

Desenvolvendo o Pensamento Abstrato no Ensino de Física por meio de Atividades Investigativas no Instituto Federal do Amazonas

Manaus, Amazonas

2018

Desenvolvendo o Pensamento Abstrato no Ensino de Física por meio de Atividades Investigativas no Instituto Federal do Amazonas

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC) como exigência parcial aos créditos obrigatórios para obtenção do título de Doutor em Educação em Ciências e Matemática, sob a orientação do Profa. Dra. Josefina Barrera Kalhil. Área de Concentração: Fundamentos e Metodologias para a Educação em Ciências e Matemática. Polo: Universidade do Estado do Amazonas — UEA.

Orientando: José Galúcio Campos

Orientadora: Dra. Josefina Barrera Kalhil

Manaus, Amazonas

2018

JOSÉ GALÚCIO CAMPOS

Desenvolvendo o Pensamento Abstrato no Ensino de Física por meio de Atividades Investigativas no Instituto Federal do Amazonas

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC) como exigência parcial aos créditos obrigatórios para obtenção do título de Doutor em Educação em Ciências e Matemática, sob a orientação do Profa. Dra. Josefina Barrera Kalhil. Área de Concentração: Fundamentos e Metodologias para a Educação em Ciências e Matemática. Polo: Universidade do Estado do Amazonas — UEA.

Trabalho aprovado.

Dra. Josefina Barrera Kalhil
UEA

Dr. Licurgo Peixoto de Brito
UFPA

Dra. Edna Lopes Hardoim
UFMT

Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja
UFOPA

Dr. Francisco Roberto Pinto Matos
Colégio Pedro II

Manaus, Amazonas
2018

Dedicado aos meus pais, o senhor José Ribeiro da Silva Campos e a senhora Maria Rosineite Galúcio Campos.

Agradecimentos

Primeiramente à Deus, afinal, estou aqui pela vontade Dele.

À minha esposa Shirley Pinheiro Campos, pela paciência, carinho, parceria e tudo mais.

À meus filhos, Leonardo Pinheiro Campos (meu gaviãozinho chêro-chêro) e Yanka Beatriz Pinheiro Campos (minha lobisominha-nerd), pois nos momentos mais difíceis sempre me incentivaram com ternura e alegria.

Aos avaliadores deste trabalho que muito contribuíram para melhorá-lo e, conseqüentemente, contribuíram para **eu** melhorar;

Finalmente, a minha orientadora Prof(a). Dr(a). Josefina Barrera Kalhil, pela inestimável ajuda e confiança depositada em mim.

“(...) pois a inteligência não pode ver a verdade sem que a alma seja tocada.”
(Louis Lavelle)

Resumo

Apresenta-se neste trabalho uma pesquisa de doutoramento cujo objetivo foi desenvolver o pensamento abstrato em aulas de física por meio de atividades investigativas, quais sejam: questões abertas e laboratório aberto. A pesquisa desenvolvida foi do tipo pesquisa ação-participante e os envolvidos no processo foram três professores com mais de 20 anos de carreira, e os alunos dos cursos integrados do ensino médio de química — primeiro ano, — e informática — segundo ano. Para tanto, esta utilizou-se de vários instrumentos de coleta e geração de dados qualitativos, tais como as entrevistas semiestruturadas e em grupos, e os questionários abertos e fechados (Likert). Os resultados sugerem positivamente que as atividades investigativas, modeladas e adequadas ao contexto escolar, e, sobretudo, respeitando-se o estágio cognitivo das turmas, foi possível desenvolver-se habilidades cognitivas como análise, síntese e o pensamento abstrato; porquanto assim educando-se a imaginação — seja com as questões abertas ou pelo laboratório aberto. Em adição, diante destes achados, foi possível conceber uma metodologia de ensino-aprendizagem simples e direta com potencial de aplicação no ensino das diversas ciências cujo fim é o desenvolvimento do pensamento abstrato e/ou das habilidades que concorrem à ele.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Ensino de Ciências por Investigação; Desenvolvimento de Habilidades.

Abstract

This manuscript presents a doctoral research whose aim was to develop the abstract thinking in physics classes through investigative activities, such as: open questions and open laboratory. The research developed was the action-participant type and those involved people in the process were three teachers with more than 20 years of career, and students of integrated courses of high school chemistry — first year, — and computer science — second year. To this end, it have been used a variety of qualitative data collection and generation tools, such as semi-structured and group interviews, and open and closed questionnaires (Likert). The results suggest positively that the investigative activities, modeled and adapted to the school context, and above all, respecting the cognitive stage of the classes, it was possible to develop cognitive abilities like analysis, synthesis, abstract thinking; because in this way the imagination is educated — whether with open questions or the open laboratory. In addition, in view of these findings, it was possible to conceive of a simple and direct teaching-learning methodology with potential of application in the teaching of the various sciences whose purpose is the development of abstract thinking and / or the skills that occur concomitantly.

Keywords: Science Teaching; Inquiry Science Teaching; Development Cognitive Abilities.

Lista de tabelas

Tabela 1 – Número de artigos por periódicos.	19
Tabela 2 – Artigos e periódicos por categorias e códigos.	20
Tabela 3 – Ranking médio do questionário tipo-Likert: química 11; informática 21.	76
Tabela 4 – Variáveis e sua frequência de aparecimento.	92
Tabela 5 – Questões semiabertas na turma 11.	93
Tabela 6 – Hipóteses da turma 11 para a questão aberta QA0.	95
Tabela 7 – Hipóteses para QA0 inseridas em suas categorias.	96
Tabela 8 – Hipóteses elaboradas para QA0 depois da socialização com a turma 11.	96
Tabela 9 – Hipóteses para QA0 pós socialização inseridas em suas categorias.	99
Tabela 10 – Variáveis que controlam o voo do pássaro; turma 21.	101
Tabela 11 – Hipóteses para explicar o voo do pássaro e/ou a convecção; turma 21.	103
Tabela 12 – Hipóteses para explicar o voo do pássaro e/ou a convecção; turma 21.	106
Tabela 13 – Frequência de acertos das perguntas para turma 21.	107

Lista de ilustrações

Figura 1 – Esquema que representa a aglutinação das demais atividades do pensamento pelo pensamento abstrato.	63
Figura 2 – Esquema que representa o caminho percorrido para a escolha da habilidade cognitiva do pensamento abstrato.	90
Figura 3 – Declaração da diretora de Ensino declarando conhecimento sobre a pesquisa realizada no Instituto.	140

Sumário

	INTRODUÇÃO	12
1	UM ESTADO DA ARTE SOBRE O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO	16
1.1	Considerações gerais	16
1.2	Categorias, significados e críticas	18
1.2.1	Atribuindo sentido	19
1.2.2	Desenvolvendo habilidades	22
1.2.3	Aprendendo pela pesquisa	26
1.2.4	Diversos	30
1.3	Um possível panorama sobre o ensino por investigação no Brasil	32
1.4	Ensino por investigação: uma visão pessoal	35
2	ENSINAR E APRENDER CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO	37
2.1	Fragmentos históricos do ensino de ciências por investigação	38
2.2	Investigação em sala de aula: que isto é?	43
2.3	Modelos pedagógicos e epistemológicos das atividade práticas	47
2.3.1	Laboratório didático tradicional	50
2.3.2	Laboratório didático aberto ou investigativo	51
2.3.3	Questões abertas	56
3	HABILIDADES COGNITIVAS E O ENSINO DE FÍSICA	59
3.1	A importância da imaginação e do pensamento abstrato para o ensino de física	59
3.2	Atividades práticas e sua função cognitiva	63
4	PERCURSO METODOLÓGICO	69
4.1	Sujeitos participantes da pesquisa	69
4.2	Instrumentos de coleta e análise de dados	70
4.3	Etapas da pesquisa	72
4.3.1	Primeira fase: exploratória	72
4.3.2	Segunda fase: empírica	73
4.3.3	Terceira fase: analítica	75
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	76
5.1	Análise da escala tipo-Likert	76
5.2	Codificação das entrevistas semiestruturadas	77

5.2.1	Análise da entrevista da turma 21	78
5.2.2	Análise da entrevista da turma 11A	82
5.2.3	Análise da entrevista da turma 11B	84
5.2.4	Análise da entrevista com o professor E	86
5.2.5	Organizando as ideias	89
5.3	Atividades investigativas	90
5.3.1	Questões abertas: lançamento oblíquo ou bidimensional	90
5.3.2	Laboratório aberto: processo de transmissão de calor	100
5.4	Uma proposta de ensino de ciências para desenvolver o pensamento abstrato . . .	108
5.4.1	Critérios a cumprir	108
5.4.2	Proposta metodológica	109
	CONCLUSÕES	112
	REFERÊNCIAS	115
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO TIPO-LIKERT	122
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO CHECK LIST	125
	APÊNDICE C – TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS	126
C.1	Entrevista turma 21 – EG21	126
C.2	Entrevista turma 11 – EG11A	129
C.3	Entrevista turma 11 – EG11B	133
C.4	Entrevista com professor	136
	ANEXO A – DECLARAÇÃO DE CONHECIMENTO DA PESQUISA POR PARTE DA DI- RETORIA DE ENSINO DO IFAM	140

Introdução

É da *praxe* do ensino das ciências, especialmente, da física, a utilização de atividades prático-experimentais. É consensual a visão de que o experimento é um facilitador de aprendizagem e um recurso valiosíssimo para promover o engajamento dos alunos para o desenvolvimento das atividades didáticas.

Disto resulta, a grosso modo, duas situações onipresentes no imaginário coletivo dos professores de ciências. A primeira, que o experimento é uma varinha mágica capaz de resolver os problemas de aprendizagem, e, a segunda, que atividade prática é sinônimo de experimento ou aula de laboratório.

Sustentamos que a máxima que justifica ambas é que: se a ciência utiliza-se de experimentos para consolidar-se, então, deve-se possibilitar que os estudantes façam experimentos para aprendê-la.

Não sem razão, resulta que desde a década 1980, as atividades práticas vêm ganhando cada vez mais espaço no ensino das ciências. Isto é consequência direta das reformas educacionais que começaram ainda na primeira metade do século XIX, e que, desde então, passaram a sugerir que melhor ensinaríamos as ciências se estas fossem ensinadas por meio de atividades práticas.

Contudo há de se observar que, mesmo com a utilização em grande escala das atividades prático-experimentais, não foi verificado as melhoras esperadas no ensino das ciências; quais sejam: maiores índices de aprovação em física, química e biologia, a melhoria da aprendizagem conceitual, a aquisição de *expertise* em resolução de problemas, o acréscimo na capacidade de abstração, e, relacionar a ciência ensinada na sala de aula com as situações cotidianas.

Diante desta realidade as atenções voltaram-se para o modelo pedagógico de ensino vigente à época. Há na literatura uma série de trabalhos que recomendam que o docente favoreça o aprendizado em ciências aumentando-se o grau de liberdade atribuído aos discentes para com o desenvolvimento das atividades didáticas, especialmente, as práticas, seja no laboratório ou não.

Pondo de outro modo: o docente deve, em primeira instância, direcionar (controlar) menos as atividades didáticas. Isto, em si mesmo, já constitui uma crítica ao modelo de ensino clássico ou tradicional; tomando como referência o uso e o entendimento corrente que se fazem da educação clássica.

Foi diante deste contexto que emergiu, dentre outras tantas abordagens didáticas, o ensino de ciências por investigação. Inere a esta abordagem uma gama de metodologias de ensino-aprendizagem das quais pomos o acento em duas delas: o laboratório aberto e as questões abertas.

Tivemos o privilégio de sermos apresentados ao ensino de ciências por investigação na condição de aluno de doutorado quando fazíamos uma das disciplinas obrigatórios deste programa de pós graduação ao

qual apresentamos este manuscrito. Ficamos fascinados pela possibilidade de ensinar ciências, em especial a física — pois é com esta disciplina que trabalhamos — permitindo que o aluno pratique-a como se fosse um cientista.

Trabalhamos como professor desde o ano de 2005, e de lá para cá, já lecionamos física no nível médio e, nos últimos 8 anos, na graduação. Intuitivamente como *modus operandi* sempre colocamos os alunos diante de problemas científicos para que, a partir deles, pudéssemos lhes ensinar física fazendo-os pensar que fossemos nós a resolvê-los pela primeira vez.

Como toda atividade didática, por mais planejada que seja, as vezes funcionava, as vezes não! Disto originava-se um desânimo acompanhado de uma inquietação latente de que para tornar meu trabalho mais eficiente, algo me faltava. Desde àquela época já tínhamos a alegria de falar sobre física, tínhamos a fascinação pelo poder descritivo/explicativo da ciência, já éramos apreciadores da sua elegância e do seu discurso inteligível — embora assim o fosse, apenas, para aos iniciados. Mas, infelizmente, isto não era uma condição necessária mas suficiente para motivar meus alunos e fazê-los empoderarem-se dos conteúdos que trabalhávamos em sala de aula.

Com o passar dos anos através de observações, leituras e, sobretudo, conversando com colegas, fui me convencendo de que me faltava pedagogia, didática e conhecimento sobre educação e ensino de modo geral para tornar minha prática mais eficiente. Foi isto que me trouxe aqui, para REAMEC. Participar deste programa não foi apenas uma decisão bastante acertada; mas também, um divisor de águas na minha vida de modo que, o acréscimo profissional e pessoal adquirido é algo sem precedentes.

O conhecimento dos pressupostos do ensino de ciências por investigação agregou solidez a minha prática tornando-a mais eficiente e conseqüentemente mais prazerosa. Especialmente nos últimos cinco anos venho trabalhando com esta abordagem com meus alunos dos cursos do ensino médio integrado do Instituto Federal do Amazonas; e está sendo a melhor fase de trabalho da minha vida.

Este manuscrito que lhes apresento é uma pesquisa que embasa uma tese de doutoramento. E sustentamos que, o ensino de ciências por investigação, uma vez inserido num aporte teórico cognitivista, encerra uma sólida base teórica de modo a amparar-nos no bom cumprimento das seguintes tarefas de pesquisa:

- a) – Estabelecer os elementos teóricos delimitantes do objeto de investigação desta tese através da confecção de um estado da arte;
- b) – Desenvolver ações didáticas que tragam algum grau de proximidade com atividade do cientista, em especial, no que concerne ao desenvolvimento habilidades inerentes à aquisição de conhecimento;
- c) – Favorecer a aquisição de novos conhecimentos, dos modos de adquiri-los, para conseguirmos formar cidadãos capazes de avaliar as rápidas mudanças sociais provocadas pelos produtos

científico-tecnológicos;

- d) – Durante o período escolar, incentivar o engajamento dos alunos em assuntos da esfera científica e tecnológica.

Os itens b), c) e d) correspondem ao âmbito ontológico; atendê-los nos motiva muito a executar a pesquisa com mais responsabilidade pessoal, e esmero. O item a), é, com efeito, uma exigência didático-metodológica que, em nossa opinião, precede a ação de investigar.

Portanto, diante do que foi exposto acima, no âmbito global: (i) devido às poucas evidências entre qual é o real papel das atividades práticas, em particular as experimentais, na aprendizagem das ciências; (ii) da real necessidade do desenvolver-se uma cultura científica no contexto escolar. E, trazendo para o âmbito indviduante: (iii) a inserção de atividades investigativas nos cursos Integrados do Instituto Federal do Amazonas (IFAM/CMC), considerando, tanto a sua abrangência, quanto às suas especificidades, observou-se o seguinte problema científico a ser investigado por esta pesquisa:

— *As atividades investigativas, inseridas teoricamente no ensino de ciências por investigação, podem contribuir para o desenvolvimento do pensamento abstrato nas aulas de física?*

Após estes anos de magistério não constamos acréscimo qualitativo algum na análise, na explicação, nem no engajamento discente pela busca de soluções para problemas reais quando eram submetidos a atividades práticas, altamente estruturadas, em especial aquelas de laboratório de física.

Ora, diante desta constatação, passamos então a defender a seguinte tese:

— *Investigações no contexto escolar favorecem o desenvolvimento de importantes habilidades para aprendizagem em ciências, em particular o pensamento abstrato no ensino de física.*

Para defender e compor esta tese procuramos responder as seguintes questões norteadoras:

- a) – Como realizar uma investigação em um ambiente escolar de tal forma que permita o desenvolvimento de uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem que atenda aos interesses dos diferentes atores da pesquisa?
- b) – O que fazer para construir uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem inserida teoricamente no ensino de ciências por investigação que tenha a especificidade de desenvolver-se habilidades cognitivas importantes para o contexto escolar; em especial: o pensamento abstrato?
- c) – Qual seria a melhor maneira de aplicar-se a proposta metodológica juntamente aos alunos do ensino médio dos cursos integrados do Instituto Federal do Amazonas?
- d) – De que instrumentos deve-se utilizar para avaliar esta proposta metodológica a fim de obter-se evidências empíricas de sua eficácia em atender o objetivo da pesquisa?

A fim de atendermos a estas questões norteadoras e de comprovarmos a tese defendida ou, ao menos, obtermos indícios para defendê-la; desenvolvemos uma pesquisa qualitativa do tipo pesquisa ação-participante onde os atores da pesquisa foram os alunos do ensino médio integrado dos cursos de química e informática e três professores do ensino médio integrado; todos do Instituto Federal do Amazonas — Campus Manaus Centro. A física foi a disciplina curricular em que fizeram-se as observações ao longo do ano de 2017.

Esta trabalho desenvolve-se da seguinte maneira; no Capítulo 1 encontra-se o estado da arte que encerra o escopo temático deste trabalho; os Capítulos 2 e 3 correspondem ao referencial teórico que fundamentou esta pesquisa de doutoramento; no Capítulo 4 temos a descrição do percurso metodológico que foi empregado, e, em sequência temos as análises e discussão de resultados, no Capítulo 5. Finalmente, encerra-se a tese com a conclusão.

1 Um estado da arte sobre o ensino de ciências por investigação

1.1 Considerações gerais

Com o objetivo de se caracterizar o ensino de ciências por investigação, no Brasil, apresentamos, neste Capítulo, um estado da arte sobre o tema. Tal descrição e análise se deu, ora em seus aspectos gerais, ora individuais. O primeiro quando buscamos pelo significado do ensino por investigação nas suas diferentes acepções; o segundo, quando delimitamo-lo em categorias como será exposto mais adiante.

Ressaltamos que todo estado da arte é uma pesquisa por si mesmo. Assim, este capítulo, que ainda compõe a base teórica desta tese se difere dos demais, pois apresenta uma metodologia e uma análise diversa daquela que se encontra no Capítulo 4, a saber: o *Percurso Metodológico* da tese. Apesar disto, optamos em não escrever este Capítulo em formato de artigo, pois isto o destoaria dos demais.

Deve-se ter em conta, como já antecipamos, que o estado da arte é, apenas, uma das tarefas da pesquisa, pois ajuda a fortalecer a justificativa do trabalho, mostrar envolvimento em profundidade com o tema da tese, e, sobretudo, delimitar o objeto de investigação. Com efeito, os achados que aqui se apresentam não irão compor a seção de resultados da tese; antes servirão para fundamentação teórica da mesma.

Os comentários acima servem para advertir, a quem passa interessar, que neste Capítulo expressamos nossa opinião sobre o ensino das ciências e das atividades investigativas em geral; opinião esta que adveio das inúmeras leituras diuturnas, da conversa com nossos colegas de ofício e, das observações corriqueiras e sistemáticas dos locais em que trabalhamos. Porém, a opinião, o juízo, é crítico. E o é em um grau que não vemos nos demais capítulos do referencial teórico.

No que diz respeito a elaboração de um estado da arte, sabe-se que para tal empresa, há de se fazer recortes e concessões no tempo e no material bibliográfico analisado, de modo a obtermos alguma ideia de ordem para bem caracterizar aquilo de que se pretende escrever. Tão logo, portanto, apresentamos os recortes em que este estado da arte foi concebido; quais sejam:

- a) – Todo levantamento bibliográfico adveio de periódicos *nacionais* especializados em educação e ensino de ciências e/ou das ciências. Não utilizamos periódicos internacionais porque nossa intenção aqui é bem caracterizar o ensino por investigação no Brasil;
- b) – Diferentemente das demais pesquisas de estado da arte — como se vê, por exemplo, em Santana e Franzolin (2016), — não utilizamos teses pois entendemos que este tipo de trabalho tem curto alcance de influência — são documentos pouco lidos.

Portanto, o material bibliográfico consistiu em artigos publicados em periódicos importantes; uma vez que estes, de certo modo, cancelam a qualidade científica dos trabalhos publicados.

- c) – Quais periódicos foram utilizados? Segue-se em ordem aleatória os periódicos: Revista Brasileira do Ensino de Física (RBEF); Caderno Brasileiro do Ensino de Física (CBEF); Investigações em Ensino de Ciências (IENCI); Experiências em Ensino de Ciências (EENCI), Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC); Revista Brasileira de Educação em Ciências e Tecnologia (RBECT); Revista Química Nova na Escola (Qnesc); e Revista Ensaio.
- d) – Como será exposto na seção 2.3, o ensino de ciências por investigação é um termo polissêmico e que atende por diferentes nomes. Portanto, em uma primeira aproximação, tomamos em conta algumas designações ou termos que, de acordo com a experiência que adquirimos ao longo do desenvolvimento do trabalho de doutoramento, percebemos que podem ser tomadas como sinônimos sem que haja prejuízo algum de classificação e/ou de interpretação; quais sejam: *ensino por investigação, atividades investigativas, questões abertas, laboratório aberto, laboratório investigativo, experimentos investigativos, problemas mal estruturados e problemas abertos*.
- e) – É de nosso conhecimento que alguns outros termos consagrados na literatura podem, também, ser sinônimos de ensino por investigação. Portanto em uma segunda aproximação procuramos por: *aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem por projetos, ensino por descoberta* e, atualmente, *alfabetização científica*.

Desta busca em segunda aproximação resultou que: (i) em vez de delimitar o escopo da pesquisa, na verdade, lhe ampliava; (ii) a *alfabetização científica* concentrava-se, quase que na totalidade dos artigos analisados, a estudar a argumentação dos alunos ao longo ou após a execução das atividades práticas investigativas. E como se viu na Introdução deste trabalho a habilidade em que pomos o relevo não é a argumentação, mas sim o *pensamento abstrato*.

Assim, rejeitamos os resultados das pesquisas em segunda aproximação, pois ficou evidente que, uma vez autorizadas a compor a bibliografia deste estado da arte, afastaria o objeto desta tese para um contexto, que embora interessante, seria inapropriado.

- f) – Finalmente o intervalo de tempo em que se fez a busca pelos artigos foi de 2005 até o mês de agosto de 2018.

Diante das considerações suprarreferidas delimitamos então o contexto em que este estado da arte foi escrito e em que contexto deve ser apreciado.

Uma vez mais: este Capítulo tem o objetivo de caracterizar/descrever em que estado encontra-se as pesquisas em educação e ensino de ciências no Brasil que se utilizam do ensino de ciências por investigação; em especial da utilização de suas diferentes metodologias de ensino-aprendizagem. Cremos que pode-se caracterizar esta abordagem teórica respondendo as seguintes perguntas:

- a) – Qual é a base epistemológica empregada com maior frequência nas atividades investigativas no contexto escolar?
- b) – Qual é o modelo de ensino que mais se adéqua aos pressupostos do ensino por investigação?
- c) – Qual metodologia de ensino-aprendizagem é a mais utilizada por esta abordagem?
- d) – As atividades investigativas são realmente eficientes?
- e) – Com que objetivo se usa o ensino por investigação nas escolas?
- f) – Que é ensino por investigação?

Evidentemente, que a respostas a estas questões devem estar contidas nos limites estabelecidos por este estado da arte. Mas, vejamos que estas questões são suficientes para oferecermos um possível panorama para o ensino por investigação; pois de a) e e) infere-se o papel que os pesquisadores atribuem ao professor e ao aluno quando da realização das atividades investigativas; de b) e c) constata-se, ou não, se o ensino-aprendizagem de ciências ainda é fortemente correlacionado com as atividades práticas-experimentais; de d) especula-se, se vale a pena ou não, investir no ensino destas metodologias em programas de formação de professores; e f) podemos oferecer uma visão pessoal sobre esta abordagem de ensino.

Da busca nos periódicos supracitados pelos termos sinônimos de ensino de ciências por investigação resultou em $n = 38$ (trinta e oito) artigos como dispostos na Tabela 1.

A partir de agora, passamos então a enunciar como foi realizada a imersão nos dados fazendo os devidos esclarecimentos sobre como emergiu as categorias e os códigos nas quais lhes inserimos.

1.2 Categorias, significados e críticas

Almeja-se por meio da codificação o ganho uma visão panorâmica, que exprima a visão de um todo aproximado, de uma permanência, que caracterize as pesquisas sobre o ensino por investigação no Brasil, bem como da base epistemológica empregada pelos pesquisadores, pois disto podemos apreciar mais acuradamente qual o papel que se lhes atribuem ao ensino por investigação no processo de ensino-aprendizagem e, em adição, como os pesquisadores e teóricos da educação posicionam o professor neste processo.

Com efeito, suficiente foi que se fizesse as análises, apenas, no primeiro e segundo nível de codificação. Para tanto, seguimos as orientações do manual de metodologia de Sampieri et al (2013), dos artigos de Santana e Franzolin (2016), de Oliveira et al (2017) e, sobretudo, na dica de Kathy Charmaz quando diz:

A codificação inicial deve se fixar rigorosamente nos dados. Experimente observar as **ações em cada segmento de dados** em vez de aplicar categorias preexistentes aos dados. Tente codificar com **palavras que reflitam a ação**. Em um primeiro momento, pode parecer estranho invocar uma **linguagem relativa à ação** e não relativa aos tópicos. (CHARMAZ, 2009: 74)

Tabela 1 – Número de artigos por periódicos.

Periódicos	Qualis	Quantidade de artigos
Ensaio	A2	3
RBEF	A1	2
RBPEC	A2	1
IENCI	A2	9
CBEF	B1	4
QNESC	B1	6
RBECT	B2	3
EENCI	B2	10
Total		38

Fonte: Campos (2018).

Portanto a ação — aquilo que os autores se propuseram a fazer — foi determinante para categorizar e codificar os artigos. Para o primeiro nível de codificação dos dados cumpriu-se, inicialmente, a seguinte tarefa de definir as unidades de análise (ou segmentos constantes de análise) para que dela extraíssemos as categorias e códigos confrontando-as e observando-se suas semelhanças e diferenças em atenção à Sampieri et al. (2013).

Para a unidade de análise escolhemos os *resumos*. Quando este segmento não foi suficiente usamos os *objetivos* e as *conclusões* dos artigos. Há de se supor que pela própria natureza de um artigo científico, não seria necessário mais que uma unidade de análise; infelizmente, claro ficou, que nem sempre os resumos caracterizaram adequadamente os artigos, isto querendo significar-se que não havia, em alguns casos, uma correspondência direta entre os diferentes segmentos de análise para o mesmo artigo.

Em um segundo nível de codificação, confrontamos as diferentes categorias procurando por semelhanças e diferenças entre elas para que fosse possível alocá-las em categorias mais amplas. O resultado disto encontra-se na Tabela 2.

Após extensiva releitura dos *resumos* dos artigos, e dos demais segmentos quando necessário, emergiu 4 (quatro) categorias e códigos; quais sejam: atribuir sentido, desenvolver habilidades, aprender pela pesquisa e diversos. Por simplicidade indicamos cada categoria por um código numérico partindo de 1 (um) até 4 (quatro).

Cabe agora cumprir a segunda tarefa da codificação que é dar significado para cada uma das categorias emergentes na Tabela 2 para que façamos as críticas cabíveis expressando nosso posicionamento.

1.2.1 Atribuindo sentido

Todos os artigos que compõem esta categoria contém pesquisas cujo o objetivo consistiu em avaliar, entre estudantes dos diferentes níveis, indo do fundamental a pós-graduação, que sentido se lhes atribuem

Tabela 2 – Artigos e periódicos por categorias e códigos.

Códigos	Categorias	Quantidade	Referências
1	Atribuindo sentido	4	Trópia e Caldera (2009) – RBECT de Sá et al (2011) – IENCI Morais et al. (2014) – EENCI de Moura e da Cunha (2018) – EENCI
2	Desenvolvendo habilidades	17	Fraiha et al. (2018) – RBEF Lorenzon e da Silva (2018) – RBECT Ferraz e Sasseron (2017) – IENCI Silva e Trivelato (2017) – IENCI Sperandio et al. (2017) – EENCI de Almeida et al. (2016) – IENCI do Carmo e Carvalho (2014) – CBEF de Souza et al. (2014) – QNESC Pereira (2013) – IENCI Zômpero et al. (2013) – EENCI do Carmo e Carvalho (2012) – IENCI Vasconcelos et al. (2012) – IENCI Ferreira et al. (2010) – QNESC Kasseboehmer e Ferreira (2010) – QNESC Bossler et al. (2009) – ENSAIO Suart e Marcondes (2009) – QNESC Suart e Marcondes (2008) – RBPEC
3	Aprendendo pela pesquisa	11	Assai e Follmann (2017) – EENCI Benedicto (2017) – EENCI de Mendonça e Zanon (2017) – EENCI Moreira e de Souza (2016) – EENCI Belmont et al. (2016) – EENCI Sousa et al. (2015) – CBEF Coswosk e Giusta (2015) – IENCI Souto et al. (2015) – EENCI Cruz et al. (2014) – QNESC Zômpero e Laburú (2012) – IENCI Fragal et al. (2011) – QNESC
4	Miscelânea	7	Oliveira e Veit (2017) – RBEF Sebastiany et al. (2015) – RBECT Senra e Braga (2014) CBEF Solino e Gehlen (2014) – IENCI Zômpero e Laburú (2011) – ENSAIO Trópia (2011) – ENSAIO Coelho et al. (2010) – CBEF
***	Total	38	****

Fonte: Campos (2018).

ao ensino de ciências por investigação.

