atrações e repulsões entre os dois tipos de bastão nos experimentos anteriores.

4.1.1.3 Indução eletrostática

Sobre a condutividade elétrica, discutiu-se que certos corpos possuem a propriedade de conduzir eletricidade com facilidade, no caso, os metais. Já outros, como o plástico, não o fazem. São denominados condutores as substâncias que se comportam como os metais e isolantes as que se comportam como o plástico.

Para estudar o conceito de indução eletrostática, gerou-se a discussão de que se aproximarmos um corpo carregado de um condutor neutro, haverá uma separação de cargas. Se o condutor for ligado a terra, os elétrons fluirão para terra e ele adquirirá carga oposta do corpo inicial carregado.

Friccionando-se o bastão de polipropileno com papel e aproximando-o (sem tocar) do ponteiro do eletroscópio descarregado, e repetindo o procedimento com o bastão de acrílico, verificou-se que para ambos os bastões acontecia a atração. O fenômeno observado se deu graças ao processo de eletrização por indução eletrostática. Por indução, o eletroscópio adquiriu carga oposta a dos bastões, por isso aconteceu a atração. Isto independe do conhecimento prévio do tipo de carga que os bastões possuíam.

Os alunos em cada grupo discutiram bastante sobre o que viram, inclusive iam até os outros grupos para trocarem informações. Quase todos não sabiam muito bem o significado da palavra indução e isso dificultou o estudo. Neste ponto eles já sabiam que atritando o bastão ele ficava eletrizado, mas não conseguiam explicar muito bem a atração que observaram, apesar de encantados com o que viram. Surgiram as perguntas: Como isso é possível? Porque isso aconteceu se eu nem encostei o bastão?

4.1.1.4 Princípio de funcionamento do Gerador de Van de Graaff

Um dos melhores momentos, se não o melhor, foi o estudo sobre o gerador Van de Graaff. Foi um dos melhores momentos porque ao explicar o princípio de funcionamento da máquina, os estudantes ficaram impressionados com as centelhas que aconteciam a todo momento. Ao aproximarem o braço era possível sentir a influência do campo elétrico nos

pelos. Neste momento a qualidade do ar contribuiu bastante e o gerador funcionou muito bem, gerando campo elétrico intenso sendo que ao receber um pequeno choque no braço era possível com o outro braço dar choque nos estudantes.

Ligando-o por alguns segundos e, em seguida, o desligando e aproximando o tubo de neon, determinou-se que a carga do gerador era positiva, pois, assim como explicado anteriormente, o filamento do tubo acendeu na extremidade segurada pela mão. Isto determinou que a carga do gerador era positiva.

Ligando novamente o gerador e mantendo-o ligado em velocidade baixa, aproximou-se a bola de isopor suspensa por um fio de modo que a mesma tocou a esfera do gerador. Observou-se que a bola de isopor foi atraída por indução pela esfera. Isso aconteceu porque a bola de isopor estava neutra, o gerador carregado gerou apenas uma polarização nas cargas do material da bola.

Repetindo o procedimento anterior, desta vez com a bola de alumínio, viu-se que, antes de tocar no gerador, a bola foi atraída e, depois de tocá-lo, foi repelida. Isso aconteceu porque a bola aluminizada é um material condutor e adquiriu carga igual a do gerador e, por isso, houve repulsão.

Apesar de anteriormente os estudantes terem demonstrado saber diferenciar um material condutor de um isolante, a prática experimental com o gerador e as bolinhas de alumínio e isopor geraram bastante dúvidas. Um membro de cada grupo levava uma bolinha de cada vez e aproximava do gerador e o restante observavam e tentavam explicar o que acontecia. Os grupos simplesmente argumentavam dizendo que a bola de isopor foi atraída e a de alumínio foi repelida, mas não recorriam aos processos de eletrização para tentar explicar.

4.2 Procedimento de coleta e análise dos dados: resultado do questionário investigativo sobre Física/Eletrostática

O fato de todos os estudantes considerarem o ensino de Física importante para as suas vidas foi surpreendente. Traz a reflexão de que eles querem aprender Física, só não são devidamente motivados para tal. Isto pode ser visto no gráfico da figura 11 a seguir, que mostra o total de estudantes que responderam a questão.