Particularmente, há um único artigo, que avaliou como a atividade investigativa contribuiu para modificar a visão estereotipada do cientista feita pelos estudantes do ensino fundamental (de Moura; de Souza, 2018). Segundo estes autores, a medida que se avançava com as atividades investigativas, a concepção dos alunos modificavam-se gradativamente.

Identificamos pela análise dos artigos encerrados nesta primeira categoria, que o ensino de ciências por investigação ainda é desconhecido para alguns professores e formandos dos cursos de licenciatura; fato este comprovado por Moraes et al. (2009). Isto já justifica e legitima tal tipo pesquisa que inere a esta categoria.

Em de Sá et al. (2009) há o relato de que mesmo diante de um pequeno grupo de alunos de um curso de pós-graduação em ensino de ciências, não se consegue chegar a um consenso sobre o significado que o termo atividade investigativa deve receber no contexto escolar sem que haja uma intensa negociação entre os pares (de SÁ et al., 2009).

Ao menos em um primeiro momento, esta polissemia devido à vinculação da palavra *investigação* traz consigo uma gama de outros termos; quais sejam: formular hipóteses, observar fenômenos, produzir modelos matemáticos, entre outros. Para tanto, confira-se o Quadro-1 em de Sá et al. (idem: 83) onde ilustra-se muito bem do que falamos aqui.

Entretanto, nisto há de se observar, que os termos expostos neste quadro estão apartados de qualquer relação com a pedagogia; fala-se ali da investigação ao modo do cientista. É daí que identificamos a emergência do seguinte problema: quando falamos de investigação no contexto escolar; falamos de qual ação investigativa em particular? Ou falamos de todas elas indistintamente?

Respondemos: isto depende do objetivo da atividade investigativa realizada no contexto escolar, pois do contrário, não teríamos 4 categorias para classificar as diferentes pesquisas contidas no acervo deste estado da arte.

Nota-se que as atividades investigativas partem da premissa de que é possível ensinar e aprender-se ciências realizando as mesmas tarefas que outrora foram realizadas pelos cientistas (Carvalho et al., 2014). Isto, ao nosso ver, vai ao encontro do exposto por Gaspar (2014), embora este tenha particularizado a discussão para o âmbito do aprendizado por meio do experimento donde voltaremos a falar na subseção 1.2.3. Entretanto, o próprio Gaspar (idem) afirma que esta premissa não se consolidou sendo considerado um dos motivos do fracasso da escola nova ou progressista.

Vejamos: se somos capazes de indicar quais são as inúmeras atividades de investigação praticadas pelo cientista e somos, ainda, capazes de reproduzi-las e ensiná-las, fácil seria resolver os problemas do ensino de ciências; porquanto submetêssemos os alunos a perfazer as mesmas atividades que o cientista que a aprendizagem estaria garantida. Ledo engano.

A contrapartida pedagógica no que concerne a esta questão, encontra-se no fato de que, diante de uma atividade de investigação na escola básica, muda-se a relação professor-aluno; e do aluno para com o conhecimento (TRÓPIA; CALDEIRA, 2009).

Os artigos desta categoria ressaltam que a investigação no contexto escolar exige uma nova postura

do aluno para aquisição de conhecimento; exige-lhe um grau de atividade e ímpeto não inerente ao ensino tradicional — ao menos de acordo com o conhecimento corrente que se tem deste último.

É neste contraponto pedagógico, peculiar às atividades investigativas que reside um problema: com alguma sorte e muito esforço, somos capazes de indicar alguns elementos que inerem ao ensino de ciências por investigação; mas não somos capazes de defini-lo ou conceituá-lo objetivamente; — vide Capítulo 2 — e é, exatamente por este motivo, também, que a modalidade de pesquisas contida nesta categoria é urgente.

Disto temos um entendimento simples e direto: como iremos viabilizar a aprendizagem na escola básica por intermédio das atividades investigativas se não sabemos, sequer, o que isto significa.

Não estamos neste momento apelando gratuitamente para um reducionismo barato; mas sim, porque acreditamos que a polissemia e a pluralidade, sem uma base sólida, dificulta muito o trabalho do professor. Apesar dos esforços que foram dispensados por vários autores (RODRIGUES; BORGES, 2008); não acreditamos de que já existe um consenso sobre o que é o ensino de ciências por investigação; no entanto, sustentamos que já dispomos de um conjunto mínimo de pressupostos que confraternizam uma gama de metodologias que chamamos de atividades investigativas.

Ora; diante das considerações *supra*, defendemos que toda atividade investigativa, uma vez materializada como metodologia de ensino-aprendizagem — pondo a nota naquelas em que aplicar-se-ão na escola básica — independentemente de qual atividade do cientista particularizar-se-á, — já não se configura como uma investigação de *per si*, ou autêntica, — como preferem alguns. Pois ela não será primária nem ao planejamento do professor, e, nem ao conhecimento curricular historicamente consagrado. Faz-se *mister* não se atribuir um elevado nível de autenticidade para as investigações no contexto escolar.

1.2.2 Desenvolvendo habilidades

Delimita-se nesta categoria os trabalhos cujo objetivo foi desenvolver ou verificar a manifestação das habilidades fundamentais para o aprendizado das ciências por meio de situações-problemas/problemas abertos. Do ponto de vista da aprendizagem, o que difere esta categoria das demais é que o interesse dos autores não esteve nas novas aprendizagem ou no simples reforço de conteúdos disciplinares; antes consistiu no desenvolvimento ou verificação de habilidades que podem otimizar o processo de aprendizagem autônoma do aluno que são importantes para a apropriação dos conceitos científicos.

Com o intuito de oferecer uma visão crítica sobre os 17 (dezessete) trabalhos que compõe esta categoria, tomaremos como base os seguintes artigos: Ferreira et al. (2010), Kassebohemer e Ferreira (2010), e, Suart e Marcondes (2008; 2010).

Estes artigos foram escolhidos, pois eles conseguem descrever bem o significado desta categoria e facilitarão o nosso posicionamento futuro sobre o ensino de ciências por investigação; ademais, eles foram

importantes referências para constituição deste trabalho de doutoramento.

Segundo Rocha (2017) a escola contemporânea brasileira ergueu-se sobre as orientações dos seguintes documentos norteadores: a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Todos estes documentos trazem consigo sugestões de que o ensino das ciências não tenha como fim o mero ensinar de conteúdos curriculares; mas que, também, desenvolva as *habilidades* importantes ao aprendizado em ciências.

Na verdade, estes documentos não falam, fundamentalmente de *habilidades*, mas sim de *competências*. Apesar de que todos tenham uma ideia sobre o significado destes termos, no aspecto formal, entretanto, o bom entendimento de ambos não é tão simples assim. De acordo com o site <<https://significados.com.br>> — que é um blog de significados, encontra-se uma definição bastante oportuna e que nos agrada bastante:

Competência e habilidade são dois conceitos que estão relacionados. A **habilidade** é conseguir pôr em prática as teorias e conceitos mentais que foram adquiridos, enquanto a **competência** é mais ampla e consiste na junção e coordenação de conhecimentos, atitudes e **habilidades**.

Estabelecido está que não há como falar de *competência* sem falar de *habilidade* e vice-versa. Este é o ponto onde queríamos chegar, pois temos o reto entendimento de que *habilidade*, precede a *competência*.

Pela experiência direta, vemos que todo sujeito competente tem as *habilidades* recrutadas bem desenvolvidas para aquela *competência* específica. Assim, o sujeito habilidoso nem sempre é competente. O contrário não pode ser verdade. É assim que decidimos ordenar hierarquicamente estes termos.

As *habilidades* podem ser inatas ou adquiridas. E é desta segunda, sobretudo, de que se inere uma parte significativa do trabalho da escola no Brasil, pois diante dos documentos oficiais que norteiam a educação nacional, deve-se por a nota no desenvolvimento de *habilidades* (ROCHA, 2017). No entanto, quais dentre tantas, devem ser desenvolvidas e quais devem ser aprimoradas?

É de nosso entendimento que as *habilidades* que devem ser desenvolvidas na escola são conhecidas de todos; no entanto, não há consenso sobre qual ou quais são as mais importantes ou se existe alguma hierarquia que as metodologias de ensino devem obedecer. Porém, à luz do escopo deste trabalho respondemos:

As habilidades a se desenvolver devem ser àquelas imprescindíveis ao aprendizado em ciências, as do tipo que são recrutadas pela atividade de investigação científica; quais sejam: observar, catalogar, comparar, raciocínio lógico, formular e verificar hipóteses, argumentar, analisar e sintetizar discursos e resultados de observação, dentre outras (SUART; MARCONDES, 2008, 2010).

Toma-se nota de que *nenhum* dos trabalhos catalogados nesta categoria dispuseram-se a avaliar ou desenvolver, mesmo que indiretamente, as habilidades de pensamento como a *imaginação* e a *abstração*.

Defendemos a tese de que ambas são habilidades importantíssimas para o aprendizado das ciências; em especial, da física.

Como já se disse, esta categoria é composta por 17 artigos; quais são os pontos convergentes entre eles?. Respondemos:

- a) – Todos defendem explicitamente que é possível desenvolver habilidades, ou verificar sua manifestação, através de atividades práticas investigativas tendo como orientação pedagógica o construtivismo. Todos os artigos. Sem exceção.
- b) – A maioria destes trabalhos utilizaram-se de atividades experimentais como metodologia de ensino-aprendizagem como o *laboratório aberto* ou investigativo, a saber. Entretanto, Kasseboehmer e Ferreira (2010) desenvolveram a habilidade de formulação de hipóteses por meio de *questões abertas*. Para maiores esclarecimentos sobre estas duas metodologias vide subseção 2.3.2 e subseção 2.3.3.

Ainda sobre a utilização das atividades experimentais, há de se observar que foram utilizadas com diferentes níveis de estruturação. A estruturação denota o grau de liberdade dispensado pelo professor para que os alunos desenvolvam a atividade investigativa (CARVALHO et al; 2014). Assim, uma atividade pouco estruturada permite maior grau de liberdade para o aluno desenvolvê-la; do contrário, temos uma atividade didática muito estruturada.

A crítica que fazemos é que alguns artigos encerrados nesta segunda categoria apresentaram uma metodologia que pareceu bem mais estruturada do que deveria, dado a orientação construtivista destes trabalhos; pois sempre houve, primariamente ao desenvolvimento da atividade, alguma instrução conceitual ou procedimental, feita por parte dos professores-pesquisadores.

Evidentemente que não é tarefa fácil delimitar o construtivismo pedagógico (MASSABNI, 2007). Mas, com efeito, seguramente, esta foi a base pedagógico-epistemológica dos trabalhos contidos nesta categoria. Tal conclusão adveio por duas vias: (i) quando os autores estabelecem objetivamente que o trabalho tem orientação construtivista como em Suart e Marcondes (2008; 2010); (ii) quando da observação de termos que são nativos da educação construtivista; quais sejam: problematização (de SOUZA et al., 2014), desenvolvimento da argumentação (FERRAZ; SASSERON, 2017), proporcionar ao aluno a construção do próprio conhecimento (FERREIRA et al., 2010), entre outros.

Ressaltamos que não temos problemas com atividades didáticas estruturadas, mesmo aquelas muito estruturadas. Defendemos que é, essencialmente, trabalho do professor estruturar as atividades didáticas. E não vemos docência sem intervenção que consiste, exatamente, em estruturar as atividades *a priori*.

Contudo, não há sentido em estruturá-la sem que conheçamos os sujeitos aos quais destinar-se-á esta atividade. Assim como a estruturação é tarefa do professor, o é, também, conhecer a realidade da turma

e as dificuldades de aprendizagem dos alunos (SANTOS, 2013). Portanto, o fim último da estruturação é atender as adversidades enfrentadas pelo professor.

Dispensar *maior* grau de liberdade para o aluno é bem diferente de *não* estruturar atividade didática alguma. A intervenção, mediação ou estruturação do professor, já começa muito antes do contato direto com os alunos em sala de aula.

Quando o professor está preparando sua aula, a transposição didática através de metáforas, analogias, a criação de um contexto comum que encerre, ao menos aproximadamente, a maior parte das vivências dos alunos de uma mesma turma, já é um ato de estruturação. Sem estruturação não há docência, não há atividade didática, pois a didática inere ao professor e a ninguém mais.

Portanto, nos parece claro que o discurso construtivista sucumbiu a realidade objetiva e não se materializou metodologicamente (MASSABNI, idem). Com efeito, é de *praxe* atribuir a má formação de professores como a causa deste fenômeno (POZO; CRESPO, 2009). Não que seja uma inverdade; porém, não deixa de ser injusto!

Nota-se que o construtivismo pedagógico promove um afastamento da autoridade do professor para o aluno (CRATO; 2010) — que agora é tido como *o protagonista; o sujeito ativo, que constrói o próprio conhecimento* (SANTOS, 2013) — todavia, responsabiliza o professor pelo fracasso escolar de uma maneira sutil e velada através da má formação docente. Porém, não responsabiliza o protagonista por este fracasso.

Diante da comprovação do fracasso escolar fazemos a seguinte provocação: para onde foi o protagonista? Há protagonismo sem responsabilidade?

No entanto, munido de uma visão mais prática, concordamos com Massabni (2007), Crato (2010), de Souza e Valente (2014) e com Haase et al. (2015) ao dizerem que não dá para sermos construtivistas sempre.

Como dito em Haase et al. (idem): a grande sobrecarga cognitiva que pode acometer-se aos alunos novinhos é consequência de um ensino pouco estruturado. E é fato que a redução da sobrecarga cognitiva faz-se as custas da estruturação, da mediação quando do contato direto com o aluno; guiando a aprendizagem (GAUTHIER et al., 2014; WILLINGHAM, 2011). Isto é didática!

Becker (2002, 2010) apresenta uma série de argumentações com o fim de delimitar, mais claramente possível, a diferença entre o construtivismo e o apriorismo (inatismo) — vide seção 2.3 para melhor compreensão do que são ambos.

Becker (idem), não sem razão, lançou-se nesta empresa, pois é comum confundir-se um com o outro; embora o construtivismo seja, em alguma medida, inatista; o contrário não é verdade. Ora; então há de notar-se que a oposição entre construtivismo e inatismo é meramente artificial (CASTAÑON; 2007).

Vimos nesta seção que a base epistemológica dos artigos encerrados nesta segunda categoria encontram-se ancorados no construtivismo. Que por seu turno embasou um modelo dialogal de ensino (SANTOS, 2013). Não detectamos artigo algum com base apriorista — muito embora, ao menos em tese, alguns artigos apresentaram algum esforço para estruturar o mínimo possível as atividades investigativas submetendo os alunos, de certo modo, a alguma pedagogia da redescoberta como foi estabelecido por Gaspar (2014).

E finalizamos dizendo que, pessoalmente, vemos que o grande mérito dos trabalhos contidos nesta categoria, mesmo para aqueles que prestaram-se a, apenas, verificar a manifestação de habilidades cognitivas durante o ato de investigação, como em Suart e Marcondes (2008, 2010); foi o de aplicar e consagrar metodologias que, a partir de então, poderiam ser utilizadas em prol do desenvolvimento de habilidades de investigação no contexto escolar.

Isto é, de fato, um grande presente deixado por estes autores, pois diante da natureza da educação brasileira, que em sua maior parcela, vive e alimenta-se de especulação teórica, estes autores estão enfrentando a realidade difícil das escolas, das salas de aula, para investigar, propor, refinar, e consagrar metodologias de ensino-aprendizagem.

É mesmo impossível melhorar a qualidade da educação sem que nos detemos em catalogar quais são as metodologias de ensino-aprendizagem que realmente funcionam.

1.2.3 Aprendendo pela pesquisa

Encontram-se nesta categoria os trabalhos que se utilizaram de alguma metodologia pertencente ao escopo do ensino de ciência por investigação para melhorar a aprendizagem nas ciências — em especial para aprendizagem de conceitos científicos através de atividades experimentais.

Diferente da categoria anterior, os trabalhos encerrados aqui, não preocupam-se com as habilidades que poderiam ser desenvolvidas ao longo do processo de aprendizagem. Aqui, mais do que em qualquer outra das 4 (quatro) categorias, vemos a abordagem do ensino de ciências por investigação como um referencial teórico-metodológico embasando as sequências de ensino investigativas (SEI's) ou ciclos de atividades investigativas com o fim de promover a aprendizagem conceitual em ciências.

Os artigos que encontram-se agrupados aqui apresentam os seguintes pontos de convergência:

- a) – O experimento investigativo ou laboratório aberto foi a metodologia do ensino por investigação mais utilizada. O emprego de tal metodologia se fez as custas de uma crítica ao laboratório didático tradicional (subseção 2.3.2) que não permite que o aluno seja um ente *ativo* na construção/reconstrução do seu próprio conhecimento;
- b) – Todos os autores comunicaram que houve o desenvolvimento/manifestação das habilidades inerentes a investigação, dentre elas: a formulação de hipóteses e argumentação, por exemplo.

Porém, como foi dito, esta não é a especificidade primária dos trabalhos aqui contidos;

- c) – Outros dois resultados obtidos e que encontram-se bem documentados foram: (i) a verificação do interesse dos alunos em participarem da atividade de investigação; e (ii) o acréscimo da autonomia do alunado para a aquisição de conhecimento.

Estes três itens capturam bem o que há de permanente entre os 11 trabalhos pertencentes a esta categoria.

Segundo Carvalho et al. (2014) toda atividade de investigação inserida no contexto escolar deve ser precedida por uma contextualização de modo a tornar a situação-problema real e significativa para os alunos. O fim da contextualização, no âmbito da pedagogia, é reduzir o nível de abstração dos construtos ou entidades de que as ciências se utilizam.

Willingham (2011) acrescenta que a contextualização deve perfazer-se as custas de exemplos *familiars* aos alunos. Em verdade, o que se espera é que a contextualização concretize o imagético.

Em sua dimensão cognitiva a contextualização tem o mérito de reduzir a sobrecarga cognitiva possibilitando que os alunos sejam capazes de trabalharem na solução de problemas, especialmente, em problemas abertos, sem que o conjunto de conhecimentos factuais necessários para resolvê-los, ainda não lhes foram devidamente apresentados pelo professor (CARVALHO et al., 2015; HAASE et al., 2015).

Cruz et al. (2014) foram muito criativos em relação ao contexto que se utilizaram para o desenvolvimento da atividade investigativa com alunos do 9º do ensino fundamental¹. Os autores submeteram esta turma a uma situação-problema típica da ciência forense. Eles transformaram os alunos em C.S.I.'s como na série de televisão².

Reproduzimos *infra* o texto de apresentação da situação-problema feita por Cruz et al. (idem: 169):

Ao receber uma joia de presente, Erika decidiu guardá-la em seu cofre escondido no seu quarto, atrás de um quadro de parede. Na noite seguinte, quando ela chegou de um jantar, encontrou a porta do seu quarto aberta. O estado da porta indicava que ela havia sido arrombada. No quarto, havia manchas vermelhas espalhadas pelo chão, sugerindo que, enquanto arrombava, a pessoa poderia ter se ferido. O quadro que camuflava o esconderijo do cofre estava no chão e o cofre estava aberto, indicando que algo havia sido roubado e que o autor sabia exatamente a localização do objeto. Ao olhar no cofre, Erika observou que seu colar não mais se encontrava entre os pertences que lá estavam, concluindo que este fora roubado. Por ter passado o dia fora, Erika lembrou que apenas o motorista, a governanta e o cozinheiro estavam na casa no momento do roubo. Assim, os investigadores decidiram submeter o local a uma análise pericial em busca de provas, e os principais suspeitos foram submetidos a um teste de DNA.

Com efeito, a metodologia empregada pelos autores *supra* foi estruturada de tal sorte a se evitar a

¹ Apesar da crítica este foi um dos trabalhos mais inspiradores de ler, portanto a crítica tem o caráter construtivo

² C.S.I. é a abreviação inglesa para Crime Scene Investigation.

sobrecarga cognitiva (HAASE et al., 2015). Deduzimos isto do fato de que o primeiro estágio da metodologia foram aulas teórica-expositivas-dialogadas que tiveram o propósito de informar as técnicas forenses de teste de DNA e de identificação de digitais, que seriam utilizadas pelos alunos diante da investigação. Após esta etapa de aquisição e esclarecimento de conhecimentos factuais é que passou-se para a atividade experimental; que também teve caráter lúdico.

Cruz et al. (idem: 171) afirmam que atividade investigativa feita de forma lúdica torna o aprendizado menos *abstrato*, ou formal, e mais relevante para o aluno.

Agora, diante das considerações dispensadas, estamos prontos para lançar a seguinte crítica sintetizada pela seguinte questão: até que ponto é mandatório que a contextualização apoie-se em situações reais, familiares, do cotidiano vivencial dos alunos?

Respondemos: Ao que parece depende do nível cognitivo dos alunos.

Ficamos imaginando como deve ser emocionante e empolgante para o aluno sair de casa para assistir uma aula de química e retornar da escola com a sensação de satisfação de ter trabalho como um perito criminal como em Cruz et al. (idem).

Todavia, não há como deixar de se perguntar: qual o grau de vivência de um aluno do 9º do ensino fundamental sobre perícia criminal? Provavelmente nenhuma! E não é difícil de imaginar que o professor, mesmo que químico de formação, poderá não ter vivido algo do tipo.

Assim, pensamos que os termos *vivencial* e *familiar* não trazem consigo, obrigatoriamente, que tais experiências de vida sejam *reais* — no sentido de que esta foi capturada por meio da *intuição*. Antes de prosseguirmos cumpre estabelecer, precisamente, o significado de intuição que divide-se entre *sensível* e *intelectual* (ALVES, 2011).

A palavra intuição vem do latim *intus ire* — *de ir (vir) para dentro*. Logo o conhecimento intuitivo é aquele que tomamos os fatos diretamente para si no momento em que acontecem, sem necessidade de complexos raciocínios (SANTOS, 2015: 52).

Uma vez estabelecido que é intuição, estamos prontos para expor o que é a intuição sensível. Esta representa o conhecimento imediato do objeto pelo sujeito através de sua aparelhagem sensorial; ao passo que com a intuição intelectual apreende-se a essência universal dos objetos pelo pensamento (ALVES, idem: 309).

Pensa-se, diante destas definições, que apenas a primeira inere à contextualização no âmbito escolar, e que a segunda deve ser evitada. Contudo, se assim o fosse, de fato, Cruz et al (idem) — e outros como: Belmont et al. (2016), Moreira e de Souza (2016), e, Assai e Follmann (2017), todos pertencentes a esta categoria — não haveriam de ter sucesso em suas metodologias; pois eles se valeram de contextos não

vivenciados diretamente pelos alunos e, no entanto, todos afirmaram que os alunos mantiveram-se muito motivados e que conseguiram construir ou reconstruir os conhecimentos científicos relativos às áreas de conhecimento em que se deu cada artigo.

Então, de acordo com as considerações anteriores sobre a intuição, defendemos que quando o aluno tem sucesso em resolver uma situação-problema por meio de alguma atividade investigativa, mesmo diante de uma contextualização imbricada de situações não vivenciadas, certamente, ele utilizou de sua intuição intelectual; pois do contrário, ele não teria superado a sobrecarga cognitiva.

E ainda das considerações suprarreferidas, percebemos que o aluno detentor de habilidades de pensamento bem desenvolvidas; quais sejam: imaginação e pensamento abstrato; não espera que a contextualização lhe ponha frente a situações que lhe seja real, advindas da experiência direta e sensorial.

Do contrário, quando o aluno não tem habilidades do pensamento bem desenvolvidas, em vez da contextualização promover o desafoço cognitivo esperado no alunado, com o fim de materializar a abstração inerente aos objetos e teorias científicas através de exemplos lhe seja familiar, é ela mesma que prejudica o bom andamento da atividade didática.

Portanto, em suma, nos sentimos em condições de oferecer uma possível explicação sobre como os alunos do 9º do ensino fundamental tiveram sucesso em desenvolver uma atividade de laboratório aberto diante de um contexto de ciência forense; mesmo que não tivessem vivência alguma sobre este tipo de ambiente como visto em Cruz et al.(idem). Veja a argumentação seguinte:

Eles (os alunos), muito provavelmente, já tinham o conhecimento da profissão de perito forense por meio de telejornais, jornais escritos, livros e as séries de televisão sobre o tema. Ou seja, este conhecimento adveio, como já foi dito, pelo uso da *intuição intelectual*.

Sustentamos que a medida que os alunos vão evoluindo nas séries escolares, a contextualização deve ser menos ancorada à situações imediatamente vivenciais, particulares, e devem afastarem-se, paulatinamente, para situações mais elaboradas e mais distantes da realidade dos alunos. Este exercício vai ao encontro da típica atividade científica que é lidar com o *Universal* e não com situações individuais adquiridas por intermédio do contexto (ALVES, 2011; REALE, 2002).

Finalizamos esta seção levantando esta última questão: o que é mais imperativo para a contextualização no âmbito escolar, ancorá-la a situações do cotidiano vivencial do aluno ou em situações espetaculares, porém distantes do seu cotidiano?

Nota-se antes de prosseguirmos que etimologicamente, de acordo com o site: <<https://dicio.com.br>>; a palavra espetáculo deriva do latim *spectaculum* que significa: *vista, algo para se observar* e que está ligada a palavra *specere* que significa *ver*. Contudo, em seu sentido usual ou coloquial, espetáculo significa *aquilo que seduz através da beleza, pela grandiosidade; algo magnífico*.

A palavra espetacular no uso coloquial aproxima-se mais daquilo que queremos nos fazer entender. Deste modo, um contexto espetacular primário às atividades investigativas deve utilizar-se de exemplos magníficos; assim como Cruz et al. (2014) o fizeram através da prática forense.

Definimos que o *contexto espetacular* denota uma situação magnífica, fora do comum, a ponto mesmo de que sejamos incapazes de concebê-la através da *intuição sensível*. Faz-se, apenas, pela *intuição intelectual*.

Refletindo sobre a nossa prática docente concluímos que o contexto espetacular ou magnífico agrega grande valor didático-pedagógico; pois possibilita prender a atenção dos alunos, aguçar-lhes a curiosidade, traduzindo-se, posteriormente, em engajamento ou interesse. Disto abre-se então a possibilidade para uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

Acreditamos que o contexto magnífico também faz emergir no âmago do sujeito o sentimento de que estamos fazendo algo distinto, especial. A profissão de perícia forense é bastante distinta; não comum. Dela podemos ver o poder da ciência positiva, contemplar seu poder de previsão; e apreciar seu poder de precisão. É a ciência ajudando a desvendar crimes que aparentemente não tem solução. A perícia forense, ao seu modo, coroa a maturidade do pensamento hipotético-dedutivo. Torná-la acessível aos alunos do ensino fundamental é um grande feito pelo professor indicando um grande preparo intelectual de sua parte; para o aluno, deve ser uma experiência única marcando positivamente a sua vida escolar.

Como pudemos ver, nesta categoria nos detivemos a especular, dando especial atenção ao papel do contexto para o desenvolvimento das atividades investigativas; e para tanto, tomamos o artigo de Cruz et al. (2014) como exemplo.

A utilização do contexto, e em grande parte de um contexto criativo, foi comum nas atividades investigativas em química e biologia; mas em física, como podemos ver, por exemplo, em Souza et al. (2010), os autores nem sequer utilizaram-se de um contexto. Em nossa opinião a ausência do contexto descaracteriza a atividade investigativa no contexto escolar como dito por Carvalho et al. (2014).

1.2.4 Diversos

Nesta categoria estão agrupados aqueles artigos em que: ora, tem-se o aspecto histórico do ensino de ciências por investigação; ora, tentam conformar os pressupostos desta abordagem com as demais existentes e; ora, fizeram uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto. Não tem-se pontos de convergências nestes artigos no que inere a ação (objetivos) dos autores; vamos, ao menos, descrevê-los em linhas gerais.

Os artigos de Trópia (2011) e Zômpero e Laburú (2011) apresentam o desenvolvimento histórico do ensino por investigação desde sua origem documentada, no início da primeira metade do século XX; apresentam os motivos pelos quais esta abordagem emergiu e; como o sentido que se lhes atribuíram inici-

almente ao ensino por investigação foi-se modificando de acordo com cada reforma educacional ocorrida desde aquele século.

Os artigos *supra* ressaltaram a importância do filósofo norte-americano John Dewey para o estabelecimento do ensino de ciências nas escolas; para as reformas curriculares no sistema educacional americano e, conseqüentemente, para o estabelecimento do ensino por investigação como uma tendência educacional.

Podemos até mesmo especular com alguma segurança que Dewey foi uma figura fundamental para a construção da tese de que o ensino de ciências deveria ocupar-se de problemas reais que afligem a sociedade e que os alunos deveriam ser incentivados a proporem soluções para estes problemas. Com isto evitar-se-ia que o estudo das ciências fosse apenas formal; como mera atividade do pensamento.

Oliveira e Veit (2017) escreveram um belo trabalho de revisão da literatura; mas que em nossa opinião bem que poderia ser um estado da arte. Especificamente, estes autores perfizeram a tarefa hercúlea de caracterizar o termo *problemas abertos* no ensino de física através de inúmeras referências bibliográficas nacionais e internacionais.

Um resultado interessante de Oliveira e Veit (*idem*) foi que as metodologias empregadas para o ensino de física, no que concerne aos problemas abertos, *não fundamentam-se em teorias de aprendizagem; mas em tentativa e erro*; e como já era de se esperar, os autores não detectaram convergência na definição do termo *problemas abertos*.

A fim de ilustrarmos o primeiro resultado citado na alínea *supra*, veja-se o artigo de Senra e Braga (2014) contido nesta categoria.

Senra e Braga (*idem*) não delimitam o problema de investigação que o artigo se dispõe a resolver. Na verdade o artigo faz muitas coisas e não estreita objetivamente a relação entre elas. Os autores não conseguiram ordenar bem os conhecimentos contidos no trabalho e não ofereceram uma ideia de unidade.