Figura 11 – Análise da pergunta 2



Fonte: Elaborada pelo autor.

Já no gráfico da figura 12 chama atenção o fato de que a maioria dos estudantes, no caso 63%, não tinham feito nenhum experimento na disciplina de Física, durante todo o Ensino Médio.

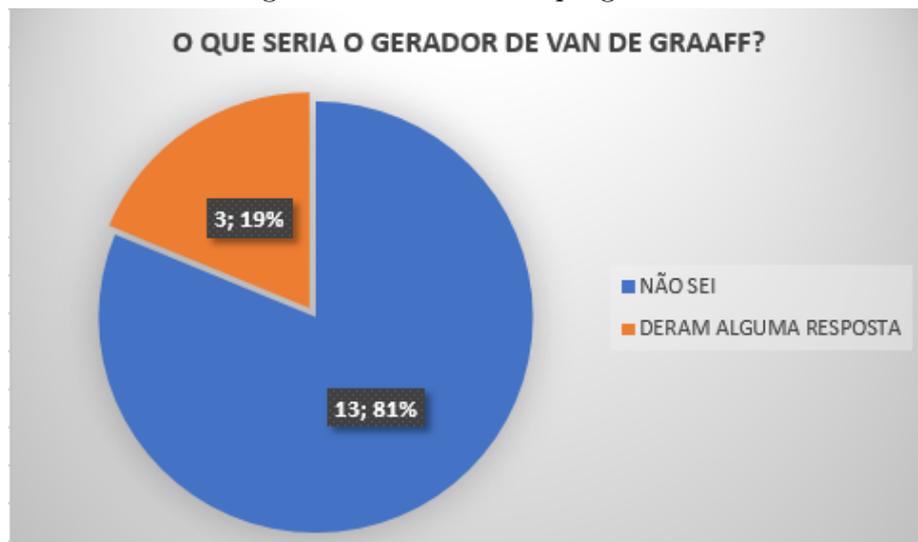
Figura 12 – Análise da pergunta 3



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com relação a pergunta 10, a maioria dos estudantes até o momento da prática, jamais tinham ouvido falar do Gerador de Van de Graaff, como mostra a figura 13. Isto reforça o quanto as aulas se mantêm no estilo tradicional, sem o emprego de aulas de laboratório.

Figura 13 – Análise da pergunta 10



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3 Análise das perguntas sobre Eletrostática

Foi feita uma análise qualitativa das outras perguntas do questionário, pois envolviam os conceitos estudados na aula experimental, dois dias depois de sua ocorrência. A seguir, será exibida a análise somente das perguntas pós aula. Mas a comparação total do desempenho dos estudantes nos dois momentos do questionário, será feita adiante com duas tabelas geradas a partir das respostas dos estudantes. Analisamos as perguntas da seguinte maneira: a quantidade de alunos que responderam diretamente “não sei” e que deram respostas satisfatórias ou insatisfatórias, em relação ao conceito formal de cada pergunta, ou seja, foi visto o quanto eles se aproximaram da definição estabelecida, respeitando suas considerações e pensamentos de modo geral.

Para a pergunta 1, “O que é Eletrostática?”, ficou claro que alguns discentes já sabiam sobre esse conceito porque tinham estudado durante o bimestre. Após a aula, muitos ficaram mais confiantes para responder esta questão pois tinham sido motivados para isso. Como exemplo, aqui estão duas respostas consideradas satisfatórias e insatisfatórias respectivamente. Pode-se notar que quase todos souberam responder corretamente e uma boa parte só sabia que tinha algo a ver com carga elétrica.

- estudante 1 - “Interação das cargas ou estudo das cargas elétricas”.
- estudante 2 - “Estudo das cargas elétricas em repouso”.
- estudante 3 - “É uma carga elétrica”.
- estudante 4 - “São átomos de elétrons negativo e positivo”.

Na pergunta 4, “O que você entende sobre carga elétrica?”, vê-se que o número de estudantes que arriscaram responder aumentou. 67% se aproximou da resposta correta satisfatoriamente. Já 33% não conseguiu pensar no conceito como sendo uma propriedade associada a própria existência da matéria.

- estudante 1 - “Que para acontecer a carga elétrica têm que existir uma carga positiva e outra negativa”.
- estudante 2 - “Que tem carga positiva e negativa e faz parte da eletrostática”.
- estudante 3 - “Que pode ser negativo ou positivo”.
- estudante 4 - “Que várias coisas tem carga elétrica ao nosso redor, só temos que saber fazer atrito”.

Na análise da pergunta 5, “O que você compreende sobre eletrização de corpos?”, notou-se que houve uma boa assimilação deste conceito, pois que a maioria, ou seja, 45% conseguiram formular respostas satisfatórias. Seguem dois exemplos de respostas satisfatórias e dois de insatisfatórias, respectivamente.

- estudante 1 - “É uma atração de carga positiva e negativa”.
- estudante 2 - “Um corpo eletrizado em contato com outro passa a eletrizar o outro corpo, assim ambos ficam eletrizados”.
- estudante 3 - “O estudo sobre a energia do corpo”.
- estudante 4 - “Fica magnetizado que quando esfrega nos objetos ele puxa”.

Da pergunta 6, “Que fenômeno ocorre se aproximarmos uma carga elétrica positiva de uma negativa?”, houve boa assimilação porque se compararmos as tabelas 4 e 5 houve crescimento das respostas satisfatórias, apesar de não superar as insatisfatórias e não houve alunos que se recusaram a responder. Aqui estão dois exemplos de respostas satisfatórias e dois de insatisfatórias respectivamente.

- estudante 1 - “Positiva e negativa, como são contrárias elas se juntam e duas cargas de mesmo sinal se repelem”.
- estudante 2 - “Se aproximarmos um carga positiva de uma negativa elas se atraem e se aproximarmos uma carga igual ocorre a repulsão ou seja elas se afastam”.
- estudante 3 - “Se atraem, se repelem”.

- estudante 4 - “Cargas iguais se atraem, cargas positiva e negativa se repelem”.

Já com relação a pergunta 7, “O que é condutibilidade elétrica?”, notou-se menos empenho dos alunos para responder. Houve somente uma resposta consideravelmente satisfatória, que é a primeira a seguir. Observou-se que ao tentarem responder perguntas sobre conceitos cada vez mais específicos, 45% simplesmente responderam que não sabiam e poucos tentaram responder.

- estudante 1 - “É a capacidade de conduzir eletricidade de um material para outro”.
- estudante 2 - “Condução e estabilidade de elétrons”.
- estudante 3 - “Conduz a carga”.

O que foi dito no parágrafo anterior é válido para a pergunta 8, “O que é rigidez dielétrica?”. Também foi notável o desempenho baixo ao tentar resolver o questionamento. Temos aqui somente uma resposta satisfatória e outra insatisfatória respectivamente. 78% disseram que não sabiam.

- estudante 1 - “É quando a algo isolante até certo ponto, que quando esse ponto é superior ou mais amplo, rompe a barreira eletrizando”.
- estudante 2 - “Que repele a carga elétrica”.

Sobre a pergunta 9, “O que é indução eletrostática?” Observou-se a mesma postura dos alunos em relação as perguntas 7 e 8. Como o conceito exige mais tempo para estudar e refletir, eles não conseguiram atingir respostas tão desejáveis. Segue duas respostas satisfatórias e uma insatisfatória respectivamente

- estudante 1 - “É onde cargas seja uma positiva e outra neutra faz a separação das cargas”.
- estudante 2 - “É a indução de cargas, ou seja a movimentação das cargas através de cargas negativas e paradas”.
- estudante 3 - “Que passa a carga, ela anula a carga”.