Consta no resumo do artigo que seu objetivo era investigar as reflexões dos alunos quando diante da execução de um projeto de pesquisa; reflexões estas sobre a natureza da atividade científica e da tecnologia. Mas este objetivo não foi atingido.

Pensamos que o problema esteve no âmbito pedagógico; indo deste modo, ao encontro do que Oliveira e Veit (*idem*) constataram em sua pesquisa. Nenhuma teoria de aprendizagem foi recrutada para que Senra e Braga (2014) verificassem a eficiência da extensa metodologia empregada de modo a observar-se se a reflexão surtiu o efeito desejado.

A visão pessoal que temos do trabalho de Senra e Braga (*idem*) é que os autores gostariam de discutir e refletir sobre temas controversos; não consensuais (CHEVALLARD, 1991) — como os temas ambientais que estavam contidos no trabalho — e inseri-los no ensino de física. Isto foi feito pelos autores;

mas como atividade investigativa isto não ficou bem caracterizada.

A exceção de do Carmo e Carvalho (2012, 2014); podemos concluir com segurança, que diante do acervo analisado, a proposição das atividades investigativas na física estão descaracterizadas de suas diretrizes. Os autores não propõem problemas abertos contextualizados — por mais triviais que sejam — e não recrutam nenhuma teoria de aprendizagem.

O trabalho de Sebastiany et al. (2015), em biologia, utilizou-se de uma temática magnífica; qual seja: a ciência forense — na mesma acepção utilizada na discussão da categoria anterior pelos autores Cruz et al. (2014). O objetivo do trabalho de Sebastiany et al. (idem) foi de investigar, através de um curso de extensão, o que leva o sujeito a se inscrever num projeto de natureza científica e o que esperam aprender sobre o tema proposto. Os autores foram muito habilidosos na construção do contexto que incluiu um aspecto ambiental bem interessante.

Finalmente, Coelho et al. (2010) e Solino e Gehlen (2015), são os dois últimos trabalhos que compõe esta quarta categoria. O primeiro é relativo a formação de professores; o segundo, encontrou pontos de convergência entre a abordagem temática freiriana com as diretrizes do ensino por investigação.

De Solino e Gehlen (idem), se apartarmos o aspecto político dos trabalhos de Paulo Freire, é de se esperar que tenhamos muitos pontos de convergência entre seus trabalhos e as diretrizes do ensino por investigação. Afinal, o ensino por investigação tem como principal base epistêmica-pedagógica o sócio-construtivismo. Que é, por seu turno, a exceção do marxismo, os mesmos alicerces do discurso pedagógico proferido por Freire. É isso que as autoras mostram objetivamente analisando e sintetizando as concepções de objeto do conhecimento e de sujeito do conhecimento, diante das duas abordagens.

1.3 Um possível panorama sobre o ensino por investigação no Brasil

Nesta seção final faz-se um apanhado geral das considerações e críticas que este estado da arte nos permite fazer; sobretudo, em atenção as questões norteadoras que fizemos na seção 1.1.

Da Tabela 2 vemos que nos últimos 12 anos a maioria das pesquisas em educação e ensino de ciências que se utilizam da abordagem didática do ensino por investigação, tiveram, em primeiro lugar, o objetivo de utilizá-lo para desenvolver-se habilidades, em especial aquelas importantes para a atividade científica; e em segundo lugar, de desenvolver metodologias criativas de atividades investigativas que favoreçam a aprendizagem conceitual em ciências, seja em física, química, biologia; na graduação ou ensino médio; ou de ciências no ensino fundamental — categorias 2 e 3, respectivamente.

O que é de *suma* importância para este trabalho é a constatação de que o *pensamento abstrato* não foi estudado nem uma única vez nestes 38 trabalhos que compuseram este estado da arte; e que *imaginação* foi objeto de investigação uma única vez no trabalho de Trópia e Caldeira (2009) porém em um contexto

não cognitivo.

Disto entendemos que o ensino por investigação vem sendo utilizado ostensivamente para atender a prerrogativa sócio-construtivista de favorecer a autonomia do alunado para aquisição do conhecimento; em especial através de trabalhos práticos realizados em grupos. Já foi dito que isto é fato convergente entre os artigos das categorias 2, 3, e alguns trabalhos das categorias 1 e 4.

Dos 38 artigos que compuseram o acervo utilizado (Tabela 2), 32 utilizaram o experimento — experimento investigativo — como metodologia de ensino-aprendizagem. Alguns já denunciaram este fenômeno chamando-o de *mito* ou crença; como em Bassoli (2014); outros de pedagogia da redescoberta como em Gaspar (idem).

Alguns autores que compartilham que o experimento investigativo ou laboratório aberto é o caminho mais eficiente para ensinar ciências, pois permite uma certa aproximação entre a prática do cientista e a *ação* do aluno.

Deduz-se então que estes autores partidários do experimento defendem que a estruturação, a tutoria e a condução da atividade pelo professor, são impedimentos para aprendizagem em ciências. Não somos simpáticos a esta tese como foi explanado na subseção 1.2.2.

Todas as metodologias foram estruturadas de modo a controlar o andamento das atividades investigativas — ao menos nos trabalhos na Tabela 2. Grosso modo, a diferença cabal entre laboratório aberto e tradicional; é que neste não tem-se abertura para questionamentos e/ou diálogos construtivos, provocadores; momentos para desafiar o alunado através de perguntas instigantes; aquele é o oposto disto.

Neste aspecto, se entendemos que a autonomia intelectual do aluno consiste em meramente minimizar-se a participação do professor ao longo da execução da atividade experimental; o laboratório tradicional é o mais apropriado para tal empresa — o professor entrega um roteiro para a turma vira-se de costas e vai-se embora. Por seu turno, o laboratório aberto exige muita atividade por parte do professor; especialmente, na questão *tempo didático* (2010, 2013, 2014).

Gauthier et al. (2014), no Canadá, demonstra após extensa análise de dados quantitativos, que as metodologias explícitas de ensino são mais eficazes. Hattie (2017) apresenta resultados semelhantes, mas diante de um conjunto de dados maior, coletados em 12 países, que a instrução direta tem eficiência muito superior a instrução pouco guiada pelo professor.

Estes resultados são altamente relevantes; contudo, pouco de fala destes trabalhos; não temos notícias de que estes trabalhos fundamentam as pesquisas em educação e ensino de ciências no Brasil.

Quando contrapomos estas realidades com as realidades dos artigos da Tabela 2; não podemos deixar de notar que a *eficiência* das atividades investigativas não foi avaliado apropriadamente. Embora seja

ponto pacífico entre os artigos analisados que as atividades investigativas foram eficientes; nenhum tomou-a como objeto de investigação.

Com efeito, a eficiência é uma grandeza que carece de quantificação, por sua própria natureza. O que apreendemos da maioria dos trabalhos avaliados, foi que apresentaram indícios de que as atividades investigativas foram eficientes. Dissemos indícios, pois esta constatação adveio das observações livres e participante dos autores. Mas sabemos que estes instrumentos não são suficientes para isto (SAMPIERI et al., 2013).

Nota-se que esta crítica não aplica-se estritamente aos trabalhos de Suart e Marcondes (2008, 2010) pertencentes a categoria 2; mas aplica-se a todos da categoria 3.

O modelo de ensino-aprendizagem vastamente utilizados nos artigos foi o *modelo dialogal*. Inere a este modelo que a aprendizagem é um movimento de dentro para fora do aluno; diferentemente do modelo comportamental que asserta que a aprendizagem é um movimento de fora para dentro do aluno.

Esta nomenclatura foi-se utilizada por Santos (2013); mas, em nossa opinião, do modo como posto pelo autor; o modelo dialogal pareceu ter base epistemológica inatista. Em nossa opinião, o inatismo é completamente desprovido de sentido diante do contexto escolar.

Becker (2010) expõe, claramente, a diferença entre o construtivismo e o inatismo como base epistemológica. Assim, temos no inatismo uma base epistemológica em que tudo está-se concentrado no sujeito.

Aquisição de conhecimento é um processo dialético entre sujeito-objeto. Mas para o inatismo não tem objeto. Por isto que Castañon (2007) denotou o construtivismo radical — de forte base inatista — de construtivismo sem mundo.

Está posto, então, o despropósito de uma metodologia com base inatista para o contexto escolar.

Defendemos que os trabalhos avaliados para compor este estado da arte, na prática, na seara metodológica, não foram inatistas; mas todavia, estruturaram as atividades bem mais do que supunham as diretrizes construtivistas.

Assim, podemos responder que o ensino de ciências por investigação no Brasil, atribui, na prática, — invariavelmente na prática, — um papel *central* ao professor; por mais que, num primeiro momento, possa parecer que ele é um mero facilitador da aprendizagem; um mediador figurante.

Diante de tais consideração *supra* concluímos que é *mister* investir na abordagem didática de ensino de ciências por investigação ao longo do processo e formação de professores; sobretudo, no que inere a implementação destas atividades em sala de aula.

É por o relevo no aspecto prático, pragmático, o fazer acontecer com qualidade; pois entendemos

que deste modo, teremos bem mais condições de melhorar a qualidade da educação e do ensino de ciências no Brasil, do que ainda investir em discursos que já sabemos que não conseguem materializar-se³.

1.4 Ensino por investigação: uma visão pessoal

Entretanto, ainda há uma questão urgente a se responder: *que é ensino por investigação?*

Respondemos:

O ensino por investigação é uma abordagem didática-pedagógica que comporta uma gama de metodologias de ensino-aprendizagem cujo o objetivo é aproximar os estudantes da prática da ciência — do *modus operandi* do cientista (CARVALHO et al., 2014; CHEVALLARD, 1991).

Deste modo, esta abordagem modela as tarefas do trabalho do cientista presumindo-se que: *praticando ciências, aprende-se ciências* (GASPAR, 2014).

Diferentemente da recomendação, em tese, disponível na literatura; é de nosso entendimento que, diante mesmo da modelagem das etapas da produção científica, faz-se *mister* que o professor deve estruturar, com o máximo de objetividade que lhe couber, as atividades de investigação no contexto escolar; haja vista que: (i) modelar é sinônimo de estruturar, hierarquizar; (ii) praticar o trabalho de cientista cabe, em primeira e última instância ao cientista; não ao aprendiz que ainda está recebendo uma educação formal. Assim, sustentamos que é irracional esperar que sem a orientação adequada, o estudante realize as tarefas de um cientista.

As metodologias de ensino-aprendizagem do ensino por investigação, como toda e qualquer metodologia, tem um fim específico, ou mais de um quando for o caso. Há sempre a intencionalidade de ensinar-se conceitos; desenvolver-se habilidades, aprimorar métodos e/ou técnicas de estudo visando a autonomia intelectual. Este, afinal, é o objetivo de todo e qualquer modelo de ensino.

É-se por este motivo que não julgamos prudente fundamentar-se, no apriorismo, as atividades investigativas no contexto escolar. Afinal de contas, a escola corresponde a uma das várias fases da vida social do sujeito; portanto deixá-lo ao sabor do seu temperamento para estudar só aquilo que lhe é significativo, em detrimento daquilo que corresponde as maiores conquistas intelectuais da civilização, tirar conclusões erradas e não poder ser corrigido, esperar-se pelo amadurecimento intelectual sem ser estimulado, esperar que o conhecimento aflore à superfície espontaneamente; tudo isto sem interferência do professor, nos parece muito fora de propósito, — isto para dizermos o mínimo.

Não compactuamos, também, com a ideia de que o ensino por investigação perfaça-se as custas

³ Este resultado, isoladamente, sequer é capaz de mudar a realidade da escola e que esta pesquisa foi realizada; quiçá salvará a educação do Brasil; absolutamente!. No entanto, diante do que concerne ao escopo deste trabalho; esta é a conclusão natural.

de uma *nova* postura por parte do professor; não somos partidários desta ideia. Compartilhar desta visão significa, em nossa opinião, caricaturar e, por que não, até mesmo distorcer o papel do professor que jaz diante da educação clássica. Agora, exige-se, isto sim, um acréscimo de responsabilidade por parte do aluno; diferentemente da instrução direta. Quando dizemos instrução direta não fazemos referência à seus pressupostos, mas sim, ao modo pelo qual se passou a praticar a instrução direta na modernidade (ZAMBONI, 2016; Cap. 1). Inclusive, nisto, vemos o aspecto mais sensível desta abordagem: o engajamento do aluno.

A esta altura imagina-se que, talvez, seja decepcionante não oferecer-se uma resposta, em poucas palavras. Honestamente, não somos capazes de fazê-lo diante da pergunta feita. Contudo, é sempre uma saída inteligente apelar para o caráter abrangente da pergunta como justificativa de não oferecer uma resposta razoável. Mas isto, sobretudo após todo um estado da arte, significaria, tão somente, não enfrentar o problema de frente.

Nossa visão é não conservadora, crítica e prudente; como deve ser uma visão pessoal. Porém, ela tem amparo na realidade.

Essa necessidade de equilibrar-se a *ação* de investigar ao modo do cientista, mas modelada para ajustar-se ao contexto escolar, em atenção as exigências pedagógicas e didáticas, gera uma sensação de vigilância, seguida de temperança, constantemente. Isto faz do ensino por investigação algo sensacional, estimulante e desafiador.

Esta é nossa visão, pessoal, do ensino de ciências por investigação.

2 Ensinar e aprender ciências por investigação

Neste capítulo apresenta-se os elementos teóricos utilizados ao longo desta pesquisa. Inicia-se fazendo breves considerações a respeito de duas realidades que irão compor o referencial teórico desta tese; quais sejam: o ensino por meio da investigação como abordagem didática diferenciada ancorada no cognitivismo; e o papel das metodologias práticas de ensino-aprendizagem com pouca estruturação.

Denota-se por atividades práticas no contexto escolar, aquelas ditas atividades em que o estudante obtém novas aprendizagens por meio do *fazer*, ou da *ação*. Ressalta-se, de início, que as atividades experimentais não representam a única possibilidade de efetuar-se algum trabalho de natureza prática na escola.

Ainda no contexto deste trabalho, as atividades práticas, prestam-se a desenvolver o saber prático — inerentes a procedimentos dos mais diversos, — e que por meio deste, pode-se favorecer a ressignificação de outros saberes, tais como o saber teórico que envolve apenas atividade mental (ADLER, 2014).

Dado que as atividades práticas utilizadas neste trabalho encontram-se inseridas no ensino de ciências por investigação compete-nos, em primeiro plano, apresentar-se alguns aspectos históricos sobre seus diferentes significados, a sua eficiência e importância nas reformas educacionais.

Diante disto, expôs-se qual entendimento particular que fazemos desta abordagem e, no entanto, já assegura-se para quem quer que seja, que este entendimento particular não tem a pretensão de encerrar-se a discussão sobre qual é a atribuição de sentido mais apropriada, pragmática e/ou promissora para o ensino de ciências por investigação; outrossim, para declarar-se, claramente, nossa opinião sobre como as atividades investigativas devem ser conduzidas em sala de aula ou no laboratório didático.

Uma vez cumprido tal empresa, estaremos em condições de expormos nossa visão sobre qual o papel do professor diante das atividades escolares embasadas no ensino de ciências por investigação. Ademais, analisa-se, também, as possíveis bases epistemológicas subjacentes às atividades práticas.

Isto é relevante, pois quase sempre se lhes enquadram dentro de modelos de ensino centrados no aluno tendo no construtivismo a sua base epistemológica; porém, como veremos, esta não é única possibilidade.

Nesta exposição de elementos teóricos denuncia-se as concepções errôneas sobre a base epistemológica na qual a atividade prática é-se frequentemente inserida. Isto traz algumas complicações. O que ocorre é que dependendo da base epistemológica empregada, o professor ocupa diferentes lugares no processo educacional — ora visto como facilitador, ora como mediador da aprendizagem (BECKER, 2002, 2010).

Como tarefa desta pesquisa, estes elementos teóricos servem para mostrar que (i) é possível desen-

volver atividades investigativas em sala de aula quando organizadas em um referencial teórico coerente, e (ii) para delimitar-se, teoricamente, o objeto de investigação desta tese.

2.1 Fragmentos históricos do ensino de ciências por investigação

O ensino por investigação é uma abordagem didática que remonta ao começo do século XX e, desde então, vem sendo utilizada no processo de ensino-aprendizagem das ciências. Ela foi ressignificada diversas vezes ao longo dos anos, seja pelo sistema educacional norte-americano ou europeu devido aos diferentes, seja por forças políticas, econômicas e sociais (TRÓPIA, 2011; RODRIGUES; BORGES, 2008; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Pela análise do acervo bibliográfico que compõe esta pesquisa, observou-se, inicialmente, que estas reformas curriculares no ensino de ciências, desde sua inserção como disciplina curricular até os dias atuais, tiveram seus objetivos oscilando entre, ora fornecer formação científica individual, prezando o desenvolvimento de capacidades intelectuais; ora por uma formação científica que atendesse a coletividade através da resolução de problemas do cotidiano social. Para apreciação mais detida destes aspectos recomenda-se o trabalho de Rodrigues e Borges (2008).

Outro aspecto observado, que é-nós muito caro, foi que estas reformas atribuíram diferentes significados para o termo investigação (*inquiry*) e, em observação a isto, Trópia (2011) traçou um percurso histórico mostrando como estas modificações aconteceram dividindo-as entre aquelas que ocorreram antes e depois da metade do século XX.

Diante desta separação, o autor ressaltou o fato de que antes da metade do século XX, o termo investigação estava associado ao que chamamos hoje em dia, de *ciência neutra*; e que após a metade do século XX, as reformas educacionais tiveram o objetivo de superar esta visão. A designação *neutra* quer significar-se uma investigação científica amputada da realidade circundante, seja na esfera social, política ou econômica (TRÓPIA, *idem*).

Ainda diante da mesma observação, Paula (2004), observou que com o objetivo de superar esta visão, o ensino de ciências passou a fomentar as seguintes dimensões: ensinar *ciências*, ensinar a *fazer ciências* e ensinar *sobre ciências* — trazendo, assim, as dimensões filosófica, social, política e econômica inerente a toda e qualquer atividade humana.

Precisa-se, neste momento, deixar claro o posicionamento pessoal empregado nesta tese sobre o *fazer ciências* no contexto escolar.

Acordamos com Pereira e Moreira (2017) quando dizem que nem o professor e nem o aluno ocupam o lugar do cientista, pois ambos não têm conhecimento para realizarem experimentos como tal. Além disto, segundo Chevallard (1991) aluno e professor lidam, apenas, com conhecimentos consensuais.

Dito isto, deve ficar claro que, em nossa opinião, não pode ser objetivo da educação científica na escola básica, produzir novos conhecimentos, e nem sequer, redescobrir conhecimentos que já foram descobertos; outrossim, de oportunizar que os alunos aprendam aqueles conhecimentos que estão consolidados através de aproximações sucessivas advindas da atividade prática ou teórica; ou ambos.

Ainda nesta linha de raciocínio Laburú (2003) traça um diálogo com diferentes autores e desenvolve uma argumentação crítica sobre a questão do *aprender fazendo* como objetivo da educação científica. Vejamos:

- a) – Laburú (idem) nos ressalta, primeiramente, de que a compreensão dos procedimentos da ciência e aquisição de conhecimento científico contemplam objetivos diferentes; logo, considera uma impropriedade colocar o aluno diante uma situação de aprender conteúdos através de métodos. Assim, ele conclui que o aprendizado de conteúdos científicos deveria estar dissociado dos métodos empregados para concebê-lo.
- b) – Segundo, ele, Laburú, ressalta que educadores que aderem a esta visão esquecem-se de que não ensinamos o aluno a fazer ciências, apenas, damos-lhes a oportunidade de praticá-la, pois a estrutura lógica contida na pedagogia do fazer, não é a mesma daquela em que foi construída a disciplina estudada.
- c) – Em terceiro lugar, diz o mesmo autor, que apesar da rigidez das etapas do método científico como: reconhecer problemas, propor soluções, verificá-las e tirar conclusões sobre destes problemas ainda nas fases iniciais são, na verdade, traços gerais da cognição humana usados rotineiramente no dia a dia de qualquer um.
- d) – E, finalmente, conclui que, o propósito do experimento — e estende-se esta crítica para as demais atividades práticas — não consiste em ensinar processos, pois as habilidades exigidas para realizá-lo não são específicas da ciência, e nem da boa pedagogia.

Este último item d), não nos agrada. É-se preciso tomarmos algum cuidado com esta última afirmação de de Laburú (idem); especialmente no contexto da educação brasileira, — que é uma educação que tem como foco o desenvolvimento de habilidades e competências (ROCHA, 2017).

É óbvio que não mobiliza-se o raciocínio lógico, por exemplo, apenas para questões científicas. No entanto, só a convivência familiar e entre amigos da rua; não seria suficiente para o aprimoramento, ou para o desenvolvimento — diante do sujeito que tem algum transtorno ou dificuldade de aprendizagem — desta habilidade (COSENZA; GUERRA, 2011). Segundo Barrow (2006), John Dewey foi o precursor do ensino de ciências por investigação com o *movimento progressista da educação*, nos Estados Unidos, no começo do século XX.

Dewey foi um crítico da educação tradicional, ou educação jesuítica, que enfatizava o ensino de ciências como uma coleção de informações acabadas, em vez de apresentar a ciência como um método ou

atitude mental capaz de transformar outras formas de pensamento (RODRIGUES; TARCÍSIO, 2008).

Dewey defendia que o elemento mais importante para aprendizagem do aluno seria sua participação ativa — sua *ação* — na busca pelo conhecimento. Esta ação, segundo Dewey, deveria ocorrer por meio de investigações de problemas científicos utilizando-se do método científico desde que os problemas fossem relevantes para os alunos (BARROW, 2006; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). É por este motivo, que John Dewey é apontado como defensor da *pedagogia centrada no aluno*; pois o aluno só estuda aquilo que lhe tem interesse (CRATO, 2010).

No livro *Logic: the theory of inquiry*, publicado em 1938, Dewey explicitou os objetivos de um ensino de ciências por investigação deixando claro que, através do método científico, seria possível desenvolver o pensamento e a razão, educar a mente, aprender assuntos científicos, além de entender os processos da ciência. Apenas desta maneira, o aluno seria capaz de obter conhecimento para agir sobre o mundo, tornando-o um lugar mais humanizado e democrático (TRÓPIA, 2011).

Zômpero e Laburú (2011) argumentam que após a publicação deste trabalho de Dewey, associou-se ao ensino de ciências, uma característica pragmático-instrumentalista, ou seja: estuda-se ciências para uma finalidade de natureza prática e não apenas para o desenvolvimento intelectual (BARROW, 2006; DEBOER, 2006).

Trópia (2011) aponta que as ideias de Dewey não foram instituídas, formalmente, no sistema educacional norte-americano devido às resistências políticas. Mas, contudo, elas serviram de inspiração para a retomada do termo investigação na educação científica na segunda metade do século XX.

Apesar de inspiradoras e terem recebido muita atenção, as ideias da escola progressista não conduziram a melhoras significativas ao ensino de ciências. O rendimento dos alunos não melhorou depois de anos de aplicação das metodologias centradas no aluno (GASPAR, 2014).

Rocha (2017) e Crato (2010) criticam a escola progressista, pois esta não atribui ao currículo à devida importância; pois reduzem o grau de importância atribuído ao conhecimento social e historicamente construído. Consequentemente, é característica da escola progressista privilegiar mais a aprendizagem por meio de projetos e resolução de problemas (problemas sociais) de interesse do aluno. Daí o nome de Dewey estar associado a estas estratégias de ensino e aprendizagem.

Defende-se aqui neste trabalho que, se em vez de ressaltarmos a importância do conhecimento científico estabelecido historicamente e prezarmos, apenas, por aqueles conhecimentos que o aluno demonstra interesse em aprender; a educação científica perde o sentido.

Entende-se que, primeiramente o estudante deve adquirir um conhecimento geral — uma cultura científica geral, — para só depois, utilizá-lo para solucionar problemas e situações de interesse particular. Neste aspecto, estamos de acordo com Crato (2010) quando diz que ensinar por meio de situações parti-

culares prejudica a capacidade de abstração e de generalização do conhecimento, além de desenvolver um ensino de ciências sem rigorosidade científica.

Por volta da década de 1950-60, devido ao aumento do número de cientistas, engenheiros, de Universidades e de centros de pesquisas, aumentou-se, conseqüentemente, nos Estados Unidos, o número de especialistas capazes de analisar, livremente, a qualidade do ensino de ciências.

Lançaram-se assim, críticas sobre esta nova pedagogia, especialmente, no seu excesso de centralização no aluno, em detrimento da perda do rigor acadêmico (RODRIGUES; BORGES, 2008). Em atenção a estas críticas, o sistema educacional americano decidiu promover o retorno ao rigor acadêmico no ensino de ciências (RODRIGUES; BORGES, 2008, ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Barrow (2006) e Trópia (2011) argumentam que, durante o período histórico que seguiu-se ao pós-guerra, a preocupação da educação científica foi procurar por pequenos cientistas. Assim, dava-se ênfase as estratégias de ensino que desenvolvessem as seguintes habilidades: observar, classificar, inferir, e controlar variáveis.

Não foi a toa que, a década de 1960, marcou, o surgimento dos grandes projetos educacionais que propuseram um ensino de ciências através de atividades práticas experimentais — que contemplavam as habilidades supracitadas, — como o *Physical Science Study Committe* (PSSC) na física (GASPAR, 2014).

Como nesta época o objetivo era a formação individual, projetos como PSSC, foram planejados para que o estudante — diante de uma manual explicativo, e sozinho — conduzisse experimentos e depois respondesse uma sequência de perguntas baseados nestes mesmos experimentos. Isso configurava que tais projetos tinham como pressuposto uma espécie de pedagogia da redescoberta dos fenômenos científicos e que, o experimento, seria uma metodologia capaz de viabilizar essa tal metodologia da redescoberta (GASPAR, 2014).

Durante esta fase de reforma educacional as ideias de Joseph Schwab foram de grande importância. Ele considerava a prática — que deveria imitar o processo de investigação da ciência autêntica (saber sábio) — essencial para aprendizagem e o entendimento do *fazer ciências* (RODRIGUES; BORGES, 2008). Todavia, diferente de Dewey, a prática em Schwab tratava-se de uma ampla possibilidade das práticas científicas; em vez de, apenas, referir-se ao experimento em laboratório.

Rodrigues e Borges (2008), e, Zômpero e Laburú (2011), dizem que a visão de Joseph Schwab era semelhante ao dos educadores do século XIX, a exceção de que, naquele século, o objetivo do ensino era o desenvolvimento das habilidades individuais, ao passo que, em Schwab, a preocupação era com o desenvolvimento e a segurança da nação norte-americana.

Gaspar (2014), diante da mesma observação, ressalta que o real motivo das críticas feitas pelo movimento progressista repercutirem na sociedade norte-americana, originou-se, sobretudo, pelo descon-

tentamento dos americanos em serem ultrapassados pelos russos no desenvolvimento científico — afinal, os russos ganharam a corrida espacial com o lançamento do *sputinik* — o que resultava num sentimento de insegurança pela população; e não, de fato, pelo descontentamento com o ensino tradicional.

Na década de 1970, motivado pelos prejuízos ambientais provocados pelo homem, surgiu, na Grã-Bretanha, outro importante movimento de reforma educacional; com ele a educação científica voltou-se então, uma vez mais, para a formação coletiva — levando-se em consideração problemas enfrentados pela sociedade — especialmente, aqueles provocados pelo mau uso da ciência e da tecnologia (BARROW, 2006).

Durante esta fase os alunos eram incentivados a investigar soluções para problemas reais; quais sejam: o buraco na camada de ozônio, a poluição dos rios, o desmatamento, etc (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Este movimento perdurou-se até 1980, mesma época em que foi publicado um documento pela *Science For All Americans* (NSAA) recomendando que o ensino de ciências deveria ser coerente com a natureza da investigação científica.

Não obstante, o ensino de ciências tivera o propósito de desenvolver habilidades como anotar, catalogar, manipular, descrever, fazer perguntas e respondê-las. Todas estas habilidades eram voltadas para o desenvolvimento do intelecto e do pensamento crítico, com o intuito de fornecer o embasamento científico necessário para que o estudante se posicionasse frente aos problemas sociais (BARROW, 2006).

Ainda durante a década de 1980 houve, também, uma associação entre o ensino por investigação e as pedagogias construtivistas, como pode-se ver pelos trabalhos sobre concepções alternativas, abordagem CTS (ciência-tecnologia-sociedade) e a alfabetização científica, que desenvolveram-se e ganharam muita força durante esta década (POZO; CRESPO, 2009; TRÓPIA, 2011).

Na década de 1990, ficou mais evidente, ainda, o poder de barganha exercido pela ciência e a tecnologia sobre as tomadas de decisões em políticas públicas e econômicas em escala mundial. Lembre-se, por exemplo, da ECO-92, que foi um encontro de cúpula para discutir as mudanças climáticas provocadas pelo homem.

Logo, tornou-se urgente, a necessidade de se alfabetizar, cientificamente, os indivíduos para que avaliem com clareza os processos e os produtos gerados pelos meios científico-tecnológicos.

Embora os materiais que estimulavam a utilização de atividades experimentais no ensino de ciências e os materiais produzidos pelos grandes projetos educacionais, como o PSSC, terem sido traduzidos para o português e utilizados na década de 1960-70 (RODRIGUES; BORGES, 2008; TRÓPIA, 2011; GASPAR, 2014); no Brasil, o ensino de ciências por investigação nunca recebeu uma conotação (significação) diferente das de outros países⁴.

⁴ Muito embora o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) desde a década de 1940-50 já estimulava o ensino de ciências por meio de experimentos.