4.4 Comparação dos dados antes e depois da aula

De modo geral, observou-se na aplicação do primeiro questionário que os alunos já sabiam relativamente sobre o assunto eletrostática, pois falavam em voz alta que já tinham ouvido falar da quilo na disciplina de Física. Já outros estudantes, pouco empolgados em responder as perguntas, responderam simplesmente que não sabiam. Outros,

em poucas palavras tentavam responder o que sabiam. A visualização geral disto está na tabela 4.

Tabela 4 – Respostas dos estudantes referente ao questionário pré-aula.

Pergunta	Resposta (%)		
	Não sei	Insatisfatória	Satisfatória
O que é eletrostática?	50	25	25
O que você entende sobre carga elétrica?	37	13	50
O que você entende sobre eletrização dos corpos?	44	37	19
O que acontece com cargas do mesmo sinal e com sinal opostos?	19	31	50
O que é condutibilidade elétrica?	75	19	6
O que é rigidez dielétrica?	94	0	6
O que é indução eletrostática?	94	0	6

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a aula o comportamento foi diferente. Os estudantes já tinham em mente que responder as perguntas era responsabilidade deles e poderiam fazer aquilo com mais facilidade porque estudaram o assunto na teoria e na prática. Muito embora alguns deles tenham respondido com um simples não sei, notou-se que este tipo de resposta diminuiu bastante e que eles adotaram a postura de responder confiando em suas próprias palavras ao se expressar. Em suma, quando se compara as duas tabelas, nota-se um melhoramento não só das respostas, mas também da postura dos estudantes diante das perguntas problemáticas. E isto é o que se queria alcançar com este trabalho.

Tabela 5 – Respostas dos estudantes referente ao questionário pós-aula.

Pergunta	Resposta (%)		
	Não sei	Insatisfatória	Satisfatória
O que é eletrostática?	10	50	40
O que você entende sobre carga elétrica?	0	67	33
O que você entende sobre eletrização dos corpos?	22	45	33
O que acontece com cargas do mesmo sinal e com sinal opostos?	0	33	67
O que é condutibilidade elétrica?	45	11	44
O que é rigidez dielétrica?	78	11	11
O que é indução eletrostática?	56	36	11

Fonte: Elaborada pelo autor.

Se analisarmos como um todo, apesar das dificuldades dos estudantes em compreender e explicar os conceitos mais específicos da Física como, por exemplo, rigidez dielétrica e indução eletrostática, eles obtiveram melhora considerável. Basta olhar para

o numero de respostas “não sei” que foram poucas na segunda tabela em relação a primeira, ou seja por serem instigados a pensar pelo uso da SF eles perderam o medo de responder e foi possível extrair deles bastante formulações de respostas. Os estudantes não ficaram esperando a resposta do professor, eles foram capazes de pensar por si próprios e começaram o caminho para construir o próprio aprendizado.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram que o uso da SF, influenciou diretamente na assimilação dos conceitos estudados na aula experimental. Com ela foi possível considerar as respostas dos estudantes, fazendo-os pensar reflexivamente. Isto está evidenciado na comparação feita entre os resultados do primeiro questionário e do segundo.

Os alunos que responderam ao questionário mostraram valorizar o ensino de Física e sua importância para a vida cotidiana. Ou seja, percebe-se que os alunos querem aprender Física, mas não são devidamente estimulados a isto. Foi relevante saber que mais da metade dos estudantes ainda não tinham feito nenhum experimento na disciplina de Física, o que nos leva a pensar que mesmo com a quantidade de pesquisas que enfatizam a renovação do ensino de Física a educação tradicionalista prevalece. Esse fato reforça os problemas de aprendizado dos conteúdos já que os discentes não estudam os fenômenos na prática, vendo somente a teoria. Outro resultado relevante é que a grande maioria dos alunos nunca tinham ouvido falar do Gerador de Van de Graaff, uma máquina eletrostática bastante usada em escolas e outros meios, para demonstrações sobre eletricidade.