Popularizando-se através de slogans como *Science for All* e *Public Understanding of Science*, este na Inglaterra e aquele nos Estados Unidos, o movimento de alfabetização científica tomava corpo e começou a agregar as diretrizes do ensino por investigação (TRÓPIA, 2011; BARROW, 2006).

No Brasil, o ensino de ciências por investigação, chega, oficialmente, com a publicação dos PCN's na década de 1990 (GASPAR, 2014; TRÓPIA, 2011; ROCHA, 2017).

Em *suma*, expusemos brevemente, alguns fragmentos importantes das reformas curriculares sofridas pela educação científica no século XX. Vimos que é ponto convergente de análise, que em todos os momentos de reforma curricular, o termo investigação recebeu significação especial. Deu-se isto de tal forma, que, até os dias atuais, não é tarefa fácil definir, afinal, que é ensino de ciências por investigação, devido ao uso diferenciado que cada professor ou pesquisador faz do termo.

2.2 Investigação em sala de aula: que isto é?

É fato histórico, a polissemia existente sobre o termo ensino de ciências por investigação. Todos eles nos remetem a diferentes ações didáticas (BARROW, 2006; MUNFORD; LIMA, 2007). Parte disto se deve à confusão feita com a palavra inglesa *inquiry* (*it inquire*) e da diferenciação existente entre as designações *teaching as inquiry* (ensino como investigação) e *inquiry teaching* (ensino por investigação).

A primeira diz respeito à investigação como tópico curricular ou conteúdo de ensino; a segunda, como uma estratégia de ensino, metodologia, ação didática ou pedagogia (RODRIGUES; BORGES, 2008). Logo, resolução de problemas, aprendizagem baseada em projetos, questionamentos críticos, atividades experimentais abertas bem como a aprendizagem por descoberta; todas estas metodologias são consideradas como inerentes ao ensino de ciências por investigação — vide, por exemplo, o levantamento histórico feito por Zômpero e Laburú (2011), Trópia (2011) e Rodrigues e Borges (2008).

Então, afinal de contas, quando falamos de ensino de ciências por investigação, estamos falando do quê exatamente? Que uma ação didática deve atender para que seja considerada como ensino de ciências por investigação? Quais são seus pressupostos?

Autores respondem a estas perguntas observando os pontos de convergências existentes entre as diversas ações didáticas que compõem o tema. Barrow (2006) assegura que só passou a ser possível tal análise após a década de 1980, devido ao grande volume de publicações relativo ao ensino de ciências por investigação.

A pesquisa do *National Council Research* (NCR, 2000) concluiu que para uma estratégia de ensino ser considerada ensino por investigação elas deveriam:

- a) – Possibilitar o engajamento dos alunos para com a investigação;

- b) – Priorizar a busca por evidências;
- c) – Fornecer explicações por meio de evidências para os problemas investigados e;
- d) – Desenvolver a argumentação do aluno através da exposição de suas conclusões.

Abd-El-Khalick et al. (2004) investigaram o mesmo problema e chegaram a conclusão de que é possível identificar sete pontos de dicotomia oscilando entre o ensinar *por* investigação versus ensinar *como* investigação; *saber* científico versus *fazer* científico; formação *coletiva* versus formação *individual*. Os pontos apresentados pelos autores são:

1. Aprender ciências versus aprender sobre ciências;
2. Ciência como busca pela verdade versus ciência como atividade de resolução de problemas;
3. Levantar e responder questões versus propor e revisar modelos;
4. Ciência como atividade cognitiva versus ciência como atividade social;
5. Demonstração de conceitos versus investigação sobre como sabemos algo;
6. Ciência hipotético-dedutiva versus modelo baseado em ciência;
7. Ciências para testar conhecimentos versus ciência como processo de descoberta.

Para realização de tal empresa Ferreira et al. (2010) propõe algumas perguntas que o professor deve responder para certificar-se de que está, de fato, propondo uma atividade investigativa. caso as respostas sejam positivas, significa que o professor está propondo uma atividade investigativa. Citamo-las em seguida:

- a) – se está voltada para solução de uma questão-problema relevante?;
- b) – se leva o aluno a formular hipótese(s) e testá-la(s)?;
- c) – se propicia a coleta e análise de dados pelos próprios alunos?;
- d) – se encoraja os alunos a formularem explicações a partir das evidências?;
- e) – se faz com que os alunos comparem suas explicações com várias outras?;
- f) – se propicia a discussão de resultados com os demais colegas e com o professor?.

Entendemos que estas questões supracitadas por Ferreira et al. (idem) e os pontos de convergência dados pelo NCR (idem); sem dúvidas ajudam-nos a entender o que é, afinal, o ensino de ciências por investigação. Contudo, gostaríamos de pontuar que não concordamos estritamente com Ferreira et al. (2010); pois uma atividade didática pode ser considerada investigativa desde que uma, e apenas uma, das questões (ou os pontos de convergência) seja atendida.

De fato, cada uma delas receberá um acento maior que os demais dependendo do grau de direcionamento que o professor atribui à ação didática que se pretende desenvolver em sala de aula. A exemplo disto, veja-se que em Kasseboehmer e Ferreira (2013), os autores puseram o acento no processo de desenvolvimento de hipóteses explicativas para uma situação-problema, já Borges e Rodrigues (2004) enfatizaram a etapa do planejamento das atividades práticas experimentais; Kanari e Millar (2004) concentraram-se na coleta e na interpretação dos dados advindos de experimentos; Sasseron (2011) investiu na análise da argumentação dos alunos. Por meio destes exemplos, constata-se que nossa argumentação encontra-se fundamentada na literatura.

Silva (2015), sua tese de doutorado, expõe que as atividades do ensino de ciências por investigação podem comportar-se em três grandes grupos:

- a) – Como uma ação didática que visa do desenvolvimento de habilidades procedimentais;
- b) – Como uma ação didática que visa aproximação com a *práxis* do cientista e;
- c) – Como uma ação didática voltada ao *aprender a aprender ciências*.

Vemos que estes grupos são bastante semelhantes às categorias propostas por Paula (2004).

Cabe-nos aqui, mais uma vez, nos posicionar diante disto. Observa-se que, todos aqueles pontos de convergência retirados dos diferentes significados atribuídos ao ensino por investigação, são, na verdade, de alguma maneira, as etapas percorridas pelo cientista diante de seu trabalho, que uma vez transpostos para o ambiente escolar, tornarem-se pressupostos didáticos ou momentos pedagógicos para as atividades investigativas.

Acreditamos que seja possível reduzir, ainda mais, estes pontos de convergência. Meditando sobre as leituras que fizemos para compor o referencial teórico desta tese, em especial, sobre as diferentes acepções do termo investigação escolar — Tabela 2, notamos que:

1. Todas concordam que há um distanciamento entre a ciência praticada pelo cientista daquela ensinada nas escolas e pretendem aproximar o aluno do saber e fazer ciência do cientista;
2. Todas têm o objetivo de inserir o aluno como protagonista na construção do conhecimento, pois quase sempre tem suporte pedagógico sócio-construtivista;
3. Todas começam por meio de um problema aberto ou uma situação problema, não trivial, em que o aluno não consegue resolvê-la, apenas, com o conhecimento que já possui daí investigação visa procurar subsídios para resolvê-la.

Considera-se impossível denotar uma ação didática pertencente ao espectro do ensino por investigação quando amputa-se uma destas três dimensões apontadas acima.

Um parêntese, neste momento, faz-se necessário:

- a) – Esta aproximação do *saber e fazer ciência* do cientista deve ser pensado com cautela. Já fizemos uma explanação sobre os problemas do fazer quando transposto diretamente para o contexto escolar na Introdução desta tese. Este *fazer ciência* deve ser sinônimo de praticar ciência sobre a supervisão do professor.
- b) – A *ação* do aluno deve-se a realização de pequenas pesquisas que combinam conteúdos conceituais e procedimentais inseridos num contexto escolar.
- c) – O problema aberto deve ser proposto pelo professor que já fez o planejamento de como se desenvolverá a atividade.

Em *suma*, o ensino ciências por investigação é uma abordagem didática que traz consigo várias metodologias de ensino-aprendizagem diferenciadas (CARVALHO et al., 2014). Todas elas visam colocar o aluno em situações de realizarem atividades investigativas, por meio de pequenas pesquisas (GIORDAN, 1999), onde o professor põe o acento em momentos específicos da *práxis* do cientista, e que diante de algum contexto, procura apresentar o desenvolvimento científico como um processo contínuo que sofre influência social, política e econômica.

Nossa crítica mais acentuada para com as atividades investigativas, especialmente no que concerne a sua eficiência como metodologia de ensino-aprendizagem, consiste na preocupação sobre até que ponto dá-se a intervenção do professor, sobretudo, quando lidamos com alunos novíços; uma vez que, é consensual que as atividades investigativas sejam pouco estruturadas (SUART; MARCONDES, 2008; SUART et al., 2010).

Indo na direção contrária ao que expomos no parágrafo *supra*; Gauthier et al. (2014), Hattie (2017) e Kalyuga et al. (1996) defendem que, ao lidarmos com alunos *novíços*, o professor deve utilizar uma metodologia de instrução explícita e direta; ao passo que para alunos com certo algum grau de perícia, o professor deve estimular sua autonomia desestruturando a metodologia empregada dando espaço para a criatividade do aluno.

Pensamos que metodologias inseridas teoricamente no ensino de ciências por investigação, carecem de alguma estruturação (ou semiestruturação). No entanto, esta semiestruturação inere a prática do professor, que precisa ter nas mãos o controle dos momentos pedagógicos da atividade de investigação.

Acreditamos que esta semiestruturação tem o potencial de tornar as metodologias do ensino de ciências por investigação mais eficientes.

Portanto, quando falamos de ensino de ciências por investigação, falamos de atividades investigativas, que são, na verdade, atividades de investigação orientadas (ou guiadas: *Inquiry-guided teaching*).

Com efeito, pelo contexto desta pesquisa de doutoramento, esta semiestruturação didática da atividade investigativa de *per si*, atende dois fatores: (i) estamos lidando com alunos do ensino médio, e acreditamos que é necessário direcionar o processo investigativo para que a metodologia seja eficiente como demonstrou Gauthier et al. (2014); (ii) atribuímos grande valor ao conhecimento científico estabelecido historicamente, pois sem ele acreditamos que seja algo impossível o desenvolvimento de uma cultura científica juntamente aos estudantes.

Por conseguinte, não seguiremos, neste trabalho, o modelo pedagógico do ensino centrado no aluno, pois concordamos com as críticas feitas a este modelo por Crato (2010), Gaspar (2014), Haase et al. (2015), e de Souza e Valente (2014). Todavia, somos entusiastas do modelo dialogal como posto por Santos (2013) por motivos que ficarão claros nas seções seguintes.

2.3 Modelos pedagógicos e epistemológicos das atividades práticas

Já foi dito que as atividades investigativas, por meio de pequenas pesquisas, aproximam o aluno do *aprender* ciência e *saber* sobre ciência. Já tivemos a oportunidade de criticar estes dois objetivos do ensino de ciências e enfatizamos que, diante do *aprender* ciências e *aprender* sobre ciências, atribuímos maior valor pedagógico ao *praticar* ciências.

Já foi dito, também, que o ensino de ciências por investigação é polissêmico. Contudo, todas as atividades inseridas nesta abordagem didática começam com um problema a resolver-se. Este problema precisa ser não trivial, pois do contrário, não haveria necessidade alguma de realizar-se uma pesquisa para resolvê-lo. O que ocorre é que a não trivialidade do problema precisa ser relativizada.

Quando estamos diante de um problema trivial significa que sua solução é conhecida de todos, é uma banalidade, é solução comum. O problema não trivial, por seu turno, é exatamente o oposto disto. Sua solução é conhecida por poucos.

A questão que se coloca é: *como exigir que um estudante enfrente um problema não trivial sem que com isto não causemos-lhes algum prejuízo de aprendizagem?*

Carvalho et al., (2010) responde esta pergunta dizendo que é um pressuposto do ensino de ciências por investigação que as questões abertas ou situações-problemas devam ser contextualizadas e com o conteúdo disciplinar ainda pouco explorado pelo professor. Assim, um simples problema que exige um cálculo de velocidade média, pode ser um desafio para um aluno que ainda não esteja bem familiarizado com o assunto; ou desconheça-o completamente.

E é aí que entra o valor pedagógico da investigação. Como o aluno não dispõe de um algoritmo para resolver o problema, ele deverá forjar um caminho para tal empresa — ou vários caminhos — e qual deles conduzirá a solução correta é a questão.

E deste tipo de investigação que se trata o ensino de ciências por investigação. A ação de investigar deve possibilitar ao aluno, não apenas o conhecimento factual, mas deve lhe proporcionar a internalização de um método de aprender para que ganhe autonomia.

Sobre a experimentação, os autores Francisco Jr. (2008) e Giordan (1999), argumentam que a atividade prática experimental promove maior engajamento dos estudantes para com o aprendizado em ciências. Ferreira et al. (2010) ressaltam que tal atividade facilita até mesmo a construção de conceitos abstratos. Borges (2002) destaca, por exemplo, que os alunos têm uma visão menos ortodoxa da ciência quando feita por meio de atividades práticas, pois entendem que o laboratório didático é lúdico e que o experimento, *de per se*, tem o aspecto facilitador, pois está mais relacionado com os sentidos que com a abstração.

Pensamos que pode-se estender este último comentário feito por Borges (idem), para outras atividades práticas que não experimento em laboratório. Pois, é de nossa observação que o engajamento dos estudantes sempre aumenta quando lhes inserimos em atividades práticas.

De acordo com Laburú (2003) e com Pereira e Moreira (2017), na verdade, existem poucas evidências do real papel exercido pela experimentação na aprendizagem. O que temos, em verdade, são crenças advindas do senso comum, que professores compartilham no cotidiano das escolas.

O mesmo vale para as demais atividades práticas. Que elas podem motivar mais os estudantes é fato; contudo, motivação nem sempre se traduz em aprendizagem; muito embora a motivação seja um pressuposto para aquisição de novas aprendizagens (STERNBERG; STERNBERG, 2016; WILLINGHAM, 2011).

Bassoli (2014) expõe que as crenças dispensadas para com as atividades experimentais, apesar de serem consideradas quase que como dogmas, na verdade, *mitos* sobre o papel real exercido por elas no ambiente escolar.

Diante disto, e estendendo a argumentação de Bassoli *supra* para todas as atividades práticas, podemos classificá-las através em três grandes grupos:

a) – Mito 1: Aprende-se ciências pelo aprender fazendo ou descobrir aprendendo.

Neste grupo encontram-se aqueles que defendem que é por meio da prática — que em sua maioria corresponde ao experimento — que o estudante aprende sobre ciências e sua metodologia.

Ora; então o compreender ciência está subordinado ao o fazer. Logo, o trabalho prático (experimental) funciona como uma varinha mágica que capaz de solucionar as dificuldades de aprendizagem.

Consequentemente, a ausência de atividades práticas (experimentais) é responsável por potencializar, ou até mesmo produzir, as dificuldades de aprendizagem.

Os partidários do mito 1 são professores que alimentam uma visão empírica-indutivista da ciência (NOVEL, 2010; santos, 2015 e 2017; REALE, 2002).

Não sem razão, esta visão vem sendo criticada desde as primeiras reformas educacionais do século XX (TRÓPIA, 2011). De acordo com ela as atividades práticas são processos mecânicos, divididos em etapas (método científico) onde primeiro observa-se fenômenos para depois construir-se o conhecimento. É como se os cientistas olhassem o mundo sem ideias.

É de se esperar que o professor que compartilha desta visão dificilmente leva o aluno a algum entendimento bom, ou mesmo razoável, sobre conceitos científicos e sobre os seus processos.

- b) – Mito 2: As atividades práticas motivam os alunos. Vários professores, colegas de trabalho com anos de experiência, sempre relatam que os alunos ficam mais motivados e curiosos sobre ciências quando fazem experimentos.

Bassoli (2014) argumenta e conclui que a motivação emerge quase sempre através da espetacularização do fenômeno; a autora explica que o mostrar/apresentar o fenômeno torna-se mais importante que a investigação do fenômeno em si.

Professores inseridos neste grupo se valem de recursos e objetos pedagógicos como *data show*, lâminas de *Power Point*, simulações e animações computacionais, vídeos, entre outros.

Bassoli (idem) prossegue sua argumentação e conclui que, com a espetacularização do fenômeno, o professor enfatiza mais o aspecto pedagógico, relativo à motivação, do que os fatores epistemológicos e didáticos, que norteiam a sua ação em sala de aula.

- c) – Mito 3: Para realização de experimentos é indispensável o laboratório de ciências:

Levando em conta a realidade das escolas brasileiras, constata-se que em sua maioria não tem um laboratório de ciências. Mas pode acontecer com certa frequência, que mesmo quando ele existe; esteja sucateado. Muito se atribui a isto a não realização de experimentos nas escolas.

Contudo, é possível que o professor improvise algum local, ou mesmo use a sala de aula, para realizar experimentos simples construídos com materiais de baixo custo. A referida autora, Bassoli (2014), destaca as ações colaborativas entre espaço formal e não formal de ensino.

Antes de darmos prosseguimento e voltando-se particularmente para as atividades práticas experimentais, surge a necessidade então, de pôr com clareza, as diferenças existentes entre as práticas de laboratório tradicional daquelas de um laboratório investigativo ou aberto.

Estas práticas experimentais são constituídas por diferentes modelos pedagógicos e têm distintos pressupostos epistemológicos.

Começaremos delimitando, precisamente, o laboratório tradicional e, por conseguinte, faz-se o mesmo para o laboratório aberto. Reiteramos a importância deste empreitada, pois como consta no Capi-

tulo 1; o laboratório aberto é a principal metodologia empregada pelas atividades investigativas no contexto escolar.

2.3.1 Laboratório didático tradicional

O laboratório tradicional é uma metodologia de ensino-aprendizagem em que o estudante é posto diante de uma situação didática, que em grande parte, tem o objetivo de verificação de leis ou teorias científicas.

Estruturalmente, o aluno deve seguir um roteiro onde encontram-se os materiais que serão utilizados no experimento, como o experimento deve ser montado, qual sua finalidade, e como os resultados devem ser enunciados.

Borges (2002) e Carvalho et al. (2010, 2013, 2014) criticam esta metodologia, pois ela amputa a participação ativa do aluno e não há, sequer, diálogo como o professor. Para esta metodologia vale a máxima de que é fazendo que se aprende.

O modelo pedagógico inerente ao laboratório tradicional é o diretivo ou comportamental (GAUTHIER; TARDIF, 2014; SANTOS, 2013). Este modelo baseia-se na possibilidade da transmissão de conhecimento por meio do testemunho (ROCHA, 2017); que é possível você acessar a mente do sujeito (aluno) utilizando, apenas, a fala — instruindo os passos que o aluno deve seguir para aprender.

Portanto, o professor que se utiliza desta metodologia acredita que a aprendizagem é um movimento de fora para dentro, no sentido professor para o aluno (SANTOS, 2013).

Esta metodologia tem dois aspectos muito criticados: o primeiro de que o aluno é visto como um saco vazio ou tábula rasa (BECKER, 2001, 2010; SANTOS, 2013) e o segundo, por ser uma metodologia muito estruturada, exige-se pouca demanda cognitiva do estudante (SUART; MARCONDES, 2008; SUART et al., 2010).

A base epistemológica desta metodologia de ensino-aprendizagem é o empirismo. Tal metodologia é quase que unanimidade no cotidiano escolar de modo a ser muito utilizada pelos professores de física. De acordo com o empirismo não há nada que possamos apreender que não passe pelos sentidos (BECKER, 2001, 2010, REALE, 2002).

Entendemos que muitas críticas que se fazem a este modelo de ensino são injustas. Dado a onipresença do sócio-construtivismo na educação brasileira; grande parte destas críticas é mero perfunctório.

É-nos muito claro a função cognitiva do modelo de ensino comportamental ou tradicional. Não vemos modelo melhor para ensinar ciências, com eficiência, nas séries iniciais e para alunos sem muita instrução científica.

A tradição da transmissão do conhecimento pelo testemunho, por via oral, é milenar. Este modelo produziu grandes cientistas do passado; formou grandes escritores. Se tomarmos em conta a história recente da educação nacional, por exemplo, constata-se que este modelo alfabetizava melhor, e formava leitores melhores.

É interessante observar os críticos do modelo comportamental com mais de 50 anos. Eles parecem não se dar conta de que criticam a maneira pela qual eles aprenderam; foi este o modelo que se utilizaram para ensiná-los a ler e escrever, ensinaram-lhes matemática, e ciências. Como então afirmar que é impossível a transmissão de conhecimento por via oral?

A proficiência consiste em conhecer até que ponto e como podemos conduzir o alunado a aprendizagem em ciências diante da utilização deste modelo.

2.3.2 Laboratório didático aberto ou investigativo

De acordo com o estado da arte, Capítulo 1, o laboratório aberto ou investigativo é a metodologia de ensino-aprendizagem mais utilizada pelas pesquisas em ensino de ciências por investigação.

Por pressuposto, o laboratório aberto é também uma atividade didática minimamente estruturada onde o aluno é posto diante de uma situação-problema que não tem resposta trivial e que deverá ser resolvida através de um experimento.

O mínimo de estruturação que atribui-se ao laboratório aberto é para que o aluno, individualmente ou em grupos, decida qual experimento fará, como irá fazê-lo e quais materiais utilizará para realizar o experimento.

Tudo que diz respeito à atividade prática será de responsabilidade do aluno; em vez de lhe submeter a um roteiro. Como consequência disto, esta prática exige maior demanda cognitiva do aluno e maior interação do aluno com professor (SUART; MARCONDES, 2008; Suart et al., 2010).

Pode-se inserir o laboratório aberto em dois tipos de modelos pedagógicos; ambos com diferentes bases epistemológicas.

a) – Pedagogia não-diretiva:

Segundo Becker (2002, 2010), este modelo pedagógico não é fácil de detectá-lo no cotidiano da escola e é de difícil implementação. Este modelo pedagógico tem em Carl Rogers seu maior desenvolvedor (GAUTHIER; TARDIFF, 2014; SANTOS, 2013).

O professor que orienta sua *práxis* de acordo com esta pedagogia acredita que seu papel na sala de aula — ou em outro ambiente de ensino — é de, tão somente, facilitar a aprendizagem.

De acordo com Rogers, o aluno (sujeito) já nasce com todo o saber e a capacidade de conhe-

cer o mundo. Portanto, cabe ao professor, apenas, organizar e trazer à consciência todo este conhecimento inato ao sujeito (BECKER, 2002, 2010; SANTOS, 2013).

O nome pedagogia não-diretiva indica que o professor deve interferir o mínimo possível na aprendizagem do estudante, — para não dizer nunca, — e qualquer ação do aluno deve ser relevante e instrutiva.

Como diz Becker (2002) tem-se o regime de *deixar fazer*. O aluno, *sozinho*, encontra seu caminho para o aprender. Este é o clássico modelo da pedagogia centrada no aluno.

Do ponto de vista epistemológico, quem dá base para este modelo pedagógico é o *apriorismo* — de *a priori*, aquilo que é posto antes. Às vezes o vemos com o nome de inatismo, de inato; ambos referindo-se à mesma coisa (BECKER, 2002, 2010; SANTOS, 2015, 2017; NOUVEL, 2010).

Este conhecimento inato do aluno é adquirido geneticamente; o estudante já tem-no ao nascer. Becker (2002, 2010) aponta críticas lançadas por Piaget sobre este modelo pedagógico. Piaget dizia que este modelo confunde maturação com desenvolvimento cognitivo, quando na verdade, aquela é condição necessária, mas não suficiente para o desenvolvimento desta.

Portanto de acordo com este modelo pedagógico o conhecimento é um movimento do sujeito em direção ao objeto, ao passo que a aprendizagem é um movimento do aluno em direção ao professor.

b) – Pedagogia relacional ou construtivista:

Partindo de uma situação em que seja necessária a aquisição de um novo conhecimento, esta aprendizagem só será possível, se o sujeito (aluno) *agir e problematizar* a própria *ação* e apropriar-se dela e de seus mecanismos. Este é o pressuposto básico deste modelo pedagógico.

O professor que defende este modelo acredita que todo aluno já traz uma carga de conhecimento ao chegar à escola. Assim, o aluno não é um saco vazio, — um *tábula rasa* — como posto pela pedagogia diretiva (BECKER, 2002, 2010; SANTOS, 2013).

O adepto deste modelo não acha possível que ideias transitem da cabeça do professor até a do aluno sem que haja um receptor ativo. Na verdade, este modelo nega a possibilidade de conhecimento através do testemunho (ROCHA, 2017).

Segundo Becker (2002, 2010), Piaget não negava a importância da carga genética do conhecimento e nem do meio físico, social ou ambiental; porém não se pode recrutar apenas um destes componentes e absolutizá-lo.

Para a pedagogia relacional há duas condições para aprendizagem acontecer (SANTOS, *idem*):

- que haja *assimilação* do problema a ser investigado pelo aluno, no sentido de que, algo relativo ao problema é significativo ou desafiador para o aluno querer resolvê-lo;

- que o aluno seja capaz de dizer para si mesmo, e para outras pessoas, como foi o processo percorrido para alcançar o conhecimento desejado. Este processo é chamado de *acomodação*.

Assim, o aluno só aprende quando ele se der conta do problema que pretende resolver e consiga explicar o processo/mecanismo pelo qual o aprendeu. Assim, nas palavras de Piaget, o desenvolvimento cognitivo se dá por meio de dois mecanismos complementares: assimilação e acomodação (BECKER, 2002, 2010).

Do ponto de vista epistemológico, para o construtivismo, não existe separação entre sujeito e objeto. Ambos estão em contínua interação. O sujeito constrói e dá sentido ao objeto ao mesmo tempo em que o objeto se modifica devido a esta interação. Por isto o nome construtivismo (BECKER, 2002, 2010; SANTOS, 2013; GAUTHIER; TARDIF, 2014).

Portanto, de acordo com a pedagogia relacional ou construtivista, a aprendizagem é um processo dialógico (dialético), por meio de um mecanismo de retroalimentação entre conhecimento-aluno-professor.

Diante do exposto *supra* sobre as possibilidades de inserirmos as práticas de laboratório aberto de acordo com dois modelos pedagógicos diferentes, pensamos o seguinte:

Ambos os modelos satisfazem a pedagogia centrada no aluno. Pelo apriorista é mais imediato concluir esta afirmação, ao passo que a construtivista não.

Segundo de Souza e Valente (2014), Piaget dizia que o aluno construía seu próprio conhecimento por meio da *ação*, mas não o fazia sozinho. Todavia, na pedagogia construtivista há de se levar em consideração a carga de conhecimento que o aluno já possui, além de a assimilação, ser uma condição imprescindível para aprendizagem.

Pondo de outra forma, a assimilação associa-se ao engajamento do aluno para com sua aprendizagem, e não há engajamento se não há interesse. É assim, que a pedagogia construtivista torna-se, também, uma pedagogia centrada no aluno Crato (2010).

É do nosso entendimento que transformar uma pedagogia construtivista em um modelo pedagógico centrado no aluno, significa tomar o conceito de assimilação e elevá-lo ao limite extremo do seu significado, tendo como consequência lógica adotarmos uma única dimensão do que ela propõe.

Optar-se por um ou outro modelo, dentre ambos, trará consigo profundas implicações sobre o papel do professor, em especial, sobre como ele conduzirá a atividade experimental.

No modelo apriorista o professor é mero facilitador da aprendizagem trazendo a tona todo conhecimento latente na estrutura cognitiva do aluno; por outro lado, no modelo construtivista, o professor é um mediador, que é o responsável por conduzir um processo dialético cujo fim é viabilizar a autonomia do

aluno para a aquisição do próprio conhecimento. Do ponto de vista conceitual isto significa que o aluno deve reconstruir os conhecimentos já estabelecidos historicamente.

Como última observação defendemos que toda ação didática é, de algum modo, uma intervenção. E fazer intervenções é tarefa mesma do professorado.

No modelo apriorista, por definição, não há ação dialética entre professor-aluno. Se o aluno já tem o conhecimento e faz seu próprio caminho; que resta a fazer o professor? Rejeitamos categoricamente este modelo nesta tese. Contudo, o modelo construtivista nos interessa; porém com ressalvas. Mas isto ficará mais claro ao longo do texto.

É importante observar que a utilização do experimento nas aulas de ciências não a legitima como uma atividade investigativa nos moldes atribuídos ao ensino de ciências por investigação. Por este motivo, fizemos os esclarecimentos entre o que se entende por laboratório tradicional e investigativo.

Uma vez que saibamos a diferença entre eles, evitamos o senso comum de que toda aula de laboratório constitui-se numa investigação. A título de exemplo, os experimentos meramente demonstrativos não são de natureza investigativa; pois só o professor fala e não tem espaço para especulação do aluno.

Ainda neste contexto, Barrow (2006) mostra o exemplo de um professor que apresenta para sua turma uma fotografia da atmosfera terrestre cheia de buracos negros, ele levantou questionamentos sobre as causas e os alunos desenvolveram uma investigação para comprová-la.

Tomando ciência disto, fica evidente que não precisamos de aulas experimentais para colocar os alunos diante de situações investigativas.

Naquela altura do texto em que particularizamos a discussão para as atividades experimentais foi-se, apenas, para manter a legitimidade das citações, todavia, acreditamos que não há razão para não transpormos os modelos pedagógicos e suas bases epistemológicas para as demais possibilidades de atividades práticas.

A título de definição o laboratório aberto ou investigativo é aquele em que o aluno tem maior grau de liberdade para trabalhar resolvendo problemas que lhes são propostos pelo professor. O aluno deve, em vez de seguir roteiros preestabelecidos a fim de verificar leis ou teorias, como no laboratório tradicional; ele desenvolverá seu próprio caminho para encontrar a solução do problema, que não tem solução trivial (STERNBERG; STERNBERG, 2016).

Para tanto, o aluno deverá trabalhar em pequenos grupos e realizar pequenas pesquisas que o permitam praticar ciências dentro dos moldes já consagrado historicamente pela atividade científica.

Desta forma, uma vez diante do problema, o aluno deverá propor hipóteses explicativas para resolvê-lo, verificá-las, efetuar medidas e catalogá-las, e finalmente, apresentar sua solução, exercitando assim a argumentação.

É o próprio alunado que desenvolve o planejamento da prática experimental; qual experimento será feito, como será feito e quais materiais serão utilizados. Este grau de liberdade não acontece em atividades de laboratório tradicional.

Um breve esclarecimento sobre a argumentação: apesar de sê-lo a etapa final do processo investigativo, é de grande importância que o professor detenha-se sobre ele.

Segundo Carvalho et al. (2014), a argumentação demonstra o quão organizado encontra-se o pensamento do aluno; ela representa uma habilidade importantíssima no desenvolvimento da ciência e, em adição, para o desenvolvimento escolar: transformar fatos em evidências por meio da razão.

Em seguida tem-se os momentos pedagógicos que o laboratório aberto deve satisfazer. Alguns deles aplicam-se a qualquer outra atividade investigativa no contexto escolar (BORGES, 2002, CARVALHO et al, 2014; CARVALHO, 2013; FERREIRA et al., 2010; GIORDAN, 1999):

(1) – O professor deve propor uma situação-problema não trivial:

A questão problema deve ser feita em forma de pergunta que estimule o engajamento do aluno para com a solução do problema.

É importante que a pergunta seja aberta e não trivial, para que gere certa discussão e o aluno tenha o máximo de informação possível para direcionar sua pequena investigação.

Como já dissemos é importante para assimilação do problema. A resposta a esta questão é o objetivo principal das atividades investigativas.

(2) – O aluno deve propor hipóteses explicativas para a questão diante de si:

Como propomos uma atividade investigativa semiestruturada é importante que, nos primeiros ciclos de investigação, o professor proponha um problema em que os alunos já tenham algum conhecimento conceitual sobre o assunto no qual o problema se insere.

(3) – O aluno deve elaborar um plano de trabalho para desenvolver a atividade prática:

Nesta etapa os alunos decidem qual o experimento, quais materiais serão utilizados, como o experimento será realizado, e como serão coletados os dados para a verificação das hipóteses propostas.

É importante o professor ficar atento e se aperceba que nem sempre as hipóteses propostas podem ser verificadas através de um mesmo experimento.

(4) – O aluno deve organizar os arranjos experimentais e coletar os dados da experiência realizada:

É a fase mais prática da atividade. Aqui o aluno põe efetivamente a mão na massa (*hands – on*), e onde se têm contato com a ciência experimental de *per se*.

(5) – O aluno deve coletar e analisar os dados:

A execução desta fase consiste em um dos maiores dilemas do laboratório aberto. É a fase que exige mais orientação do professor devido a falta de experiência com manuseio dos equipamentos de laboratório.

Aqui, mais uma vez, ressaltamos a importância de uma prática semiestruturada. Quanto mais novico é o aluno, maior o nível de estruturação que o professor deve dispensar.

Como a coleta e a análise de dados devem ser feitas à luz do planejamento, aqui, em geral, os alunos aproveitam para refinarem seu planejamento inicial.

Para análise de dados o professor deve direcionar os alunos para construção de gráfico em papel milimetrado ou por meio de *softwares*, deduzir relações de proporcionalidade entre as variáveis do problema conduzindo-lhes para determinação de equações (modelos) empíricas.

(6) – Deve haver a comunicação e discussão dos resultados: Aqui os alunos devem apresentar suas conclusões, se corroboram ou não com as hipóteses iniciais, compará-las com as demais, discutir seus limites de aplicação e possíveis generalizações. Esta fase também pode apresentar alguma dificuldade por parte dos alunos e carece de orientação do professor.

Em *suma*, o laboratório aberto o construtivismo como base epistemológicos e pedagógica, pois é o aluno, por meio da sua *própria ação*, quem caminha para autonomia intelectual (SUART; MARCONDES, 2008; SUART et al., 2010).

Por outro lado, consta que o laboratório tradicional, é aquele em que os estudantes realizam atividades práticas completamente orientadas por roteiros predeterminados — tipo receita — sendo que os alunos seguem uma sequência linear, passo a passo em que é o professor quem determina o que aluno deve fazer e como deve fazer (FERREIRA et al., 2010). Assim, o laboratório tradicional pertence ao modelo pedagógico diretivo (BECKER, 2001 2010) ou comportamental de ensino, típico da pedagogia tradicional (SANTOS, 2013), e desta forma, tem pressuposto epistemológico empírico-indutivista (GAUTHIER; TARDIF, 2014).

Dentro do que cabe-nos fazer recortes epistemológicos, pedagógicos e metodológicos sobre o que consta na literatura a respeito do objeto de investigação desta tese; já estamos quase prontos para encerrarmos nossa discussão sobre a natureza das atividades prático-experimentais para que lancemos nosso entendimento sobre elas. Ainda daremos algum prosseguimento sobre isto na próxima seção.

2.3.3 Questões abertas

Até agora nos debruçamos praticamente, apenas, sobre as atividades prático-experimentais, em especial, sobre a metodologia de laboratório aberto. Portanto, iremos nos debruçar, agora, na outra metodo-

logia do ensino de ciências por investigação que será utilizada nesta tese, qual seja: as questões abertas (CARVALHO et al., 2014).

De acordo com o estado da arte, Capítulo 1, esta metodologia ainda é pouco utilizada no ensino das ciências no Brasil. Não sabemos dizer o porquê. O estado da arte não deu subsídios para respondermos essa questão. Contudo, postulamos que a crença em que a experimentação pode facilitar a aprendizagem é a maior responsável por esta negligência em relação as questões abertas no ensino das ciências, em especial da física.

Questões abertas correspondem, precisamente, a problemas científicos, colocadas por meio de situações-problemas, quase sempre contextualizadas para facilitar sua adequação ao contexto escolar, mas que ainda não foram devidamente exploradas pelo professor (CARVALHO et al., 2015).

Como pontua Sternberg e Sternberg (2016) não existe resposta fechada (única) diante do enfrentamento de problemas abertos de modo que os alunos devem buscar solucioná-las através de um processo investigativo.

Vale ressaltar que não tem-se um consenso na academia sobre uma definição objetiva para o que é uma questão aberta. Oliveira e Veit (2017) ilustram muito bem esta dificuldade, embora o artigo tenha analisado o significado do termo *problema aberto*; entendemos que podemos estender as suas conclusões as questões abertas sem perda de generalidade.

Ademais, Sternberg e Sternberg (idem) mostram que o que caracteriza um problema é falta de conhecimento para resolvê-lo. Willingham argumenta no mesmo sentido dizendo que só sabemos que estamos diante de um problema, quando não temos uma solução automatizada (na memória) para resolvê-lo.

Que isto significa? Veja-se: conceituar o que é velocidade média, embora seja simples, para alguns, pode constituir-se em um grande desafio para os alunos calouros do primeiro ano do ensino médio.

Portanto, uma questão aberta, ou alguma situação-problema qualquer, não depende unicamente da natureza da própria questão, mas também, do nível de conhecimento daquele que se predispõe a enfrentá-la.

Carvalho et al. (2014) complementa dizendo que é um aspecto delimitador das questões abertas, que a investigação não deve levar em consideração o aspecto matemático e nem experimental, que são nativos das ciências naturais. Portanto, vemos assim, que as questões abertas são atividades investigativas muito apropriadas para estimular o desenvolvimento da imaginação e o pensamento abstrato dos alunos.

Na literatura este tipo de metodologia é frequentemente utilizada para desenvolver o processo de elaboração de hipóteses, para verificar o conhecimento factual, conceitual e as concepções alternativas dos alunos diante de problemas em se tem conhecimento reduzido sobre ele (CAMPOS et al., 2017; KASSEBOEHMER; FERREIRA, 2013).

Assim como o laboratório aberto, as questões abertas têm a função pedagógica de favorecer a aprendizagem em ciências por meio da ação do aluno e também podem ser inseridas nos modelos pedagógicos diretivo e não diretivo dependendo da base epistemológica que o professor lhe atribuir.

3 Habilidades cognitivas e o ensino de física

Atendendo as especificidades do objeto de investigação, apresentamos neste capítulo as funções cognitivas e pedagógicas de alguns elementos centrais para o ensino de ciências por investigação; quais sejam: *as atividades práticas* e *as habilidades do pensamento*.

3.1 A importância da imaginação e do pensamento abstrato para o ensino de física

Almejamos nesta seção delimitar, precisamente, o significado de alguns processos muito importantes para a aprendizagem em física e vinculá-los ao papel da contextualização. Além disto, denotaremos a função cognitiva da contextualização no ensino de física a luz destes de dois processos: *imaginação* e *abstração*.

Demonstraremos diante das definições de imaginação e abstração, que embora sejam processos diferentes, encontram-se imbricadas de tal sorte, que podemos aglutiná-las em uma única atividade do pensamento; qual seja: *o pensamento abstrato*.

A esta altura do trabalho já deve ser ponto pacífico que as metodologias do ensino de ciências por investigação, em especial os experimentos investigativos, vem sendo recrutados vastamente nos últimos 12 anos para o desenvolvimento das habilidades cognitivas caras a modelagem da *práxis* do cientista através de pequenas pesquisas no contexto escolar. Este foi um resultado expressivo do estado da arte apreendido no Capítulo 1.

Antes de prosseguirmos cabe determinar que as habilidades de pensamento e habilidades cognitivas são tomadas como sinônimos no contexto desta pesquisa de doutorado.

É fato que uma gama de habilidades de pensamento são recrutadas para a prática adequada da ciência; quais sejam: o raciocínio lógico, a proposição de hipóteses, o pensamento crítico e avaliativo, entre outras (SUART; MARCONDES, 2013). Contudo, como enfatizamos na subseção 1.2.2, nenhum dos trabalhos analisados pelo estado da arte investigaram o papel dos processos de imaginação e da abstração para aprendizagem nas diferentes ciências, em particular da física.

Em verdade, como vimos pelo estado da arte, a imaginação foi mencionada uma única vez no artigo de Trópia e Caldeira (2009) referindo-se ao imaginário coletivo dos discentes em relação à figura do pesquisador e da ciência em geral, não tinha relação com o aspecto cognitivo que deveria ser desenvolvido para otimizar os processos de aprendizagem como se quer nesta tese. A abstração surgiu, apenas, no trabalho

de Assai e Follmann (2017) de modo meramente figurativo.

Denota-se aqui, que ambas são valiosas habilidades que inerem a uma mente educada (FRYE, 2015). Pomos em relevo a imaginação e abstração, pois como veremos no Capítulo 5, estas foram as habilidades de pensamento que careciam de desenvolvimento.

Embora já tenhamos feito breves comentários sobre o termo *contextualização*, a partir de agora nos debruçaremos mais detidamente sobre ele. Veja-se que, por sinal, não há uma única possibilidade para o entendimento e o emprego da contextualização nas aulas de ciências (CARVALHO et al., 2010; Cap. 2). Deste modo, nossas análises posteriores seguirão o entendimento particular que fazemos do termo contextualização.

Aqui, contextualização significa o ato de se inserir uma situação particular para que torne inteligível algum acontecimento (fenômeno). Pondo de outro modo, contextualizar permite particularizar situações a fim de que possamos entendê-la, especialmente quando não experimentamos-lhe (STERNBERG; STERNBERG, 2016; WILLINGHAM, 2011).

No quesito cognitivista do contexto escolar põe-se a contextualização em relevo, em especial no ensino básico, para evitar-se a sobrecarga cognitiva utilizando-se de situações do dia a dia dos alunos. Pelo menos este é o entendimento mais ortodoxo que fazemos de seu significado e de sua utilização.

Porém, fato é que a contextualização já é um pressuposto básico de toda e qualquer atividade do ensino de ciências por investigação (CARVALHO et al., 2014, 2015); independentemente de qual metodologia seja empregada pelo professor.

O processo mental de abstração, no sentido vulgar (comum), denota algo que não tem relação imediata com o material, com o real ou com o vivenciado pelo aluno.

Ora, ocorre que os processos de contextualização e de abstração — agora tomando-os no sentido etimológico — são quase que separados diametralmente entre si. Cumpre então delimitar-se estes significados.

Segundo Santos (2015, 2017) a palavra abstrair vem do latim *abstractio* de *abstrahere* – *ab* (afastar) mais *trahere* (puxar) — que significa afastar, puxar fora, separar, destacar; logo, abstrair representa a capacidade que o sujeito possui de olhar as partes individuais de um todo para que depois faça uma síntese daquilo que se lhe apreendido da realidade circundante.

A grosso modo, abstrair é descontextualizar e, para tanto, extrai-se toda e qualquer característica particular do objeto de investigação, destacando-o, puxando-o para fora, separando-o do resto do universo com o fim último de torná-lo universal.

Portanto, abstrair envolve o recrutamento de duas habilidades cognitivas importantes: a análise e

a síntese, ambas bastante apreciadas no contexto escolar (BLOOM et al., 1977; STERNBERG; STERNBERG, 2016; WILLINGHAM, 2011).

A operação cognitiva de análise vai do composto em direção ao simples; do mais complexo para o menos complexo. A síntese vai do simples para o complexo (ALVES, 2011).

Observa-se que abstrair não é simplesmente dividir o todo em suas partes homogêneas e integrantes; pelo contrário, é dividi-lo ou distingui-lo nas suas partes heterogêneas e componentes. Assim como sintetizar não é simplesmente acrescentar ou somar partes que compõem o todo (ALVES, *idem*).

A contextualização no ensino de ciências, como já antecipamos, traz consigo o valor pedagógico da atribuição de características particulares aos conteúdos curriculares estudados em sala de aula; não necessariamente as mesmas características histórica e social em que foram concebidos. Mas, contudo, que estas características, de certo modo, consigam delimitar o âmbito de aplicação deste conhecimento dentro de possíveis situações vividas pelos estudantes.

Isto é de grande valor pedagógico, pois além de acreditarmos que evita a sobrecarga cognitiva, ainda ajuda no agrupamento do novo conhecimento com o antigo na estrutura cognitiva do sujeito (aluno) de forma não literal e significativa (MOREIRA, 2011; STERNBERG; STERNBERG, 2016; WILLINGHAM, 2011).

Logo, não podemos deixar de notar que tecnicamente contextualizar é fazer transposição didática (CHEVALLARD, 1991; CARVALHO et al., 2010) por meio de exemplos que reduzem a abstração do conteúdo científico tornando-o mais concreto.

Mais que isto, além de torná-lo concreto, que também torne-o familiar aos estudantes através de exemplos retirados de suas experiências de vida, pois segundo Willingham (2011) elas são imprescindíveis para a aquisição das novas aprendizagens.

Entendemos que a relação entre imaginação e contextualização é quase que autoevidente no sentido de que, uma vez que esta última não se estabeleceu, ou ao menos, não favoreceu a concretização dos conceitos científicos envolvidos na proposta, ela não acionou os mecanismos da memória capazes de fazer com que os alunos revivessem experiências donde poderiam ancorar novos conhecimentos. Ao menos é assim que vemos como este processo deveria se desenvolver.

Com efeito, se a contextualização falhou, deve-se então apelar para a imaginação. Mas, o que é imaginação?

Segundo Alves (2011) a imaginação é o processo cognitivo de ver, sentir algo em nosso *eu interior* como imagem ou representação, sem o uso da nossa aparelhagem sensorial. É um desenho impresso em nossa mente (imagem) como uma singularidade parecida com a mesma figura vista com os olhos do corpo.

Diante de definição acima deduz-se que todo processo imagético implica numa ausência. A imaginação pode ser reprodutiva quando produz-se lembranças de nossas experiências de vida anteriores; ou pode ser criativa, quando criamos imagens visuais, aditivas, gustativas, etc. (ALVES, *idem*). Entendemos que o processo de imaginação criativa é caro ao desenvolvimento da atividade científica e salvo guardo as devidas proporções, também o é para o ensino de física.

Embora criativa, a imaginação deve ancorar-se nos limites da realidade; se quiser apanhar o mundo das coisas enquanto tal e dos processos que a ele se inerem; se quiser ter deles a funcionalidade real (ALVES, *idem*). Esta é a definição mesma de *imaginação educada* que, sendo inspirado por Frye (2015), dispensamos na análise de resultados no Capítulo 5.

Na literatura temos algumas definições de *pensamento abstrato* como vemos em Silva et al. (2012: 106):

(...) uma expressão utilizada para se referir ao pensamento operacional formal, caracterizado pela capacidade de desenvolver modelos mentais complexos e equacionar simultaneamente um conjunto de variáveis.

E em Moço (2010) temos a seguinte definição:

É a capacidade de pensar em coisas que ainda não conhecem ou que não são concretas (...) e de estabelecer hipóteses sobre fatos imaginários, o que lhes permite avaliar e escolher alternativas. O pensamento abstrato é uma conquista da adolescência, que não está só relacionada com a maturação e a idade cronológica; mas também aos estímulos do meio.

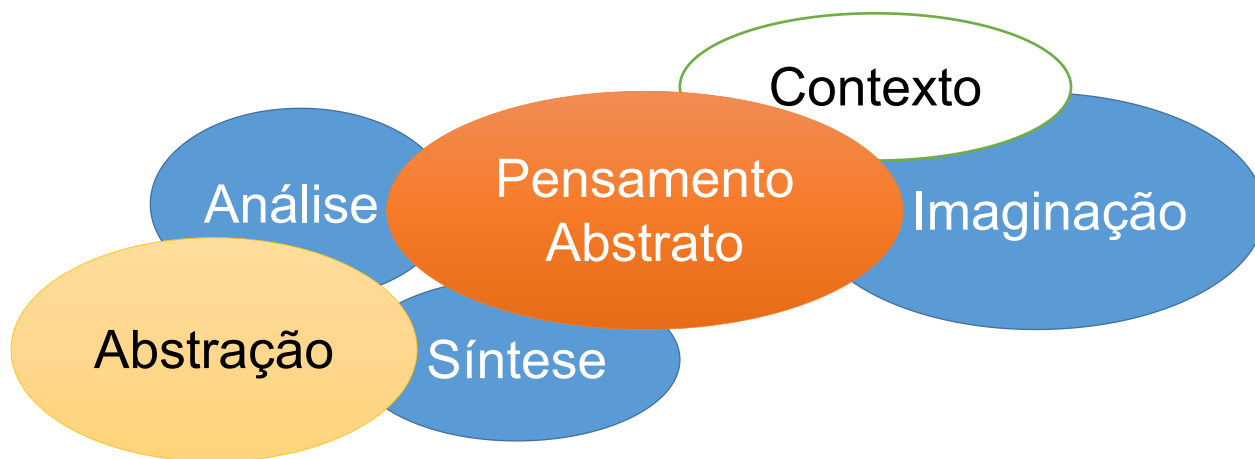
Diante da definição acima tem-se um vislumbre sobre a importância da escola no quesito desenvolvimento de habilidades. A escola tem papel fundamental para o desenvolvimento de habilidades de pensamento mais complexas que só a vivência do cotidiano não seria suficiente para desenvolvê-las (SILVA, 2012: 107). Disto emerge a importância de desenvolver-se trabalhos que partilham do mesmo espírito desta tese.

Ora, diante desta exposição objetiva da significação dos termos relevantes, apresentando-se como um relaciona-se com o outro, ou inere-se um do outro, só nos resta concluir que a aglutinação destes termos resulta no pensamento abstrato que é uma importante habilidade para a boa execução da investigação científica. Portanto, adotaremos a seguinte definição para este termo:

Definição 1 *O pensamento abstrato é a complexa habilidade cognitiva — ou habilidade de pensamento — que indica a capacidade que o indivíduo possui de vivenciar possibilidades do real por meio da imaginação.*

Com efeito, fica estabelecido, diante desta definição, tanto quanto daquelas de Moço (*idem*) e de Silva (*idem*), que não se pode amputar a imaginação do pensamento abstrato. Logo, não há como se desen-

Figura 1 – Esquema que representa a aglutinação das demais atividades do pensamento pelo pensamento abstrato.



Fonte: Autor (2017).

volver o pensamento abstrato sem, conseqüentemente, se desenvolver a imaginação; ou o contrário. Mas, todavia, optamos pelo uso do termo *pensamento abstrato* devido sua característica de agregar significado ao ato de pensar ou, fundamentalmente, de agregar significado ao objeto de que se está pensando. E é esta atribuição de sentido que é importante para a educação científica (BASSOLI, 2014; MOREIRA, 2011; SANTOS, 2013).

Veja, em seguida, na Figura 1 um esquema que representa todo o processo percorrido nesta seção.

3.2 Atividades práticas e sua função cognitiva

Vimos nas seções anteriores que o laboratório tradicional exige pouco demanda cognitiva dos estudantes, pois para terem sucesso neste tipo de atividade é suficiente que tenham (utilizem) meras habilidades do tipo: relembrar informações (memorização), aplicação direta de fórmulas (conhecimento teórico) em problemas que podem ser resolvidos por meio de procedimentos algorítmicos (ZOLLER et al., 2002; ZOLLER; PUSHKIN, 2007).

Vimos, também, que as atividades investigativas, quando inseridas num contexto escolar, visam modelar alguns aspectos da *práxis* do cientista que sejam do interesse do professor. Assim, surge a possibili-

dade de que, através da prática da ciência, desenvolvam-se as habilidades cognitivas inerentes a investigação científica.

As metodologias de laboratório aberto e as questões abertas podem deste modo, serem utilizadas para favorecer o desenvolvimento de habilidades de alto nível cognitivo, quais sejam: a resolução de problemas abertos (não exercícios repetitivos), as tomadas de decisões, o desenvolvimento dos pensamentos crítico e avaliativo, bem como a argumentação (CARVALHO et al., 2010; CARVALHO et al., 2014; SUART et al., 2010; ZOLLER, 1993; ZOLLER et al., 2002; ZOLLER; PUSHKIN, 2007).

De acordo com de Souza e Valente (2014), Kirschner et al. (2006) e Kalyuga (2001), e mais recentemente com Wilcox e Lewandoski (2017) se o aluno já conhece o assunto no qual está trabalhando e já possui algum grau de expertise em atividades práticas, as pesquisas mostram que as questões abertas e o laboratório aberto são metodologias eficientes para o desenvolvimento das habilidades cognitivas de alto nível citadas no parágrafo anterior.

Os autores acima demonstraram que para um aluno perito, as atividades muito estruturadas, como àquelas do modelo pedagógico diretivo, conduzem a efeitos negativos na aprendizagem como o fenômeno conhecido como *efeito reverso da expertise*.

O efeito reverso da expertise é um fenômeno educacional, muito recorrente, em que o aluno, quando submetido a resolver problemas semelhantes — sem ser desafiado e sem a necessidade de sair de sua zona de conforto — perde o interesse em resolvê-lo.

É por este motivo que turmas quando são avaliadas sempre da mesma maneira — em física quase sempre é através de provas com resolução de problemas repetitivos — o professor verifica a queda acentuada de seu rendimento. Diante de nossa prática docente já vivenciamos este fenômeno em vários momentos.

Apesar das atividades investigativas, quando feitas adequadamente, promoverem um grande engajamento e serem muito estimulantes para os alunos (BORGES, 2002; FERREIRA, 2010) existem sérias críticas sobre sua utilização na educação, em especial, na maneira que se dá a atuação do professor durante a execução destas atividades — se o docente é construtivista e não orienta (ou orienta minimamente) o processo de ensino-aprendizagem, ou se ele direciona completamente a atividade.

Dentre as críticas direcionadas às metodologias de ensino-aprendizagem minimamente orientadas, discutiremos brevemente, *infra*, as três que consideramos mais relevantes:

a) – Confunde a verdadeira natureza da aprendizagem ativa (de SOUZA; VALENTE, 2014):

Segundo os autores citados na alínea *supra*, os modelos de aprendizagem ativa, como as pedagogias centradas no aluno, têm a premissa de que a aprendizagem é fruto da ação ou da atividade do aluno em prol do desenvolvimento da autonomia intelectual.

Porém esta ação pode ser comportamental (observável exteriormente) ou pode ser cognitiva (internamente e não observável); no entanto, nem toda aprendizagem verifica-se, imediatamente, através da mudança de comportamento, ela pode ficar em estado de latência (MAYER, 2004).

Já vimos que em atividades experimentais é comum que o professor confunda engajamento e interesse, que podem ser vistos externamente, com aprendizagem científica (conceitual ou procedimental). Bassoli (2014) denotou este fenômeno como o *mito* do papel da atividade experimental no ensino de ciências.

Haase et al. (2015) argumentam que a atividade comportamental pode mascarar a falta de atividade cognitiva e que a atividade cognitiva pode ser um prazer furtivo e solitário.

Contudo, para aprendizagem que nos interessa, a atividade que esperamos verificar no aluno deve ser mental; pois afinal, a atividade comportamental pode ser frenética e acontecer à revelia da cognição. Isto não nos interessa.

b) – Impossibilidade de inferir convenções arbitrárias:

Não existe base lógica que dê conta de explicar como entender o significado de símbolos matemáticos sem que lhes apresentemos anteriormente. Se o aluno não tiver o mínimo de conhecimento sobre o fenômeno estudado e não tiver um mínimo de contato com atividades experimentais, mesmo na interação como outros alunos de mesmo nível intelectual, estas inferências não acontecerão (de SOUZA; VALENTE, 2014).

c) – Nega a natureza da arquitetura cognitiva humana:

A arquitetura cognitiva da mente humana é possível distingue-se, claramente, dois compartimentos importantíssimos para o gerenciamento da informação adquirida e que influenciam na aprendizagem: a memória de longo e a de curto prazo (COSENZA; GUERRA, 2011; de SOUZA; VALENTE, 2014; HAASE et al., 2015).

A memória de curto prazo, também chamada de memória de trabalho ou operacional, é um componente da arquitetura cognitiva que lida com a informação no momento em que é recebida do meio externo. O acesso às informações recebidas, de imediato, é aleatório.

Uma característica importante da memória de trabalho é a sua capacidade limitada de processamento e armazenamento de informação. Ela tem capacidade de, no máximo, armazenar sete itens ou informações diferentes que se perde após 30 segundos (COSENZA; GUERRA, 2011; de SOUZA; VALENTE, 2014; STERNBERG; STERNBERG, 2016).

Logo, todo esforço mental maior que a capacidade de armazenamento da memória de trabalho, comprometerá a aprendizagem, bem como a formação de esquemas de ancoragem na memória de longo prazo. Isto quer dizer que haverá uma sobrecarga cognitiva na memória de trabalho (de SOUZA; VALENTE, idem).

De acordo com Haase et al. (2015) e Cosenza e Guerra (2011), a memória de longo prazo corresponde ao estoque de armazenamento de informações ilimitado e de duração temporal indefinida, com grande diversidade de conteúdo armazenado e tudo de relevante para aprendizagem estão armazenados na memória de longo prazo: conceitos, procedimentos, fatos e hábitos.

Haase et al. (idem) e Cosenza e Guerra (idem) prosseguem argumentando que a memória de longo prazo não é estanque; pelo contrário, é dinâmica e altamente complexa. Desta forma, a maneira pela qual as novas informações modificam-na, é decisivo para a qualidade da aprendizagem.

Ademais, quanto maior a quantidade de conteúdos armazenados na memória de longo prazo, maior é a possibilidade de sucesso de novas aprendizagens.

Diante do que expomos, inferimos o seguinte:

- a) – Para o aluno adquirir aprendizagem em ciências sobre algum conteúdo, o professor deve proporcionar-lhe um equilíbrio entre memorização (decoreba) e compreensão, pois como já foi dito, quanto mais conteúdo armazenado na memória de longo o aluno tiver a sua disposição, mais facilmente ele assimilará novos conteúdos. Portanto, não adianta só compreensão, é necessário incorporar a nova informação com a velha, previamente armazenada em sua estrutura cognitiva.
- b) – Submeter alunos diante de situações-problemas não triviais, com pouca estruturação didática, sem que o aluno tenha o conhecimento conceitual e procedimental para resolvê-los, poderá, sobremaneira, sobrecarregar-lhes a memória de trabalho, causando-lhes assim, um aspecto muito negativo na aprendizagem.
- c) – Finalmente, pelas argumentações anteriores, não vemos alternativa se não semiestrutar (guiar parcialmente) as atividades investigativas, seja de laboratório aberto ou as questões abertas; pelos motivos já estabelecidos.

Estas são nossas razões para semiestrutar as metodologias de ensino-aprendizagem pertencentes ao espectro do ensino de ciências por investigação que serão utilizadas neste trabalho; pois afinal, se a memória de trabalho condiciona o modo como aprendemos então, parece-nos natural, condicionar o modo como ensinamos.

Defendemos que o aluno deve participar de atividades investigativas, só após participar de outras metodologias de ensino-aprendizagem com o fim de lhes fornecer conhecimentos factuais e procedimentais necessários ao seu desenvolvimento.

Isto possibilitará um desafogo na memória de trabalho, evitando a sobrecarga cognitiva, pois do contrário, a própria *ação* ou *atividade* do aluno para resolver a questão-problema, impedi-lo-á de solucioná-

la. Pois, como atesta Willingham (2011): o desenvolvimento de habilidades não precede o conhecimento de fatos.

Em nossa opinião, apesar de o conhecimento escolar ser consensual (CHEVALLARD, 1991), as atividades investigativas colocam o alunado diante da fronteira do seu conhecimento comum, vulgar, sobre questões científicas.

Com efeito, toda atividade investigativa é um desafio intelectual e cognitivo onde algumas exigirão uma postura mais ativa do que outras por parte do alunado. Mas, contudo, todas deverão ser resolvidas por meio de vários ciclos de interpretação da situação-problema, como a representação mental, o planejamento do experimento, a tomada de decisão das alternativas emergentes, a execução do experimento, e a avaliação e reavaliação da prática realizada.