Como este trabalho primou pela verificação da eficiência da SF como metodologia de ensino para Física, possui caráter qualitativo. Observando as tabelas 4 e 5 é notável a evolução dos estudantes em alguns aspectos, no caso, a diminuição de respostas negativas e insatisfatórias e o aumento de respostas satisfatórias. Não era o objetivo mensurar a quantidade de conteúdos que os estudantes aprenderam, mas sim trabalhar juntamente com eles de uma forma diferenciada fazendo-os pensar a partir de uma aula dinâmica e interativa.

Conclui-se a partir dos dados coletados que a metodologia SF foi eficiente no processo de aprendizagem dos alunos. Procurou-se ao máximo manter a postura de bom professor, ou seja, aquele que diferente do professor bom não dá respostas imediatas e acabadas. O pensamento dos estudantes durante toda a aula foi explorado e todos tiveram um ambiente adequado para desenvolver suas ideias. Com as quatro etapas da SF realmente é possível tornar a aula dinâmica, sendo que, neste trabalho, uma das etapas mais importantes foi a da maturação onde os discentes puderam refletir sobre cada experimento que fizeram. Evidentemente, todas as etapas são de suma importância.

O ensino de Física é carente de metodologias como esta. Neste trabalho, os resultados poderiam, sim, ter sido mais relevantes. Entretanto, é necessário estudar e aderir ainda mais essa metodologia que obriga a mudança de postura de professores e alunos. Acreditamos ter alcançado um bom resultado e que este trabalho seja mais um

contributo, para a validação da Sequência Fedathi no ensino de física, servido de base para outras pesquisas.

6 APÊNDICES

6.1 Questionário investigativo sobre Física/Eletrostática

1. O que é Eletrostática?
2. Você acha o ensino de Física importante? Justifique.
3. Já realizou algum experimento na disciplina de Física? Se sim, diga qual foi.
4. O que você entende sobre carga elétrica?
5. O que você compreende sobre eletrização de corpos?
6. Que fenômeno ocorre se aproximarmos uma carga elétrica positiva de uma negativa?
E se aproximarmos duas cargas de mesmo sinal?
7. O que é condutibilidade elétrica?
8. O que é rigidez dielétrica?
9. O que é indução eletrostática?
10. O que seria um Gerador de Van de Graaff e para que serve?

6.2 Plano de aula

1. Dados de Identificação da Escola: Dr. Brunilo Jacó Disciplina: Física, Nº de aulas: 3, Carga Horária Total: 2 h e 30 min, Nível de Ensino: Ensino Médio Ano: 3º, Professor: Lucas Silva
2. Objetivos:
 - Testar a metodologia Sequência Fedathi
 - Estudar os conceitos: Carga elétrica, eletrização por atrito, atração e repulsão entre cargas elétricas, rigidez dielétrica, condutibilidade elétrica, campo elétrico e indução eletrostática.
3. Conteúdos de Ensino: Eletrostática
4. Procedimentos Metodológicos: Aula experimental pautada na metodologia Sequência Fedathi, que consiste em quatro etapas: Tomada de posição, maturação, solução e prova. O professor toma a postura de orientador fazendo perguntas orientadoras e

respondendo questionamentos, mas sem interferir no raciocínio e considerações dos alunos. Já o estudante se torna o agente ativo de sua aprendizagem.

5. Recursos Didáticos: Gerador de Van de Graaff, bastões de polipropileno, bastões de acrílico, suporte com fio de seda, eletroscópio, bolinha de isopor, bolinha de alumínio, papel toalha, tubo de neon. Além de quadro branco e pincel.
6. Avaliação da Aprendizagem:
 - Resolução de questionário antes da aula experimental
 - Cooperação e participação ativa durante a realização dos experimentos.
 - Resolução de questionário depois da aula experimental
7. Referências: HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física 3. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física 3. 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2008.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. C.; STACHAK, M. A importância de aulas experimentais no processo ensino-aprendizagem em física: Eletricidade. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA. **Anais...**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 11, 2005.
- AMARO, A. et al. Metodologias de Investigação em Educação a Arte de fazer Questionários. **Faculdade de Ciências da Universidade do Porto**, v. 1, p. 11, 2005.
- BODANIS, D. **Universo Elétrico**. Rio de Janeiro: Record, 2008.
- BORGES NETO, H. **Sequencia Fedathi Uma Proposta Pedagógica para o Ensino de Ciências e Matemática**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceara, 2011.
- BORGES NETO, H. **Sequência Fedathi Além das Ciências Duras**. 1. ed. Curitiba: Editora CRV, 2017. 166 p.
- BOSS, S. L. B. **Ensino de Eletrostática a História da Ciência Contribuindo Para Aquisição de Subsúcores**. 136 p. Dissertação de mestrado — Universidade Estadual Paulista, 2009.
- BOSS, S. L. B. et al. Ensino de eletrostática no ensino médio – análise de uma proposta a partir da história da ciência *In*: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. **Anais...**, v. 1, p. 13, 2011.
- CARVALHO, V. B. As Influências do Pensamento de John Dewey no Cenário Educacional Brasileiro. **Revista Redescições**, v. 1, p. 20, 2011.
- COSTA, M. M. R. R.; ALMEIDA, M. J. B. M. de. **Fundamentos de Física**. 3. ed. Coimbra: Almedina, 2012. 502 p.
- FEITOSA, C. M. de O.; MENEZES, P. H. D. A eletricidade e seus riscos: uma perspectiva reflexiva para o ensino de física *In*: X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – X ENPEC. **Anais...**, v. 1, 2015.
- FONTENELE, F. C. F. et al. A sequência fedathi no ensino de matemática superior: Caminhos percorridos e investigações futuras *In*: XII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. **Anais...**, v. 1, 2016.
- FONTENELE, F. C. F. et al. Relações Entre a Sequência Fedathi e as Alavancas Meta no Ensino de Álgebra Linear. **Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana**, v. 6, 2015.
- HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 300 p.
- LIMA, F. D. A. As Disciplinas de Física na Concepção dos Alunos do Ensino Médio na Rede Pública de Fortaleza/CE. **Universidade Estadual do Ceará**, v. 1, p. 36, 2011.
- NARDI, R. **Pesquisas no Ensino de Física**. 3. ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2004. 450 p.

NASCIMENTO, A. P. do. **Experimentos de Baixo Custo no Ensino de Física na Educação Básica**. 67 p. Dissertação de mestrado — Universidade Federal de Goiás-Regional Catalão, 2016.

NUNES, L. N. **Ensinando Sobre o Potencial Elétrico Utilizando Máquinas Eletrostáticas de Baixo Custo e Planilha de Dados**. 154 p. Dissertação de mestrado — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

PEREIRA, E. A. et al. A Contribuição de John Dewey para a Educação. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 3, 2009.

PIRES, A. S. T. **Enigmas do Universo**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2012. 192 p.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Ángel G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do Conhecimento cotidiano ao conhecimento Científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 250 p.

SANTANA, J. R. et al. A sequência fedathi: Uma proposta de mediação pedagógica no ensino de matemática *In*: VIII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. **Anais...**, v. 1, 2004.

SANTOS, M. C. F. dos. A noção de experiência em john dewey, a educação progressiva e o currículo de ciências *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. **Anais...**, v. 1, p. 11, 2015.

SANTOS, M. J. C. dos. As metodologias - engenharia didática e sequência fedathi aliadas a teoria de piaget *In*: XIII CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. **Anais...**, v. 1, 2011.

SCHROEDER, C. A Importância da Física nas Quatro Primeiras séries do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 6, 2007.

SOUZA, M. J. A. **Aplicação da Sequência Fedathi no Ensino de Geometria Mediado pelas Tecnologias Digitais**. 223 p. Tese de Doutorado — Universidade Federal do Ceará, 2010.

WESENDONK, F. S.; TERRAZZAN, E. A. Fatores para a baixa frequência de utilização de experimentações por professores de física do ensino médio *In*: X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – X ENPEC. **Anais...**, v. 1, 2015.

ZUKOVSK. A Importância da Física Experimental no Cotidiano e a Educação. **Revista F@pciência, Apucarana-PR**, v. 9, p. 5, 2012.