Vemos então, que não tem sentido submeter um estudante a realizar uma atividade de laboratório aberto, por exemplo, sem que ele tenha poder de análise, poder de síntese, que seja capaz de fazer conexões entre conhecimentos diversos, que tenha pensamento crítico e avaliativo, que aplique bem teorias científicas e realize procedimentos laboratoriais conhecidos.

Um estudante que se submete a alguma atividade como o laboratório aberto e consegue resolvê-la, não resolve apenas um problema, ele adquire novos conhecimentos ou revisa aqueles que já têm, mas, sobretudo, aumenta seu nível cognitivo (ZOLLER; BASHKIN, 2007).

A orientação explícita dada à atividade de investigação é-nos muito cara. Em primeiro lugar, pois já é sabido que os alunos investigados (sujeitos da pesquisa) são *non experts* (noviços), especialmente em atividades experimentais.

Em segundo lugar, estes alunos não possuem, sequer, as habilidades procedimentais inerentes às práticas de laboratório. Isto torna inviável colocá-los diante de situações-problemas diretamente dentro de um ambiente sócio-construtivista de ensino e aprendizagem como propuseram Suart e Marcondes (2008) e Suart et al. (2010).

Em adição, infere-se de nossa experiência docente, que mesmo durante as atividades de investigação minimamente dirigidas, sempre faz-se necessário a intervenção do professor que orienta, direciona ou guia o aluno para algum fim — vide Capítulo 1.

Em terceiro lugar, reiteramos que tem-se, aqui, o entendimento de que os laboratórios tradicional e aberto são valiosos recursos que podem promover e facilitar o ensino de ciências, e da física em particular. Mas existem momentos mais adequados para a utilização de cada uma. Não consideramos *prudente* que numa abordagem inicial, faça-se a utilização do laboratório aberto. Assim como Kalyuga et al. (2001), por exemplo, já tivemos a oportunidade de constatar a ineficiência de uma atividade didática pouco estruturada quando aplicada no momento inadequado.

Nossa ideia então é de submeter os alunos a vários ciclos de atividades investigativas práticas, inclusive de práticas experimentais, onde o grau de orientação explícita dada pelo professor diminuirá à medida que os ciclos forem se desenvolvendo, e que se perceba a mudança de comportamento dos alunos diante destas atividades.

Outrossim, por meio das atividades investigativas seremos capazes de desenvolver as habilidades cognitivas ainda não internalizadas pelos alunos, e faremos, possivelmente, com que eles caminhem para autonomia intelectual.

Podemos, agora, delimitar o que chamaremos de *investigação guiada*. A investigação guiada é uma ação didática semiestruturada, onde há a participação decisiva do professor, que dá um direcionamento para a atividade de investigação, propondo qual problema deve ser investigado, cabendo ao aluno, analisar informações, coletar dados relevantes sobre o problema (MUNFORD; LIMA, 2007; SILVA, 2015).

Vimos pelo Capítulo 1 que o professor tem papel central na condução das atividades investigativas. Assim, diante de alunos noviços, o professor há de planejar-se muito cuidadosamente para inserir-lhes em um ambiente propício ao bom desenvolvimento de pequenas pesquisas didáticas.

Sá et al. (2007), em sua tese de doutoramento, concluiu que as dificuldades de implementação de aulas de laboratório investigativo ainda são um obstáculo para consolidar-se como uma metodologia eficiente de ensino-aprendizagem.

Nota-se pelas análises bibliográficas que as pesquisas sobre como se deve implementar atividades investigativas, são escassas, especialmente no Brasil. Traçar como meta o desenvolvimento de atividades investigativas no ciclo básico de ensino — ensino fundamental e médio — é uma coisa; dizer como fazê-las é outra bem diferente. Da Tabela 2 vemos que, em 12 anos, tivemos, aproximadamente, 28 (vinte e oito) artigos publicados que apontaram alguma direção neste sentido.

Portanto, defende-se diante do que foi exposto que, pesquisas sobre as maneiras mais apropriadas de como desenvolver-se atividades investigativas em sala de aula ainda são urgentes; e é neste espaço que almejamos inserir as possíveis contribuições desta pesquisa de doutoramento.

4 Percurso metodológico

Neste trabalho desenvolveu-se uma pesquisa qualitativa com a abordagem (tipo ou modalidade) conhecida como *pesquisa ação-participante*, pois: (i) a investigação se deu dentro da própria comunidade a qual pertence os participantes da pesquisa (BRANDÃO, 1999), (ii) os sujeitos investigados foram entes ativos ao longo da investigação (GIL, 2010), (iii) tivemos a intenção de diminuir a distância entre o conhecimento teórico e prático (DEMO, 1995) e, (iv) foi uma investigação de caráter emancipatório, pois o conhecimento resultante da pesquisa será, ao final, devolvido para a *locus* onde ocorreu a investigação (CHIZZOTTI, 2014; THIOLLENT, 2011).

Antes de prosseguir-se cabe explicitar o nome dado a modalidade da pesquisa que aqui foi executada. Ocorreu que esta pesquisa aglutinou diferentes pressupostos seja da pesquisa-ação, seja da pesquisa-participante, mas, manteve a característica nuclear de ambas, qual seja: *transformar a realidade onde jaz a pesquisa realizada*.

Portanto, fizemos uma pesquisa-ação no sentido de que a Instituição de Ensino, onde o autor do trabalho participa, encomendou que tal trabalho de doutorado fosse desenvolvido; quer seja para melhorar a qualificação de seu quadro docente; quer seja para gerar-se algum produto que possa ser utilizado em prol da própria Instituição.

Ademais, esta também é uma pesquisa-participante, pois os sujeitos da pesquisa foram importantes na delimitação da amplitude do trabalho quando da postulação inicial de qual deveria ser o objeto de investigação desta tese. Pondo mais diretamente, os sujeitos da pesquisa tiveram total interesse em que este trabalho fosse realizado.

Feito estas considerações passa-se então para as seções que explicitam o ambiente da pesquisa, os sujeitos e o percurso metodológico que fora empregado.

4.1 Sujeitos participantes da pesquisa

Esta pesquisa foi realizada com alunos dos cursos do ensino médio integrado de química (turma 11) e informática (turma 21) do Instituto Federal do Amazonas — Campus Manaus Centro (IFAM/CMC).

A turma 11 — 1º do ensino médio — tinha faixa etária de 15 anos na média, — era constituída por 40 (quarenta) alunos; deste montante, 8 eram meninos e 32 meninas. A faixa etária da turma 21 — do 2º do ensino médio — foi de 16 anos; com 12 meninos e 28 meninas.

Além dos alunos, três professores de física participaram da pesquisa, também. Todos com mais de

20 anos de magistério. Denotaremos por professores H, B e E.

O professor H é físico de formação, com mestrado em física e doutorando em física. O professor B é engenheiro civil, com especialização em controle de qualidade. O professor E, também é físico de formação, e atualmente é aluno do mestrado profissional do ensino de física.

O IFAM é uma Instituição que atualmente, atua nos níveis de ensino básico, técnico e tecnológico, além de licenciaturas em matemática, física, química e ciências biológicas.

De acordo com do Projeto Pedagógico Institucional do IFAM: *deve-se oferecer formação técnica que seja voltada para área específica de conhecimento, que visa à inserção no mercado de trabalho local, além de oferecer uma formação básica geral*. Por isto, o curso é chamado de Integrado, já que concatena estas duas formações distintas e com objetivos diferentes que devem ser aglutinados para a formação do cidadão.

Devido à aglutinação destas duas formações os cursos acontecem em regime integral. Assim, os alunos têm seu tempo letivo dividido entre disciplinas técnicas, básicas, artísticas e esportivas.

Particularmente, a disciplina de física, por meio da qual fez-se a investigação, correspondeu a três horas aula/semana, na turma de química e duas horas aula/semana para a turma de informática — só aulas teóricas. Não há física experimental no currículo, cabendo ao professor decidir se promove ou não atividades experimentais.

4.2 Instrumentos de coleta e análise de dados

Para validar e comprovar as hipóteses qualitativas que encontram-se diluídas ao longo do texto, utilizamos de dos seguintes instrumentos de coletas de dados. Para evitarmos citações repetitivas, estabelece-se, a partir e agora que, todos os instrumentos utilizados seguiram os manuais de Gil (2010) e Sampieri et al. (2013); quais sejam:

(1) – **Observação participante:**

Esta técnica de investigação foi utilizada devido à necessidade de eliminar deformações subjetivas na pesquisa para que houvesse a compreensão das interações entre os sujeitos que se encontraram em observação por meio de um processo longo de observação. Desta forma, ao longo da pesquisa, fez-se várias anotações (descritivas e analíticas, quando possível) de fatos, situações ou eventos que foram consideradas relevantes para pesquisa, tais como: o comportamento da turma quando fizemos a primeira aula de questões abertas/laboratório aberto — observamos motivação, engajamento, dificuldade de execução das dinâmicas propostas nas quais fizemos parte empírica da pesquisa.

(2) – **Questionário com perguntas fechadas e tipo-Likert:**

Estes instrumentos de coleta foram utilizados para (i) verificação de conhecimentos prévios que nortearam de como deveríamos propor as situações-problemas, no que concerne ao nível de dificuldade; e (ii) para verificar qual a metodologia de ensino-aprendizagem da preferência dos alunos — como vocês preferem aprender? que tipo de aula vocês mais gostam: aula teórica, prática, de laboratório? — deveríamos utilizar com as situações-problemas.

(3) – **Entrevista semiestruturada individual e em grupo:**

A entrevista foi uma maneira eficiente de evitarmos possíveis fraquezas ou entendimento grosseiro nas taxas de respostas dos alunos nos questionários, bem como para verificar se nossa categorização dos dados estava coerente com a realidade que investigamos.

Apresenta-se agora os instrumentos de análise de dados empregados nesta pesquisa. Para análise das entrevistas semiestruturadas, as individuais e em grupo, utilizou-se a técnica de codificação qualitativa da análise linha por linha (SAMPIERI et al., 2013: 456).

E para classificar as hipóteses e soluções para as situações-problemas usamos as categorias propostas por Kasseboehmer e Ferreira (2013). Estes autores enquadraram a fala (escrita) dos alunos em três categorias: coerentes, pouco coerentes e não coerentes.

Coerência origina-se do latim *cohaerentia* que significa *conexão* ou *coesão*. É a característica daquilo que tem *lógica* e *coesão*, quando um conjunto de ideias apresenta nexos e uniformidade (ALVES, 2011; REALE, 2002).

- a) – Conclusão coerente: são aquelas que cumprem o que foi solicitado pelo problema, claramente, e se fundamentam nos fatos científicos e/ou evidências do experimento realizado. Aquele que apresenta uma conclusão coerente, utilizou-se dos conceitos científicos corretamente, e quando a solução advém de um experimento, ele fundamenta ou conclui sua resposta utilizando-se as evidências do experimento.
- b) – Conclusão pouco coerente: há duas possibilidades para conclusão pouco coerente; (i) ela atende ao enunciado do problema, mas apresentam algum equívoco conceitual, não se baseia em evidências quando este for o caso, e nem em fatos científicos; (ii) ela apresenta-se fundamentada em fatos e conceitos científicos utilizados corretamente; mas não atende o enunciado do problema. Disto resulta que não há uma completa falta de nexos entre resposta e pergunta; daí a designação *pouco*. No entanto, isto já compromete o entendimento e a validade da resposta;
- c) – Conclusão não coerente ou incoerente: representa a total falta de nexos entre pergunta e resposta. Não se atende ao que foi solicitado pelo problema.

Para a codificação das hipóteses e das soluções das situações-problemas, usamos a contagem de palavras repetitivas (LUDKE; ANDRÉ, 2015: 57) e as interpretou-se fisicamente.

4.3 Etapas da pesquisa

Apresenta-se nesta seção as etapas em que a pesquisa foi desenvolvida. Estas etapas seguiram uma sequência que assemelha-se aquelas encontradas em pesquisas qualitativas como as de Fernandes e Silva (2015) e Suart e Marcondes (2008), além daquelas pesquisas mistas como em Borges e Rodrigues (2004) e em Matoso e Freire (2013); porém, adaptadas a realidade em que foi inserido esta pesquisa. A proposta dividiu-se em três etapas distintas. Vejamos quais foram:

4.3.1 Primeira fase: exploratória

Esta fase exploratória consistiu em buscar por um problema de pesquisa dentro da Instituição. Então ficávamos atentos aos problemas de altos índices de reprovação, a rejeição pelas aulas de física, matemática e química; evasão escolar; nas reclamações dos colegas de trabalho sobre o nível intelectual dos alunos, em especial dos calouros; entre outros.

Passamos também a ter conversas com coordenadores de curso e chefes de departamento de onde veio a sugestão de lermos os PPC's dos cursos. Diante da leitura destes PPC's é que vislumbramos a possibilidade de trabalharmos com alguma metodologia de ensino-aprendizagem diferenciada.

Portanto, diante disto, passamos, na condição de professor das turmas 11 e 21, inserir-lhes em diferentes situações didáticas utilizando-se diversas metodologias para o ensino de física; quais sejam: (i) a instrução direta e explícita (GAUTHIER et al., 2013) também conhecida como aula tradicional (GAUTHIER; TARDIF, 2014) ou modelo comportamental de ensino (SANTOS, 2013); (ii) simulação computacional interativa utilizando o *software Modellus* (ARAÚJO et al., 2004; VEIT et al., 2002); (iii) videoaulas que satisfizeram o modelo de sala de aula invertida (BERGMANN; SAMS, 2016); (iv) leitura de materiais de apoio como textos complementares no final dos capítulos do livro texto (PIETROCOLA et al., 2011 (a) e (b)); (v) atividades experimentais do tipo laboratório tradicional e aberto (BORGES, 2002; CARVALHO et al., 2010, 2014); (vi) atividades investigativas que modelam as etapas do método científico por meio de pequenas pesquisas no contexto escolar (CARVALHO et al., 2010, 2014).

Passado a etapa anterior, investigou-se qual dentre as metodologias supracitadas foi a que, na opinião dos alunos, mais lhes facilitou aprendizagem. Para tanto, lhes foi aplicado um questionário tipo-Likert⁵ (SAMPIERI et al., 2013: 260) — vide (Tabela 3) na (seção 5.2).

Consequentemente, com o objetivo de apreendermos os motivos pelos quais aos alunos escolheram determinada metodologia, fizemos entrevistas semiestruturadas individuais e em grupos — onde os alunos

⁵ Não usa-se, aqui, a escala Likert para medir aprendizagem. Mas ela indica qual dentre as várias metodologias em que os alunos foram submetidos mais lhes pareciam interessante. Há estudantes que preferem aulas de laboratório; outros simulação computacional. Aqueles que optam pelas aulas de laboratório imaginam que aprendem mais fazendo experimento. É isto que estávamos interessados em saber por meio da escala Likert (Apêndice A).

que compuseram os grupos foram selecionados a esmo. Ao total obtivemos quase duas horas de entrevista em grupo.

Da análise das entrevistas em grupo extraímos, também, quais as habilidades importantes para a aquisição de novas aprendizagens (BLOOM et al., 1977), ainda não estavam bem desenvolvidas por eles.

Finalmente, fez-se, também, a entrevista semiestruturada com três professores do Instituto — apenas uma delas foi transcrita. Todos os professores têm mais de 20 (vinte) anos de carreira. Obtivemos quase que 50 minutos de entrevista gravada.

O objetivo de se ouvir os professores foi de sabermos qual metodologias eles empregavam em sua prática e por que as utilizavam, se costumavam embasar suas aulas através de alguma tendência pedagógica atual e se, se preocupavam em desenvolver alguma habilidade cognitiva cara ao contexto escolar.

Toda esta fase exploratória esteve em comunhão com um pressuposto da pesquisa ação-participante: explorar o *locus* da pesquisa, com a ajuda da comunidade, para verificar quais são os problemas existentes ali (IFAM), para que só depois se possa propor o problema de pesquisa (BRANDÃO, 1999; THIOLLENT, 2011).

A necessidade de delimitar quais metodologias seriam capazes de atender foi consequência do conhecimento dos altos índices de reprovação na disciplina de física e de que o desenvolvimento de habilidades configura-se como um ponto altamente relevante para a formação dos alunos dos cursos técnicos de química e informática como pude-se ver nos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPC's).

A última parte desta etapa consistiu em fazer a triangulação entre os dados advindos do questionário tipo-Likert, e da transcrição das entrevistas.

Como resultados, não houve, na verdade, uma única metodologia de preferência dos alunos; foram duas, quais sejam: as atividades investigativas na turma 11; e as aulas experimentais na turma 21. Em adição, a habilidade cognitiva que mostrou-se pouco desenvolvida foi o *pensamento abstrato*.

4.3.2 Segunda fase: empírica

Esta etapa corresponde à fase empírica da pesquisa, no desenvolvimento das atividades investigativas em sala de aula (alunos) e na coleta de dados utilizando-se dos instrumentos apontados seção 4.2.

Diante da triangulação dos dados — já na fase anterior — concluiu-se que a habilidade do *pensamento abstrato* deveria ser desenvolvida por meio de duas metodologias inseridas teoricamente no ensino de ciências por investigação, quais sejam: as questões abertas e o laboratório aberto. Para o desenvolvimento e aplicação de ambas em sala de aula seguiu-se as orientações dadas por Carvalho et al. (2010, 2014).

Nas turmas de química, turma 11, desenvolveu-se a metodologia de questões abertas sobre o con-

teúdo disciplinar de lançamento oblíquo (bidimensional) (PIETROCOLA et al., 2011(a)). Para tanto, solicitou-se que os alunos se organizassem em duplas para realizassem a dinâmica proposta.

Para o desenvolvimento das questões abertas utilizou-se 6 (seis) tempos de aula, cada um com 50 (cinquenta) minutos. Esta turma tinha 3 (três) horas aula por semana de física; com 3 (três) tempos de aula, consecutivos.

Nos 3 (três) primeiros tempos (primeira semana) fez-se um ensaio de como seria o desenvolvimento da atividade na próxima semana. Isto fez-se necessário, pois estávamos nos preparando para a parte empírica da pesquisa-ação participante e gostaríamos que, neste momento da pesquisa, houvesse o mínimo de mediação possível por parte do pesquisador. Os alunos desta turma já haviam sido submetidos a atividades de questões abertas, porém, não com este nível de estruturação em que deveria ser dispensado na pesquisa empírica.

Na segunda semana (os outros três tempos de aula) fez-se a pesquisa empírica. Iniciou-se a proposta em sala de aula com uma discussão para contextualizar o problema a ser atacado, lançou-se então a situação-problema que deveria ser resolvida para turma, coletou-se as hipóteses explicativas para a situação-problema e cada dupla apresentou seus resultados para as demais equipes.

Na turma de informática, turma 21, desenvolveu-se a atividade de laboratório aberto (CARVALHO et al., 2014) ao longo de 8 (oito) aulas — onde houve 2 (dois) tempos consecutivos de aula por semana de 50 (cinquenta) minutos cada um.

Nas 2 (duas) primeiras semanas a turma foi submetida a aulas de laboratório tradicional (BORGES, 2002). Estas aulas tiveram o propósito de lhes ensinar como deveria ser desenvolvida a atividade experimental, como deveria ser feito os registros dos dados do experimento e confeccionar os relatórios; além de lançar alguns critérios que deveriam ser atendidos sobre como os alunos deveriam comportar-se no laboratório e terem cuidado com os equipamentos.

Percebeu-se com estas duas semanas de aula experimental que: para que pudéssemos acompanhar e controlar as etapas da pesquisa e melhorar a qualidade da nossa observação participante, dever-se-ia dividir a turma em dois grupos de 20 (vinte) alunos. Assim, deste modo, na terceira semana, fez-se um ensaio sobre como seria o desenvolvimento da pesquisa empírica — pelos mesmos motivos já apresentados nas questões abertas na turma 11.

Na quarta semana fizemos então a atividade de onde faríamos nossa observação e coletaríamos os dados para pesquisa. A aula iniciou-se com uma discussão para inserir e contextualizar a situação-problema a ser lançada para turma e ao final fez uma discussão para ouvirmos as soluções para o problema dada pelas equipes.

4.3.3 Terceira fase: analítica

Esta é a etapa final da metodologia empregada nesta pesquisa, ela consistiu-se na análise e reflexão de tudo que fizéramos. Os dados coletados na fase anterior foram analisados exaustivamente para evitar que lhes estivéssemos atribuindo alguma interpretação irreal ou deixando escapar alguma informação relevante. Além disto, fez-se o confronto entre os resultados obtidos pelos instrumentos de análise apontados seção 4.2 e a observação participante para aumentar nosso nível de certeza.

E finalmente, utilizou-se esta etapa para confeccionar um artigo científico em que apresenta-se alguns resultados parciais desta pesquisa; vide Campos et al. (2017).

5 Análise e discussão de resultados

Apresenta-se nesta seção as análises das transcrições das entrevistas realizados com os alunos de duas turmas, ambas do ensino médio integrado, quais sejam: uma turma do curso técnico integrado de química e outra do curso integrado de informática. Além disto, apresenta-se, também, a transcrição e análise da entrevista semiestruturada feita com o professor E. Todas as transcrições encontram-se no Apêndice C.

5.1 Análise da escala tipo-Likert

O questionário tipo-Likert foi aplicado para ambas as turmas envolvidas na pesquisa. O objetivo foi de medir qual seria a *atitude* dos alunos, de ambas as turmas, diante do objeto: metodologias de ensino-aprendizagem diante de 5 (cinco categorias) — vide Apêndice A.

Tabela 3 – Ranking médio do questionário tipo-Likert: química 11; informática 21.

Metodologias de ensino-aprendizagem	Turma 21	Turma 11
Atividades experimentais	4,5	1,7
Simulação computacional	3,3	2,1
Atividades investigativas	3,4	4,9
Instrução direta e explícita	1,7	2,5
Video aula	3,2	2,0
Leitura de textos complementares	1,3	0,5

Fonte: Campos (2017).

Segundo Sampieri et al. (2013) as atitudes são predisposições para alguma ação coerente. Esta predisposição no contexto desta pesquisa consistiu em saber qual metodologia de ensino-aprendizagem era mais interessante para os alunos. Qual metodologia que, na opinião deles, mais lhe facilitava a aprendizagem. Assim, o questionário tipo-Likert não avaliou a aprendizagem em física. Mas sim, indicou-nos as metodologias que eles mais gostavam de aprender.

A escala consistia no seguinte: 1 – discordo totalmente; 2 – discordo parcialmente; 3 – sem opinião; 4 – concordo parcialmente; 5 – concordo totalmente. O *ranking* médio (*RM*) foi obtido calculando-se a razão entre a frequência de respostas para cada escala (*f*) pelo total de respondentes para cada pergunta (*N*):

$$MP = \sum_{i=1}^5 \frac{f_i}{N} \quad (5.1)$$

Veja-se pela Tabela 3 que a turma 11, concorda totalmente que a metodologia de *Atividades investigativas*, do tipo questões abertas, pode facilitar a aprendizagem; esta metodologia foi a preferida desta

turma. A turma 21, por seu turno, concorda que as *atividades experimentais* podem facilitar-lhes a aprendizagem.

Isto não era esperado. Mesmo na condição de professor desta turma; nos surpreendemos. O curso de química é, vocacionalmente, um curso mais experimental. Não quer dizer que não haja disciplinas teóricas; mas as aulas de laboratório compõe quase que 50% do curso. No entanto, as atividades experimentais (laboratório) ocuparam, apenas, o quinto lugar no *ranking* médio. Ou seja, a turma de química discorda que as aulas de laboratório sejam capazes de facilitar a aprendizagem. Esta turma, em particular, não a considerou interessante para aprender física.

A turma de informática, cujo a matriz curricular, não contempla aulas de laboratório de ciências — física, química ou biologia — as atividades experimentais ocuparam o primeiro lugar, ou seja, a turma de informática concorda que as aulas experimentais podem contribuir para aprendizagem em física. As simulações computacionais, que inerem a este curso, ficou em terceiro lugar, ou seja, a turma de informática é indiferente a esta metodologia.

Como veremos nas próximas seções, a turma 11 de química, não ficava a vontade nas aulas de laboratório, devido a estruturação da metodologia empregada, a quantidade de alunos dentro dos laboratórios, bem como pelo excesso de cuidado para com o material e os equipamentos de laboratório; como veremos na análise das entrevistas.

Para turma 21, as aulas de laboratório é capaz de facilitar a aprendizagem tornando os conceitos físicos mais concretos.

5.2 Codificação das entrevistas semiestruturadas

Devido à pergunta científica que pretendeu-se responder por meio da pesquisa — apresentada na Introdução deste trabalho — investigou-se juntamente ao alunado qual metodologia de ensino-aprendizagem lhes pareciam mais interessante, para que, diante desta resposta, pudéssemos delimitar que tipo de metodologia de ensino-aprendizagem seria utilizada para verificar o desenvolvimento (ou não) de algumas habilidades importantes no contexto escolar; qual seja: o *pensamento abstrato*.

Fato, que as turmas onde jaz a pesquisa empírica, foram submetidas à diversas metodologias de ensino-aprendizagem, partindo-se da instrução direta (aulas tradicionais) e indo até as atividades investigativas.

Deste modo, as entrevistas em grupo tiveram dois objetivos; quais sejam: (i) o de averiguar os motivos pelos quais as turmas 11 (química) e 21 (informática) indicaram as atividades prático-experimentais e as atividades investigativas, respectivamente, como as metodologias de sua preferência — vide Tabela 3, e que, (ii) diante da escolha de alguma metodologia de ensino-aprendizagem, observando-se os méritos e

deméritos desta, deduzir-se quais habilidades deveriam ser desenvolvidas com a utilização da metodologia da pesquisa aplicada, previamente escolhida; como apresentaremos no Apêndice C, nas subseção 5.2.1, subseção 5.2.2 e subseção 5.2.3.

Todas as entrevistas passaram pelo crivo da codificação qualitativa pela análise linha por linha de acordo com as referências citadas no seção 4.2. Assim, as categorias emergentes representam, na verdade, a habilidade cognitiva que deveria ser desenvolvida e as metodologias de ensino-aprendizagem que deveriam ser utilizadas para o desenvolvido de tal habilidade.

5.2.1 Análise da entrevista da turma 21

De acordo com o seção C.1 extraímos os seguintes pontos que mostraram-se relevantes para o entendimento de quais habilidades foram manifestadas e quais deveriam ser desenvolvidas pela pesquisa. Observe-se que as palavras ou termos consideramos centrais para o entendimento de um todo explicativo encontram-se em negrito entrevista da turma 21. Diante destas termos, bem como da relação entre eles, em cada linha, e no cotexto geral das narrativas, é que oferecemos uma explicação para o que foi observado.

Vimos que para os alunos deste grupo as atividades investigativas lhes pareceram fora do contexto; desconectadas dos aspectos do seu dia-a-dia. Observe nos excertos narrativas dos alunos A1, A3 e A4, respectivamente:

A1 – *Elas estão muito focadas em sala de aula (...)* – linha 8.

A3 – *Ter a ideia do que vai acontecer no problema (...) agente vai pensar em algo que não tá acontecendo (...)* – linha 19.

A4 – *(...) mais dificuldade porque vai ter que imaginar toda situação e ...* – linha 24.

Pozo e Crespo (2009) perfazem uma argumentação sobre as dificuldades de aprendizagem em ciências, particularmente da física, e ressaltam que a **abstração** inerente aos conceitos científicos — em toda sua amplitude, — bem como a ausência de inserir conceitos científicos dentro de um contexto real é uma delas. Portanto, este é um fenômeno educacional bem conhecido.

A questão é que, grosso modo, **abstrair é descontextualizar** e, para tanto, extrai-se toda e qualquer característica particular do objeto de investigação com o fim último de torná-lo universal. Afinal, esta é a características dos construtos da ciência (ALVES, 2011; REALE, 2002).

A **contextualização** no ensino de ciências, como já antecipamos, traz consigo o valor pedagógico da atribuição de características particulares aos conteúdos curriculares estudados em sala de aula; não necessariamente as mesmas características histórica e social em que foram concebidos. Mas, contudo, que

estas características, de certo modo, consigam delimitar o âmbito de aplicação deste conhecimento dentro de possíveis situações vividas pelos estudantes.

Isto é de grande valia pedagógica, pois isto pode evitar a sobrecarga cognitiva, e ainda pode ajudar no agrupamento do novo conhecimento com o antigo na estrutura cognitiva do sujeito (aluno) de forma não literal e significativa (MOREIRA, 2011; STERNBERG; STERNBERG, 2016; WILLINGHAM, 2011).

Embora não seja ponto pacífico entre os teóricos da educação, **contextualizar** é fazer transposição didática (CHEVALLARD, 1991; CARVALHO et al., 2010) por meio de exemplos que reduzem a **abstração** do conteúdo científico tornando-o mais **concreto**. Mais que isto, além de torná-lo **concreto**, que também torne-o **familiar** aos estudantes através de exemplos retirados de **suas experiências de vida**; pois as experiências anteriores são imprescindíveis para a aquisição das novas aprendizagens (WILLINGHAM, 2011).

Deduz-se pelo que foi exposto que a **contextualização** que dispensamos para com o desenvolvimento da proposta não alcançou o objetivo desejado e tornou-se um empecilho para o bom desempenho dos estudantes da turma de Informática quando da utilização das metodologias de atividades investigativas, tanto quanto das instruções diretas. Vê-se isto explicitamente na fala de A5, dizendo que atividades investigativas lhe exige da **imaginação**:

A5 – *A gente tem que imaginar (...) e na prática é bem mais fácil de aprender.* – linha 32

Entendemos que a relação entre **imaginação** e **contextualização** é quase que auto-evidente, pelo que exposto no Capítulo 3, no sentido de que: uma vez que a **contextualização** não concretizou, ou ao menos favoreceu a concretização dos conceitos científicos envolvidos na proposta; ela não acionou os mecanismo da memória capazes de fazer com que os alunos revivessem experiências donde poderiam ancorar novos conhecimentos. Com efeito, se a **contextualização** falhou; deve-se então apelar para **imaginação criativa**.

Mas, ora, não ficamos convencidos de que, afinal, é esta a razão pela qual sucumbiu a **contextualização**. Afirmar-se, e o fazemos com segurança, que as situações empregadas para contextualizar as situações-problemas foram comuns. Evitamos a utilização do **contexto magnífico**, nos moldes dado no Capítulo 1, devido ao fato de estarmos lidando com alunos novatos.

A simulação computacional também foi indicada pelos alunos deste grupo como uma metodologia que lhes exigiam da **imaginação**, porém em menor grau, vide A6, tornando numa metodologia com potencial de facilitar a aprendizagem, em detrimento da atividade investigativa:

A6 – (...) *acho a simulação é mais fácil ... você não tem que imaginar e tal ...* – linha 38

E o aluno A1 complementa:

A1 – *Acho que ela ficou em terceiro lugar, ..., foi uma forma melhor de expressar o que estava no papel ...* – linha 44.

Outras palavras ou termos relevantes que emergiram da fala dos alunos, e que, em nossa opinião tem relação estreita com as anteriores (em negrito) foram: o **ver** e o **fazer**. Ambas emergiram diante da caracterização das atividades experimentais no sentido de que **ver** o fenômeno e **fazer** o experimento lhes facilitava a compreensão dos fenômenos físicos.

Os alunos A3 e A4 apontaram que o **ver** foi importante para aprendizagem, tanto quanto **fazer** o foi. Deduz-se disto então, que, segundos alguns alunos deste grupo, por meio do **ver** e do **fazer** foi-se possível evitar a utilização da **imaginação**, ao menos demasiadamente.

Veja-se as narrativas:

A3 – (...) *as pessoas preferem o experimento porque elas tão vendo o que tá acontecendo e fica mais fácil* – linha 42.

A4 – *Já no laboratório, a gente já não vai mais imaginar, agente tá vendo acontecer.* – linha 26.

Contudo, temos motivos para acreditar que isto não pode ser verdade! Para tanto, segue-se as seguintes considerações.

Frye (2015) ressalta a importância de educar nossa imaginação. Frye não faz referência alguma sobre o ensino de ciências, na verdade, o seu foco está no ensino da literatura universal (*Fairly Tale*). Todavia, entende-se que os comentários de Frye são extremamente oportunos para esta situação.

Ele argumenta que quando almeja-se apreender a realidade circundante onde a razão e a experiência sensível não são suficientes para tal empresa, é a **imaginação** que ajuda-nos a completar o quebra-cabeça. Estamos de acordo com Frye, pois, com efeito, sem a **imaginação** a própria construção científica estaria desvirtuada, talvez, até mesmo fosse inexistente.

A **imaginação** é um componente imprescindível para a educação e o ensino das ciências. Einstein, por exemplo, em uma de suas célebres frases de efeito representa bem o processo de construção científica ao dizer que: “A imaginação é mais importante que o conhecimento”(WILLINGHAM, 2011).

Além disto, o objeto físico — a entidade física que pretende ser um observável no contexto escolar; mesmo que não o seja por definição na esfera do saber sábio⁶ — nunca se mostra diretamente no experimento, nem mesmo nas imagens produzidas pelas simulações computacionais.

⁶ Pensemos nas partículas fundamentais constituintes da matéria.

Todo objeto científico é um construto (ALVES, 2011), fruto da **imaginação**, é uma construção criativa do cientista (HACKING, 2012; PIETROCOLA et al, 2011; REALLE, 2002). Seguramente, ninguém consegue **visualizar**, tocar ou cheirar objetos físicos tais como a velocidade média em um experimento simples sobre cinemática da partícula; quiçá então, visualizar o campo magnético devido à interação entre os polos de um ímã. **Fazer** o experimento não aguça mais os nossos sentidos; em especial o sentido da visão.

Imaginar consiste então na capacidade de criar imagens novas através das experiências anteriores da vivência cotidiana como já antecipamos. É uma habilidade de pensamento imprescindível para aquisição de conhecimento e, sobretudo, para construção do mesmo (FRYE, 2015; STERNBERG; STERNBERG, 2016; WILLINGHAM, 2011). É uma capacidade inerente ao sujeito cognoscente de nomear o inominável e de separar (*abstrair*) partes de algum fenômeno do resto do Universo. A **imaginação** é a impressão digital do ato de criação científica pelo sujeito cognoscente (santos, 2015). Portanto é uma habilidade cognitiva imprescindível para aprendizagem; como já se disse nesta subseção.

Ora, com efeito, dependendo da metodologia empregada pelo professor, usar-se-á mais da **capacidade imaginativa** em algumas do que em outras. Mas ela nunca estará ausente (COSENZA; GUERRA, 2011; FRYE, 2015; STERNBERG; STERNBERG, 2016; WILLINGHAM, 2011).

O **aprender fazendo** é uma dimensão importante para educação científica da contemporaneidade. Na verdade, este é um dos objetivos mesmo da educação científica (BRASIL, 2002; LABURÚ, 2003; PEREIRA; MOREIRA, 2017). No entanto, existem sérias críticas sobre este *modus operandi* de se aprender; e já fizemos algumas — vide Introdução.

Veja-se a argumentação de Bassoli (2014), por exemplo. Ela chama de mito o aprender ciências por meio do **fazer**. A autora argumenta que se este é o caso, o *compreender ciências* está subordinado ao **fazer**, e que deste modo, o trabalho experimental se presta a algo como uma varinha mágica que soluciona todas as dificuldades de aprendizagem. Assim, entendemos que mito é, possivelmente, uma mentira em que todos acreditam.

Sobre a óptica epistemológica o **aprender fazendo** tem relação estreita com uma cosmovisão empírica-indutivista da ciência (NOVEL, 2013; santos, 2015; REALE, 2002) que é transposta diretamente para o contexto escolar. Segundo esta cosmovisão o aprendizado advém só depois da experimentação (**fazer**). Primeiro se observa (**ver**) para depois construir o conhecimento. Isto vem sendo criticado desde as primeiras reformas educacionais ocorridas no século XX, e como ressalta Trópia (2011), esta linha de raciocínio dificilmente levará o alunado ao bom entendimento da ciência e de seus processos.

Em suma, pontuemos as características inerentes às metodologias utilizadas que dificultaram a aprendizagem: carência de **contextualização, abstração, imaginação**. De outro lado, os méritos em facilitar a aprendizagem, sob a óptica dos alunop, foram: o **ver** e o **fazer**.

Portanto, diante do que foi exposto concluímos que a **análise** e a **síntese** são as habilidades cognitivas que deveriam ser desenvolvidas, pois ficou explícita a dificuldade do alunado com o **pensamento abstrato**. Sem o desenvolvimento destas duas habilidades cognitivas os alunos não estarão aptos para fazerem julgamentos de ideias, adequação da utilização de conceitos científicos no cotidiano, julgar soluções acadêmicas e na vida diuturna, etc; a capacidade de se autoavaliar também (FERRAZ; BELHOT, 2010; STERNBERG; STERNBERG, 2016).

5.2.2 Análise da entrevista da turma 11A

Observa-se pelas falas dos alunos que as atividades investigativas lhes exigiram uma **imaginação educada**, ao passo que a atividade de laboratório, ou não se lhe exigia da **imaginação** (B3) ou ajudava-a (B1). Usa-se aqui este termo na mesma acepção dada por Frye (2015) em articulação com o que foi-se exposto no Capítulo 3. Estes alunos apontaram-na como uma metodologia que exige muito da capacidade **imaginativa** ao passo que, as atividades experimentais, não. Nos mesmos termos postos anteriormente pelo grupo da turma 21, *supra*.

Vejamos as narrativas:

B1 – (...) *eu via a coisa acontecer, aí eu fui imaginar* – linha 101.

B3 – (...) *na atividade investigativa é como se você tivesse dando o assunto e tendo que investigar e não consegue imaginar* – linhas 109-110.

Ou seja; a mesma justificativa de que com o experimento consegue-se algo do tipo **via a coisa acontecer** — como dito pelo aluno B1. Aliás, este termo associado estritamente ao **ver**, apareceu 9 (nove) vezes na transcrição da entrevista deste grupo como justificativa de que as atividades experimentais lhes facilitam mais a aprendizagem do que as demais metodologias. No entanto, como já nos detivemos com este problema na análise do seção C.1, não retoma-se aqui esta discussão.

Em adição, as atividades experimentais, ganharam o *status* de mais participativas que as demais; sobretudo em relação às atividades investigativas. Entretanto, ambas as atividades, quais sejam, as atividades experimentais e as investigativas, desenvolveram-se em grupos de 2 a 4 componentes. Ao que parece, o trabalho em grupo só trouxe o mérito de lhes facilitarem a aprendizagem, apenas, para as atividades do laboratório didático.

O termo **trabalho em grupo** apareceu com outros nomes, tais como: **socialização**, **trabalho em equipe** e **aula participativa**. Todos utilizados como sinônimos, gerando assim, um total de 10 (dez) aparições ao longo da EG11A; vide, por exemplo, as falas de B1, B2, B4 e B6:

B1 – *No laboratório eu participei mais ...* – linha 101.

B2 – *É eu acho que no laboratório as atividades são mais participativas* – linha 103.

B4 – *A atividade no laboratório é melhor, pois nossa capacidade de trabalhar em grupo e socializar melhor ...* – linha 115.

B6 – *Já no laboratório não; é outra coisa, agente tá ali em grupo e todo mundo ajuda um ao outro.* – linha 129.

A fim de bem entender-se o porquê do trabalho em grupo não ter facilitado à aprendizagem nas atividades investigativas fez-se diretamente esta pergunta para o grupo como podemos ver na seção C.2.

Não obtivemos uma resposta direta e objetiva dada pelos alunos; e nem a obter-se-á se olharmos para o **trabalho em grupo** de *per se*. O máximo que a transcrição nos indicou, foram as respostas de B3, B5 e B6. Percebe-se que, segundo estes alunos, os diferentes níveis de profundidade de conhecimento entre os integrantes dos grupos apresentou-se como um problema para realização da atividade proposta. Em linhas gerais houve o seguinte: quem sabia fazia sozinho e não queria ensinar para os colegas. Entretanto, isto não nos convenceu, afinal, estes diferentes níveis de conhecimento devem permanecer independente da metodologia empregada.

Acredita-se sim que o sucesso nas atividades experimentais tenha ocorrido devido a sua acentuada estruturação — nos moldes do laboratório tradicional. Este tipo de atividade não oferece grau de liberdade algum para o aluno (BORGES, 2002; CARVALHO et al., 2014) e exige-se pouca demanda cognitiva, exigindo, apenas, manipulação de equipamentos, memorização de leis e anotação de dados (SUART; MARCONDES, 2008, 2009).

Desta forma, vemos que o mérito não está na **socialização do conhecimento** entre os integrantes das equipes. Não nega-se aqui a importância do bem documentado aspecto social para aprendizagem (GASPAR, 2009), mas, definitivamente, desta vez, não foi este o caso, pois afinal, de nada adianta formar uma equipe para resolver um problema se seus integrantes não têm o conhecimento necessário para resolvê-lo (WILLINGHAM, 2011).

Deduz-se então que esta relação direta entre **socialização** e, consequentemente, aprendizagem; não se justifica. O máximo que conseguiu-se conceber foi o seguinte: o desenvolvimento da atividade experimental, para sua boa execução, deve-se atacar o problema a resolver em várias frentes de trabalho; logo, dentre os membros das equipes, tem-se aquele que manipula os equipamentos, aquele que mede, aquele que faz anotação dos dados, outro faz as análises, outro faz o relatório, etc. Percebeu-se diante de nossas observações diretas que os alunos estiveram muito motivados para executarem estas tarefas.

Neste aspecto, entende-se que, de fato, as atividades experimentais tiveram maior potencial em mobilizar os alunos para **trabalharem colaborativamente** do que as atividades investigativas do tipo questões abertas, como vimo nas falas de B4 linha 156: *O laboratório envolve mais*. Apesar disto, mesmo com a

participação ativa de todos os membros das equipes; interesse é apenas premissa para aprendizagem (WILLINGHAM, 2011; STERNBERG; STERNBERG, 2016).

Viu-se também que as aulas tradicionais — instrução explícita e direta — são quase que sinônimo de abstração e matemática — vide a fala de B1, na linha 159.

Este fenômeno é apontado como um dos grandes vilões do fracasso escolar e da crise do ensino de ciências (FOUREZ, 2003; POZO; CRESPO, 2009) e, que em geral, nas aulas tradicionais o professor passa muito conteúdo na mesma aula de modo que dificulta que os alunos armazenem na memória (WILLINGHAM, 2011).

As videoaulas foram vistas como uma aula tradicional na internet — vide a fala de B1 linha 173. Concordamos com isto.

O que percebe-se nas videoaulas é a uma espécie de espetacularização do ensino, pois ao invés do foco da aula ser o conteúdo a se ensinar, põe-se o foco na construção do material de modo que seja bonito, agradável, multicolorido cheio de imagens e gráficos, e o professor utiliza uma linguagem semelhante àquela empregada pelos alunos (BASSOLI, 2014). Apesar disto, o aluno B4 disse que ainda prefere aula tradicional.

B1 – *Eu até prefiro a sala de aula mesmo.* – linha 178.

5.2.3 Análise da entrevista da turma 11B

Santos (2013) aponta vários fatores e posturas que o professor precisa adotar em sala de aula para que o aluno adquira uma aprendizagem significativa. Inicialmente, o professor deve adotar o que ele chamou de modelo dialogal de ensino, abandonando assim o modelo comportamental. Este admite que a aprendizagem é um movimento de fora para dentro; ao passo que aquele, supõe-se que é um movimento de dentro para fora. O modelo dialogal tem como pressuposto básico ouvir o alunado, conhecer suas ideias, avaliar seus conflitos, refletir sobre suas dúvidas para que, sobretudo, o professor tenha uma ideia, mais completa, do que o aluno pensa sobre o conteúdo a ser ensinado.

Outros autores como Becker (2002, 2010) e Pozo e Crespo (2009) ressaltam o grande valor pedagógico das ideias prévias ou concepções alternativas para o direcionamento da prática do professor. Esta postura de ouvir o alunado ajuda o professor a traçar estratégias que possam se adequar as necessidades deles e, em adição, tornar a prática do professor mais eficiente em lhes facilitar a aprendizagem.

Entendemos que é exatamente disto que o aluno C1 fala, logo no início da entrevista. Isto ficou muito claro quando disse que com a discussão (diálogo) — querendo significar-se atividades investigativas — foi possível expressar concordância, discordância e tirar dúvidas com o professor, falando diretamente

com ele.

Concordamos com Moreira (2011) e Santos (2013), a partir do momento que o professor tem uma ideia mais clara do que se passa na cabeça do aluno, ele pode tentar lhes acessar a mente por meio de exemplos concretos, com grau de dificuldades variados, que tornam o conhecimento menos *abstrato*, pois como disse C1 na linha 206 à 208: *Cada aluno tem sua dificuldade*

Já expomos que o que torna conceitos **abstratos** em **concretos**; é a utilização de analogias por meio de exemplos que sejam familiares para o aluno (WILLINGHAM, 2011; STERNBERG; STERNBERG, 2016). Portanto, o modelo dialogal de ensino atende esta necessidade ressaltada por C1 (SANTOS, 2013).

Notamos que este grupo, indo na contramão das outras comunicações em ensino de ciências — vide os trabalhos no Capítulo 1, não julga interessante as aulas de laboratório.

C3 foi claro neste ponto ao dizer, em linhas gerais que, a interação entre aluno-professor e aluno-aluno foi melhor nas atividades investigativas pois pode-se discutir e tirar dúvidas com o professor; veja na linha 261.

O aluno C4 também optou pelas atividades investigativas devido ao desconforto gerado pelas aulas de laboratório por causa do grande número de alunos e, porque, nas aulas de laboratório, o foco está no experimento. Vejamos:

C4 – *No laboratório tem o desconforto do grande número de alunos que gera mais poluição sonora que tira a atenção da gente* – linha 309.

C4 – *No laboratório o foco é no experimento, na sala de aula não ...* – linha 311.

Isto é fato, pois as atividades experimentais, as quais a turma foi submetida, satisfizeram o modelo do laboratório tradicional. No laboratório tradicional o foco é o experimento, o fenômeno, ou a verificação de uma lei. O grau de liberdade que se lhes atribui ao aluno é quase inexistente (CARVALHO, et al., 2010).

Os alunos C1, C4, C6 e C7 optaram pelas atividades investigativas; como justificativa: (i) apontaram as dificuldades inerentes as aulas de laboratório didático, tais como o cuidado com os materiais do laboratório e o tempo reduzido destas aulas; ambas dificultaram a interação dos alunos entre si e, (ii) as discussões/diálogos, em sala de aula, lhes deixaram mais à vontade e lhes possibilitaram a aprendizagem.

As discussões professor-aluno e aluno-aluno trouxeram de volta a questão discutida no EG11A sobre a socialização do conhecimento ou da socialização para aquisição do conhecimento (GASPAR, 2009). Os termos **discussão**, **falar** e **questionar** foram usados indistintamente e apareceram 16 vezes ao longo da entrevista. Portanto, **discussão** foi a palavra-chave que caracterizou melhor este grupo.

No entanto, percebemos que este aspecto de **socialização** do conhecimento foi bem diferente daquele do grupo 11A. Neste, os termos **trabalho em equipe** e **socialização** emergiram várias vezes na entrevista; mas não nos convenceu de que foi motivo foi o de facilitar a aprendizagem.

Contudo, desta vez, aqui no grupo 11B, não temos dúvidas de que isto correspondeu a verdade. A **socialização** foi-se relevante para aprendizagem. As observações participantes realizadas ao longo da pesquisa empírica corroboraram com isto.

A **socialização** do conhecimento em sala de aula por meio da **discussão** utilizando-se de exemplos familiares aos alunos foi indicado como o principal atributo das atividades investigativas. Por outro lado, o ambiente em que ocorreu as aulas de laboratório, a **ausência de discussões**, e a cobrança de um cuidado excessivo com os materiais de laboratório; fizeram das atividades experimentais uma metodologia menos interessante que as atividades investigativas.

Ainda assim houve alguns alunos que optaram pelas atividades experimentais, tais como: C2, C3 e C5. Os motivos foram os mesmos já apontados e discutidos anteriormente nos outros grupos entrevistados nesta pesquisa; quais sejam: o **aprender fazendo** e o **ver a coisa acontecer**. Não vemos necessidade de retomar esta discussão; sobretudo, porque ele não correspondeu a narrativa da maioria e nem trouxe algum elemento novo para se discutir.

Concluímos então, que o **trabalho em grupo** e a **argumentação** foram as habilidades manifestadas; ambas muito caras para o desenvolvimento pessoal do alunado. A primeira é imprescindível para o mundo corporativo de trabalho e a segunda é uma habilidade cognitiva de alto nível, pois ela exige o recrutamento de outras habilidades como o raciocínio lógico, análise e síntese para se consolidar (GUIMARÃES; MENDONÇA, 2015).

Observando-se com um pouco mais de cuidado, é possível concluir que as habilidades a desenvolver-se são as mesmas dos grupos 21 e 11A. Os alunos que optaram pelas atividades investigativas tais como C1, C4 e C6 deixam claro que as atividades investigativas lhes permitiram **ver** a teoria por meio de exemplos com o objetivo de **contextualizar** o assunto. Logo, de acordo com este grupo 11B, há de se desenvolver a capacidade de **abstração**; assim como os anteriores.

5.2.4 Análise da entrevista com o professor E

Para fins de análise e discussão retiramos alguns elementos da entrevista com E. Observamos inicialmente aquilo que o professor E chamou de **metodologia do ouvir**:

E – *Olha eu uso direto a metodologia do ouvir.* – linha 343.

Podemos relacionar esta tal metodologia como um modelo de ensino dialogal como exposto por

Santos (2013) em seu livro sobre Aprendizagem Significativa. Deduzimos que é deste modelo que se trata, pois, nas palavras do professor, na linha 345: (...) *quero ouvir a opinião deles sobre o conteúdo a ser ministrado*.

O professor E, além do **ouvir**, agregava também em seu *modus operandi* as atividades experimentais. Entretanto, o aspecto que consideramos mais relevante, nesta entrevista, foi que E indicou a **interdisciplinaridade** como um facilitador de aprendizagem.

Em linhas gerais o professor E acredita que é por meio da **interdisciplinaridade** que os alunos conseguem **ver** os conceitos físicos estudados em sala de aula. Veja:

E – *Os alunos ao saberem medir e conhecer as grandezas velocidade, posição, aceleração, procuro trabalhar com o professor de educação física.* – linhas 347-348.

No Brasil a **interdisciplinaridade** a emergiu como tendência pedagógica na década de 1970 e já foi citada na lei número 5.692/71. Consequentemente ganhou ainda mais força após a publicação das *Leis de Diretrizes e Bases da Educação (LDB)* por meio da lei número 9.394/96.

Segundo Rocha (2017) o termo **interdisciplinaridade** *stricto sensu* não aparece na LDB. O primeiro uso do termo deu-se na Resolução 03/98/CEB que instituiu as *Diretrizes Curriculares* para o ensino médio.

Porém, não se encontra nesta Resolução uma conceituação de **interdisciplinaridade**. De fato a **interdisciplinaridade** e a **contextualização** emergiram como princípios pedagógicos acompanhado de expressões do tipo: *diálogo dos conhecimentos, disciplinas integradas* e coisas semelhantes.

Rocha (idem) prossegue dizendo que, apesar de sua quase onipresença nos discursos educacionais, a implementação de **metodologias interdisciplinares**, na prática da sala de aula, ainda apresenta-se como um desafio para professores e educadores.

Contudo, do ponto de vista conceitual, especificamente, na tentativa de uma conceituação para **interdisciplinaridade**, é quase que consensual que seja entendida como uma *integração de diferentes conhecimentos com o fim último de tornar concretos conceitos científicos abstratos* (DEMO, 2011). E é diante disto que faz-se a inter-relação entre **interdisciplinaridade** e **contextualização**.

Quando perguntado sobre qual o papel ocupado pelas atividades experimentais no ensino de ciências, o professor E foi taxativo; com efeito, apontamos duas situações: na primeira ele diz que incentiva os colegas a fazerem aulas de laboratório (experimentais) e, logo em seguida, diz:

E – (...) *invistam nessa metodologia* – linha 364.

Portanto, não restou dúvidas de que E atribui grande valor as atividades experimentais.

O professor E também se mostrou dotado de uma visão empírico-indutivista da ciência como vemos na linha 382: (...) *mostramos o experimento e é daí que eles [alunos] vão entender*.

E retoma esta mesma linha de raciocínio ao citar um exemplo extraído da termodinâmica sobre dilatação dos sólidos. Ele diz na linha 386: *Só fica claro [o assunto] quando fazemos o experimento*.

Esta última frase acima adequam-se, perfeitamente, as críticas feitas por Bassoli (2014) quando argumentava sobre os mitos associados às atividades experimentais que reverberam no discurso dos professores, em especial o mito do **aprender fazendo**. Se este fosse o caso, então, as atividades experimentais são como uma varinha mágica capaz de resolver todos os problemas de aprendizagem em ciências.

O professor E, possivelmente, também é dotado de outra visão sobre o papel da atividade experimental, no ensino de ciências (física), oposta àquela visão algorítmica antes apresentada; vê-se:

E – *O ensino na hora da prática vai requerer muito da metalização do aluno, de como ele vai utilizar e construir o experimento*. – linha 390.

Postulamos que se o professor E permite que o aluno construa o experimento, se ele, de fato, atribui este grau de liberdade para que o aluno desenvolva a atividade experimental, logo, é possível que E trabalhe, em alguma medida com o laboratório aberto (CARVALHO et al., 2014, 2015) — que é uma metodologia inserida teoricamente no ensino de ciências por investigação como já antecipamos.

Vemos que a metodologia de trabalho empregada pelo professor E utiliza-se de duas tendências pedagógicas; quais sejam: a **interdisciplinaridade** e o ensino de ciências por investigação. Contudo, ele o faz de modo meramente corrente ou intuitivo, sem se aperceber dos pressupostos metodológicos e epistemológicos que a ambas subjazem.

Deduzimos isto pela resposta dada por E quando lhe perguntamos sobre a utilização e /ou conhecimento de algumas tendências pedagógicas em suas aulas — donde as atividades investigativas foi uma delas —; assim ele nos respondeu na linha 405: *Já ouvi falar, mas não sei trabalhar com elas não*.

Muito embora o professor E houvera dito que se utiliza da taxonomia de Bloom (1977) para analisar o que fazem os alunos; quando perguntado sobre as habilidades específicas que são desenvolvidas pelas atividades experimentais ele não nos deu uma resposta baseada nas categorias de Bloom.

Pelo menos não diretamente. Como resposta, linhas 337 à 413; E disse que os experimentos desenvolvem a **percepção** e o **fazer/construir/criar** as coisas; e nos deu a entender que favorece o desenvolvimento destas habilidades por meio de atividades práticas do tipo projeto como as feiras de ciências,

por exemplo. Ressaltamos que todas estas habilidades citadas na alínea anterior exigem muita demanda cognitiva (BLOOM, 1977; STERNBERG; STERNBERG, 2015).

Extraí-se então da análise qualitativa da entrevista com professor E que ele atribui grande valor as atividades experimentais e costuma utilizá-la com frequência. Mesmo quando a instituição não lhe fornece um espaço adequado para tal empresa, ele costuma fazer experiências simples em sala de aula utilizando-se materiais recicláveis.

No que diz respeito ao desenvolvimento de habilidades, mesmo diante do conhecimento da taxonomia de Bloom; o professor E não nos ofereceu uma resposta objetiva sobre as habilidades cognitivas que podem ser desenvolvidas por meio das atividades experimentais. Neste ponto, ele foi muito vago falando de **percepção** e **criação**; porém explicou que considera o **trabalho em equipe** é imprescindível para o desenvolvimento do alunado e, sabe-se que é de *praxe* que as atividades experimentais se **desenvolvam em grupo**.

5.2.5 Organizando as ideias

Chega-se então ao final das análises das entrevistas semiestruturadas. Em *suma* concluímos:

- a) – os alunos apresentaram dificuldades em elaborar mentalmente situações não vivenciadas por eles; assim as categorias emergentes que bem descreveriam os grupos do ponto de vista de habilidades de pensamento, em uma primeira codificação, foram contextualizar, **imaginar**, abstrair, **aprender vendo**, **aprender fazendo**, **aprender colaborativamente**;
- b) – as categorias **atividades experimentais** e **atividades de discussão** conseguem aglutinar as preferências apontadas pelos alunos diante de metodologias de aprendizagem; a primeira porque os alunos gostam de aprender fazendo e sentem-se motivados a trabalhar em equipe (subseção 5.2.1 e subseção 5.2.2) e, a segunda, porque foi do entendimento dos entrevistados, que a socialização do conhecimento por meio de discussões em sala de aula lhes facilitava a aprendizagem (subseção 5.2.3);
- c) – o professor E atribui grande valor as atividades experimentais; trabalha intuitivamente com atividades experimentais com maior grau de liberdade do que as de laboratório tradicional, considera trabalho em equipe fundamental; veja subseção 5.2.4.

No Capítulo 3 mostramos os nexos entre **contextualização**, **abstração** e **imaginação**. A relação é próxima, mas são processos diferentes que podem coexistir.

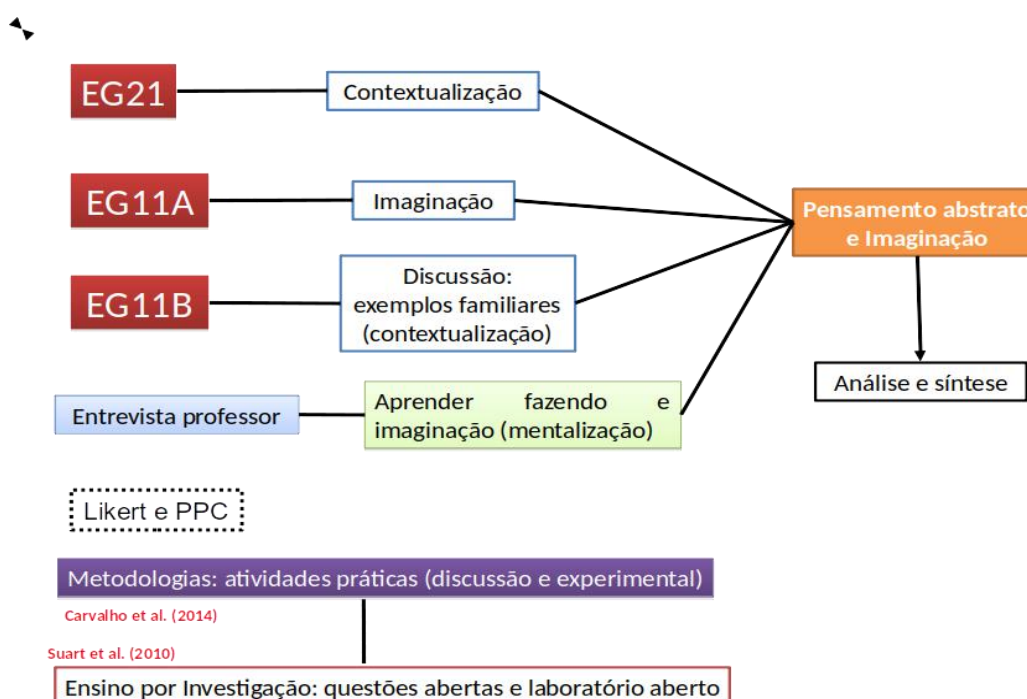
Contudo, mostramos, também, que a habilidade de **pensamento abstrato** definida como: A habilidade cognitiva de vivenciar possibilidades do real por meio da imaginação, engloba o significado de todas as categorias inerentes a habilidade de pensamento.

Com efeito, fica claro diante desta definição dada no Capítulo 3, que não se pode amputar a **imaginação** do **pensamento abstrato**. Logo, não há como desenvolver o **pensamento abstrato** sem, consequentemente, desenvolver a **imaginação**; ou o contrário. Assim, em uma segunda codificação, concluímos que a habilidade a se desenvolver com a aplicação desta pesquisa é o **pensamento abstrato**.

Agora, no que concerne a qual metodologia de ensino-aprendizagem dever-se-á empregar na pesquisa a fim de verificar se é possível, de fato, o desenvolvimento da habilidade de **pensamento abstrato** deverá agregar ou atender os critérios estabelecidos pelas categorias no item b) e c), *supra*.

Pelo que vemos nos trabalhos de Carvalho et al. (2014), Suart e Marcondes (2008; 2010), Kasseboehmer e Ferreira (2013) e Campos et al. (2017) ; entendemos que o **laboratório aberto** e as **questões abertas** — ambas metodologias inseridas no ensino de ciências por investigação — conseguem satisfazê-los. Veja-se na Figura 2 um esquema que ilustra o processo apresentado nesta seção.

Figura 2 – Esquema que representa o caminho percorrido para a escolha da habilidade cognitiva do pensamento abstrato.



Fonte: Autor (2017).

5.3 Atividades investigativas

Nesta seção descreve-se então como foram realizadas estas atividades e como procedemos para verificar a tese que defendemos nesta pesquisa.

5.3.1 Questões abertas: lançamento oblíquo ou bidimensional

As questões abertas ou semiabertas foram realizadas com a turma 11. Para comprovarmos se por meio das questões abertas é-se possível desenvolver o **pensamento abstrato**, procuramos a manifestação das habilidades cognitivas que são recrutadas para compor o **pensamento abstrato**: a **análise** e a **síntese**.

Toda atividade investigativa começa por meio de uma situação-problema (CARVALHO et al., 2010; 2014; 2015). Porém, de acordo com Willingham (2011) o *desenvolvimento de habilidades não precede o conhecimento de fatos*. Então, antes de solicitarmos que os alunos propusessem hipóteses explicativas para alguma situação-problema, verificamos se tinham conhecimento factual (conhecimentos de fatos científicos ou conhecimentos prévios) suficiente para lidar com tal problema.

Assim lhes aplicamos um questionário para verificar quais os fatos científicos já possuíam sobre lançamento bidimensional — vide Quadro 1. Da análise deste questionário constatamos que 70% da turma tinha o conhecimento dos fatos científicos necessários para enfrentar a situação-problema proposta. Após esta verificação lançamos a seguinte situação-problema para turma 11 (onze):

(QA0) – *Como uma bola de futebol, uma vez chutada, conseguirá atingir a máxima distância, ao atingir o solo?*

A escolha do assunto lançamento oblíquo pareceu-nos muito oportuna, pois ele se apresentou com algum grau de dificuldade e com grandes possibilidades de explorá-lo por meio de diversas situações interessantes (PIETROCOLA et al., 2011(a)).

Dividimos a turma em duplas para a execução da atividade proposta. Deste modo, o primeiro passo na direção de constatar a manifestação do **pensamento abstrato** consistiu em solicitar que as duplas identificassem quais são as **variáveis** que controlam/interferem no movimento da bola de futebol de tal sorte que, uma vez chutada, ela possa alcançar a maior distância horizontal possível.

Se constataremos que as duplas foram capazes de apontar-nos estas **variáveis**, em nossa opinião, teremos indícios de que houve a manifestação da habilidade cognitiva de **análise**.

De acordo com a equação (5.2) o alcance — em condições ideais — para o mesmo ângulo de lançamento, será tanto maior quanto for a velocidade $\vec{v}_0$ de lançamento. O contrário não se verifica: *para a mesma velocidade de lançamento, maior será o alcance quanto maior for o ângulo de lançamento*.

$$A = \frac{v_0^2}{g} \sin(2\theta). \quad (5.2)$$

Contudo, em condições reais a força de resistência o ar, a aerodinâmica do corpo material e a massa tornam-se altamente relevantes para caracterizar o movimento (PIETROCOLA et al., 2011(a); NUSSEN-VEIG, 2013).

Solicitamos então que as duplas escrevessem quais as variáveis capazes de influenciar o movimento da bola. Mostramos o resultado na Tabela 4. Observamos que a **força do chute**, o **ângulo de lançamento**, a **massa da bola**, e a **força de resistência do ar** foram as variáveis apontadas com maior frequência pelos alunos da turma 11. Porém, **força do chute** não é uma variável relevante no sentido de que ela traduz-

Tabela 4 – Variáveis e sua frequência de aparecimento.

Variáveis	Frequência
Massa	10
Densidade do meio	07
Ângulo de tiro	11
Velocidade de tiro	09
Força do chute	12
Força de resistência do meio	10
Geometria da bola	06

Fonte – Produzido pelos autores.

Nota – Turma 11

se como **velocidade inicial** de lançamento ($\vec{v}_0$). Neste caso os alunos não aperceberam-se de que bastaria indicar $\vec{v}_0$ como variável relevante para descrição do movimento da bola.

Contudo, indicaram corretamente as demais variáveis, a exceção da geometria ou **aerodinâmica** da bola – que é uma importante variável controladora do movimento (PIETROCOLA et al., 2011(a); NUSSENVEIG, 2013). Esta variável teve frequência igual a 6 (seis).

Veja-se que a **densidade do meio** nos dá uma ideia da **força de resistência do ar**. E, apesar disto, os alunos não se deram conta deste fato; pois afinal, se o meio é mais **denso**; maior será a **força de resistência** que o meio exerce contra o movimento do corpo material (NUSSENVEIG, 2013 PIETROCOLA et al., 2011 (a); TAYLOR, 2013).

Com o objetivo de estimular e desenvolver o **pensamento abstrato** dos integrantes das duplas fizemos perguntas que as classificamos como questões semiabertas — na mesma acepção de Sternberg e Sternberg (2016) — sobre como ficaria o movimento da bola quando mudássemos alguma variável relevante dentre aquelas presentes na Tabela 4.

Defendemos que este controle mental, este esforço cognitivo, de conceber o movimento da bola, sem a aparelhagem dos sentidos, olhando individualmente para cada variável que descreve o fenômeno, sugere que já internalizamos, de algum modo, como cada variável, controla o movimento da bola (ABRAHAMS; MILLAR, 2008). Isto, em nossa opinião, é um indício de que a habilidade de *análise* ou já está desenvolvida

ou está em desenvolvimento.

As questões foram:

(QSA1) – No lançamento de duas bolas de mesma massa, mesma velocidade inicial, mesma força de resistência do ar, porém com diâmetros diferentes (um é o dobro do outro); qual delas terá o maior alcance? **Resposta certa: A bola menor, pois sofreria menos a força de resistência do meio.**

(QSA2) – E agora pense se em vez de diferentes diâmetros, tivéssemos massas diferentes (uma é o dobro da outra), qual delas terá maior alcance? **Resposta certa: A de maior massa terá, por inércia, o maior alcance.**

(QSA3) – Se as bolas iguais estivessem em ambientes com densidades diferentes, qual delas teria o maior alcance? **Resposta certa: O maior alcance seria no meio de menor densidade.**

(QSA4) – Se não houvesse resistência do ar, qual seria a variável mais importante para o movimento da bola: aerodinâmica ou a massa? **Resposta certa: Segundo Galileu Galilei, na ausência da resistência do ar, corpos de massas diferentes chegam ao solo no mesmo tempo (PIETROCOLA et al., 2011(a)). Portanto, a aerodinâmica é a variável mais importante.**

Por que utilizamos das questões semiabertas? Pois devido ao nível de conhecimento rudimentar dos alunos, elas são de difícil solução; no entanto para o professor-pesquisador que aplicou e desenvolveu esta pesquisa juntamente a esta turma, elas são questões de solução bem definida. Vide subseção 2.3.3 para os devidos esclarecimentos.

Para verificarmos as respostas dos alunos em tempo real fizemos simulações computacionais usando o programa *PhET* da Universidade do Colorado que oferece simulações de fenômenos variados bastante divertidas e interativas.

Diante dos resultados apontados na Tabela 5, ficamos satisfeitos com o desempenho mostrado pelas duplas. E, diante destes resultados, concluímos que após a realização de ciclos de atividades investigativas, os alunos melhoraram seu desempenho em executá-las e, sobretudo, pelo que consta nas Tabela 4 e Tabela 5, vemos que estes resultados sugerem que os alunos manifestaram a habilidade cognitiva de **análise**.

Em seguida, faltou-nos ainda obter indícios do desenvolvimento da habilidade cognitiva de **síntese**. Para tanto, buscou-se por estes indícios por intermédio da apreciação das hipóteses elaboradas pelas duplas para a questão aberta inicial (**QA0**). Solicitamos então que as duplas propusessem até duas hipóteses que explicassem-na (vide Tabela 6).

Em adição, buscou-se também que as hipóteses atendessem ao que é posto como aceitável pela física — ou seja, as hipóteses deveriam ter uma proximidade com a hipótese de um perito. Isto serviu para

Tabela 5 – Questões semiabertas na turma 11.

Questões semiabertas	Frequência de acertos
QA1	10
QA2	08
QA3	12
QA4	10

Fonte – Produzido pelos autores.

Nota – Turma 11

que tivéssemos um critério objetivo para separar se, afinal, as duplas utilizaram-se de **fatos científicos** ou o **senso comum** para elaboração de suas hipóteses nas questões **QA0** (POZO; CRESPO, 2009).

Portanto, agrupamos as hipóteses apresentadas para **QA0** de acordo com as categorias propostas por Kasseboehmer e Ferreira (2013) que estão em comunhão com a preocupação exposta nas alíneas acima. De um total de 30 (trinta) alunos, formado 15 (quinze) duplas ao total, apenas 12 (doze) duplas fizeram a atividade que lhes foi proposta.

Vemos da Tabela 6 que algumas duplas propuseram duas hipóteses ao passo que outras não. Além disto, dado que as hipóteses foram elaboradas, constatamos que os fatos científicos armazenados na memória ofereceram o nível de conhecimento mínimo para que se pudesse realizar enfrentar a situação-problema.

O **ângulo de tiro** ou de **lançamento**, que é uma variável relevante para o **alcance** (A) e apareceu, pela primeira vez, nas hipóteses dos grupos **H** e **K**. O grupo **H** não utilizou a variável ângulo de maneira correta em sua hipótese, pois como se sabe, um **ângulo** de 75 graus tem um **alcance** menor que 45 graus, para mesma **velocidade de lançamento** (v_0) (PIETROCOLA et al., 2011(a)).

Apenas o grupo **K** utilizou-se do fato científico de que com o **ângulo** de 45° tem-se o maior **alcance** (vide Tabela 6). Contudo, apesar disto, a hipótese como um todo, não está coerente pelo fato de não apresentar a clareza que deve ter toda hipótese (GIL, 2010). Esta dupla, também, não soube relacionar adequadamente os termos **força**, **velocidade** e **aceleração**.

Vê-se na Tabela 6 que, pela contagem de palavras (termos) mais utilizadas nas hipóteses (LUDKE; ANDRÉ, 2015), temos o seguinte: o termo força apareceu 14 (quatorze) vezes, seguida do termo velocidade que apareceu 8 (oito) vezes — fazendo-se alusão à velocidade inicial, ou de lançamento, ou rapidez, — além dos termos energia e impulso que apareceram 5 (cinco) vezes.

Isto mostrou-nos que os alunos atribuíram ao termo **força** como o principal fator explicativo para a

Tabela 6 – Hipóteses da turma 11 para a questão aberta QA0.

Grupo	Hipóteses
A	No momento em que o jogador for chutar a bola ele necessita ter força e energia para que a bola saia com sua velocidade máxima. Quando o jogador chuta a bola ele usa a força que obteve energia.
B	(1) O jogador deve aplicar o máximo de força e energia possível na parte inferior da bola para ela levantar e atingir a maior distância possível; (2) Impulso que o jogador faz para colaborar para que a bola chegue mais rápida e com mais força ao destino; para conseguir impulso, deve ser percorrida uma distância x .
C	(1) A altura influenciará muito na distância, pois caso chute a bola para cima, a bola alcançará uma altura grande, porém não irá muito longe; (2) O movimento do jogador também influenciará; caso o jogador chute à bola parado, a bola terá menos impulso e o chute sairá com menos força, caso o jogador corra para chutar a bola, terá mais impulso e o chute sairá com mais força.
D	(1) Partindo do princípio de um ambiente fechado, a sem influência do ar, a bola não tem modificação da sua velocidade; (2) Em uma quadra plana um jogador correndo em direção a uma bola parada acertando-a um pouco abaixo do centro fará com que ela suba e atinja uma distância maior.
E	Exercendo uma maior força sobre a bola.
F	Enquanto a pessoa corre, ela [a bola] acaba recebendo energia em seu corpo, e no final, quando ela chuta a bola, transfere a energia obtida para a mesma, causando assim um forte impacto e fazendo com que a bola atinja uma distância maior.
G	(1) Correr para pegar velocidade e assim chutar a bola, para percorrer uma longa distância; (2) Força ao chutar a bola, fazendo assim que ele percorra o máximo de distância para chegar ao solo.
H	(1) Quanto maior o ângulo maior é a distância; (2) A velocidade e o sentido do vento podem influenciar na distância máxima que a bola pode alcançar.
I	Existem duas forças presentes no ato de chutar a bola. A força potencial, quando o jogador chuta a bola; e a força gravitacional, que ocorreu quando a bola chegou a sua altura máxima e foi afetado pela gravidade. Levamos em conta que a bola terá que ser chutada para cima pra ter uma distância máxima.
J	(1) Depende da força aplicada sob o corpo, o mesmo irá sofrer o impacto e consequentemente irá se mover em linha reta na maior distância possível; (2) Quanto mais rápido o jogador correr, mais força ele terá acumulado dependendo da distância que ele irá percorrer para transferir para bola.
K	(1) Um jogador chuta a bola em um ângulo de 45 graus parado; a bola sairá do chão fazendo uma curva no ar e em seguida voltará para o chão, já com certa distância, devido a velocidade que o jogador chutar, a aceleração da bola que irá aumentar e em seguida ... ; (2) Dependendo da força e onde irá atingir a bola, a bola poderá chegar ao solo rapidamente ou não.
L	Um jogador ao deslocar-se ganha certa velocidade, que ao colidir com a bola de acordo com a orientação ganha impulso e pode atingir uma altura elevada.

Fonte – Produzido pelos autores.

questão aberta. Além disto, pela apreciação das hipóteses, vemos que emergiram algumas relações envolvendo o termo **força**, quais sejam: **força-energia**, **força-impulso** e **força-distância**.

Tabela 7 – Hipóteses para QA0 inseridas em suas categorias.

Categorias	Coerentes	Pouco Coerentes	Não Coerentes
Grupos	*****	A, B (1,2), C(1,2), D(2), E, F, G(1,2), H(1), I, J(1,2) e K(1,2).	D(1), H(2) e L.

Fonte – Produzido pelos autores.

Tabela 8 – Hipóteses elaboradas para QA0 depois da socialização com a turma 11.

Grupo	Hipóteses
A	No momento em que o jogador for chutar a bola, se ele estiver num local fechado, ele não vai ter o vento para atrapalhar e nem ajudar, se a bola for chutada num ângulo de 45° ele vai mais longe possível.
B	O jogador deve chutar a bola com bastante força para ela sair com grande velocidade e deve estar a favor do vento para que ela caia o mais longe possível.
C	Em situações ideais têm que chutar a bola num ângulo de 45°.
D	(1) Partindo do princípio de um ambiente fechado, sem influência do ar, a bola consegue o alcance máximo para um ângulo de 45°. (2) Em um campo de futebol se deve chutar a bola a favor do vento para ela ir longe. E se chutar a favor do vento em 45 graus a distância vai ser maior ainda.
E	Exercendo uma maior força sobre a bola num ângulo 45° a favor do vento.
F	Enquanto a pessoa corre, ela [a bola] acaba recebendo energia em seu corpo, e no final, quando ela chuta a bola, transfere a energia obtida para a mesma, causando assim um forte impacto e fazendo com que a bola atinja uma distância maior. Mas a bola não pode ser muito leve se não ela logo vai parar seu movimento.
G	(1) Se for numa quadra de futsal é só chutar a bola no ângulo de 45°. (2) Se for num campo de futebol normal, tem que tomar cuidado com a força de resistência do ar também chamada de vento. Se o vento tiver forte a força de resistência é grande, então tem que chutar a favor do vento que a força de resistência será desprezível.
H	(1) Se for uma bola de futebol de campo normal com massa padrão igual a de todas as bolas de futebol de campo é só chutar no ângulo de 45° que será maior a distância; (2) A velocidade e o sentido do vento podem influenciar na distância máxima que a bola pode alcançar.
I	(1) Contra o vento a bola não vai muito longe, mesmo se a velocidade inicial for grande. (2) A melhor situação é chutar a bola de futebol a favor do vento e em um ângulo de 45°.
J	*****
K	(1) Num lugar fechado é só chutar com 45° que o alcance será o maior possível; (2) Mas se tiver num campo de futebol chutar a favor do vento ajuda a diminuir a força de resistência do ar e a bola pode demorar mais para chegar no solo de novo.
L	*****.

Fonte – Produzido pelos autor.

Para o termo **velocidade** apontamos as seguintes relações: **velocidade-força**, **velocidade-energia**, **impulso-velocidade**, **velocidade-distância**. Vamos nos deter, apenas, nas relações estabelecidas pelos pares formados com o termo **força**. Isto será suficiente devido à superposição de possibilidades que podemos

combinar com ambos.

A relação **força-energia** foi estabelecida, por exemplo, pelos grupos **A**, **B(1)** e **F**. O grupo **A** propôs que **força** e **energia** são requisitos para que a bola seja chutada com máxima **velocidade**.

Ao mesmo modo que o grupo **A**, o grupo **B(1)**, também entendeu que **força** e **energia** são entidades físicas diferentes, pois como vemos na hipótese (1) do grupo **B**: *o jogador deve aplicar o máximo de força e energia....* Os alunos já conheciam o termo **força**, embora não conhecessem o termo **energia**.

Por sua vez o grupo **F** explicou que a quantidade de **energia** absorvida pelo jogador é transferida para bola causando assim um grande impacto (**força**); ou seja, a relação **força-energia** se estabelece no momento da interação pé-bola.

Como já dissemos a grandeza **energia** não havia sido apresentada para turma e foi interessante que, apesar disto, esta dupla tenha intuído que a bola receberia a **energia** acumulada pela corrida do jogador antes de chutá-la. Em outros termos, esta equipe intuiu que **energia** é uma quantidade física que pode ser transferida de um corpo para outro (PIETROCOL et al., 2011(a); TAYLOR, 2013).

Contudo, mesmo assim, a utilização do termo **energia** não foi suficiente para responderem adequadamente a questão, pois de nada adianta transferir grandes quantidades de **energia** para bola se o chute se realizar com **pequenos ângulos**, como discutido anteriormente (PIETROCOLA et al., idem; TAYLOR, idem).

Fisicamente a relação **força-energia** é dada pelo **teorema trabalho-energia** como expresso na Equação 5.3 (PIETROCOLA et al., 2011(a); NUSSENZVEIGH, 2013):

$$\tau = \Delta E = \vec{F} \cdot \vec{d} \quad (5.3)$$

Logo, pela Equação 5.3 vemos que se não há força ($\vec{F}$), não há trabalho (τ) e, consequentemente, não há mudança na energia (ΔE); contudo não é bem assim. Se o **ângulo** formado entre os vetores força e deslocamento for de 90° , haverá força ($\vec{F}$), mas não há trabalho (τ) e, em adição, não há energia (E) (PIETROCOLA et al., idem; TAYLOR, idem).

A relação entre **força-distância** resumiu-se a *quanto maior a força, maior distância (maior alcance)* como se vê na hipótese do grupo **E**, explicitamente. Esta relação foi estabelecida pelos grupos **B(1)**, **E**, **F**, **G**, **J** e **K(2)**.

Porém, isto não respondeu a questão corretamente, pois de nada adianta aplicar uma força com maior intensidade para pequenos ângulos. Contudo, foi neste sentido que as hipóteses propostas pelos grupos **B**, **E**, **G** e **J** foram formuladas.

A relação **força-impulso** apareceu duas vezes nas hipóteses dos grupos **B(2)** e **C(2)**. Foi interessante

o uso que lhes foi dado ao termo **impulso**. Primeiro que, assim como energia, grandeza física **impulso** ainda não havia sido apresentada para a turma. Segundo, este mesmo termo foi-se utilizado como algo que pudesse ser transferido de um corpo para o outro; e isto não está correto. Fisicamente, o que se transfere é **quantidade de movimento**; e o impulso, apenas, muda o estado de movimento de um corpo.

É apenas em um curto intervalo de tempo, que o **impulso** ($\vec{I}$), como uma medida da ação de **forças impulsivas**, é igual à **variação da quantidade de movimento** ($\vec{Q}$) como está estabelecido pela Equação 5.4 (NUSSENVEIGH, 2013).

$$\Delta\vec{Q} = \vec{F} \times \Delta t = \vec{I} \quad (5.4)$$

Desta forma, de acordo com as categorias propostas por Kasseboehmer e Ferreira (2013), ficamos com a configuração que consta na Tabela 6 em que se apresentam as seguintes situações:

- a) – que não houve hipóteses coerentes, o que está em concordância, de certa forma, com os resultados previamente obtidos por Kasseboehmer e Ferreira (idem);
- b) – apesar de a turma ter elaborado as hipóteses, isto não significa que estejam de acordo ao que a física estabelece como adequado;
- c) – nas hipóteses pouco coerentes, foi verificado, acentuadamente, a utilização do senso comum, como pudemos observar das relações estabelecidas entre **força-velocidade**, **força-impulso** e **força-energia**; resultados semelhante fora encontrado por Suart e Marcondes (2008; 2010)
- d) – foi-se nas hipóteses não coerentes que apareceu a preocupação com o chute em **meio resistivo** como nos grupos **D(1)**, **H(2)** e **L**; entretanto, estas hipóteses se afastaram muito da resposta do perito, pois não levaram em consideração alguma variável relevante para solução do problema.

Note-se que se tivéssemos, ao menos, 40% das hipóteses na contida categoria coerente, teríamos um indício de que a metodologia aplicada poderia desenvolver o *pensamento abstrato*.

Este resultado não era esperado, pois diante dos indícios da manifestação da habilidade cognitiva de **análise** — significando olhar para algumas variáveis importantes que controlam o movimento da bola — esperávamos por indícios de desenvolvimento da **síntese** — expressando alguma relação entre estas variáveis de modo natural. No entanto, isto não aconteceu.

Toda atividade investigativa foi antecedida e finalizada por discussões em sala de aula. No primeiro momento lhes apresentamos o problema a resolver e de que maneira as atividades seriam conduzidas e, finalizávamos com a socialização dos resultados entre as duplas.

Diante das observações livre e participante realizadas ao longo da socialização constatamos que a maioria das duplas não chegaram a um acordo sobre quais variáveis deveriam constar nas hipóteses propostas para QA0.

E, evidentemente, este foi um momento para que fizéssemos algumas correções sobre as relações entre as variáveis que controlam o movimento da bola e que foram apontadas pelos grupos.

Com efeito, diante do exposto na Tabela 6; e, também, pela argumentação apresentada pelos grupos no momento da socialização (não mostrado) concluímos que não houve indícios de um bom desenvolvimento da habilidade de **síntese**.

Então, solicitamos que as equipes trabalhassem em outras hipóteses que atendessem as exigências da QA0. Insistimos que os alunos deveriam utilizar a **imaginação** para criarem **contextos** nos quais as variáveis que se pretendessem utilizar fizessem algum sentido. Deste modo, poderiam escolher as variáveis para depois criarem o contexto ou, poderiam perfazer o caminho inverso, criassem o contexto e observassem quais variáveis caberiam nele.

Este foi o momento de maior participação de nossa parte como professor e pesquisador. Houve muitas dúvidas e muita orientação foi deliberada. Ficou claro o quanto estes alunos eram carentes de uma **contextualização concreta baseada em suas experiências anteriores**. O que de certo modo já era esperado, pois os alunos ainda podem ser considerados novinhos e, da nossa parte como professor da turma, ainda não havíamos explorado muito bem este assunto em sala de aula — seguindo a sugestão de Carvalho et al., (2014) sobre como deveria ser desenvolvida uma atividade de questão aberta.

E daí veio um *insight* sobre o porquê da habilidade de **síntese** não ter apresentado-se bem desenvolvida: **criar um contexto através da imaginação criativa foi uma tarefa muito difícil para os alunos desta turma**.

No entanto, após as correções e orientações dispensadas no momento da **socialização**, as duplas refizeram suas hipóteses tomando o cuidado de, ao **contextualizar** alguma situação, explicitarem o lugar onde o chute da bola foi feito, e quais variáveis deveriam estar presentes neste contexto — vide Tabela 8.

Tabela 9 – Hipóteses para QA0 pós socialização inseridas em suas categorias.

Categorias	Coerentes	Pouco Coerentes	Não Coerentes
Grupos	C, D(1,2), E, F, G(1,2) e K(1,2).	A, B.	*****

Fonte – Produzido pelos autores.

Vemos assim da Tabela 8 que o **contexto** finalmente surgiu nas hipóteses apresentadas pelas equipes, a exceção dos grupos **J** e **L** não terem apresentado-as.

Ainda da mesma Tabela vemos que as equipes identificaram ou associaram a **força de resistência do ar** com o vento (estar a favor ou contra o vento).

Na dupla **G(2)** isto ficou explícito, porém as equipes **B**, **D(2)**, **E**, **I(1, 2)** e **K(2)** também fizeram esta

associação.

É claro que chutar a favor do vento pode ajudar a bola a ir mais longe obtendo assim um **alcance** (A) maior. Contudo, a **força de resistência do ar** depende, em última análise, da **velocidade** do corpo inserido em movimento num meio material e não da **velocidade do meio** ou mesmo da **velocidade relativa entre o meio e o corpo material** (NUSSENVEIGH, 2013; TAYLOR, 2013).

As duplas perceberam, finalmente, que diante das condições ideais que se apresentaram como **ambiente fechado**, quadra de futsal e **ambiente sem resistência do ar**, o ângulo de 45° possibilitaria o maior **alcance**, vide os grupos **C, D, D(2), G(1) e K(1)**. A **massa**, por sua vez, foi explorada apenas pelas hipóteses dos grupos **F e H(1)**.

Portanto, vemos assim, que o **contexto** finalmente apareceu nas hipóteses. É claro que almeja-se que uma hipótese científica tenha aplicação em diversas situações das mais diferentes possíveis (GIL, 2010). Mas, ficou claro o quanto o contexto pode tornar hipóteses mais coerentes.

No entanto, devido à necessidade de **contextualização** apresentada por esta turma, entendemos que as hipóteses da Tabela 8 constituíram-se num crêscimo em direção ao desenvolvimento da habilidade de **síntese**.

Diante da Tabela 8, embora no aspecto de clareza as hipóteses ainda careçam de algum refinamento; houve uma maior aproximação com a hipótese de um perito se comparado com a Tabela 6.

Finalizamos então esta discussão sobre o papel das questões abertas para o desenvolvimento do **pensamento abstrato** concluindo o seguinte:

*Este tipo de atividade investigativa apresentou **indícios** de que, com sua aplicação, é possível desenvolver-se as habilidades cognitivas de **análise e síntese** desde que exploremos adequadamente o papel da contextualização na proposição das questões abertas. Assim, estes resultados sugerem que é possível desenvolver-se o **pensamento abstrato** por intermédio das questões abertas.*

5.3.2 Laboratório aberto: processo de transmissão de calor

Antes de começarmos a descrever, em detalhes, como se aconteceu a prática de laboratório aberto com a turma 21 — composta por 40 alunos, — esclarecemos que esta turma já havia realizado algumas práticas de laboratório tradicional por meio do conteúdo disciplinar de termodinâmica; mais ainda não haviam completado o cronograma sobre transmissão de calor.

Além disto, esta turma já havia sido submetida a três atividades investigativas; no entanto, estes resultados se tratam da segunda atividade de laboratório aberto realizada pela turma.

Os dois tempos da carga horária semanal de física aconteceram no mesmo dia. Isto, apesar de não ser

muito bom para o desenvolvimento das aulas teóricas, pois dificulta o acompanhamento do desenvolvimento intelectual da turma, mostrou-se bastante adequado para realização da pesquisa.

Estes ciclos de laboratório tradicional já estavam previstos na fase pré-operacional da metodologia empregada, e foram muito importantes para automatização de conhecimentos procedimentais; facilitando assim, o desenvolvimento de esquemas na estrutura cognitiva dos alunos relativos à prática de laboratório (WILLINGHAM, 2011).

A metodologia de laboratório aberto é uma atividade experimental investigativa em que os alunos são mobilizados a resolverem situações-problema em que não conseguirão resolvê-las utilizando-se de processos mentais automatizados. Para tanto, eles têm de realizar uma investigação que modele as etapas do método científico, pelas razões já explicadas anteriormente subseção 2.3.2.

Para esta atividade de laboratório aberto, tomamos como ponto de partida a euforia apresentada pelos alunos, devido a uma estratégia empregada pela professora de biologia da turma. Para iniciar este assunto em sala de aula, esta professora utilizou-se de um filme sobre o reino animal que dava ênfase às aves.

No que diz respeito à física, como já dissemos os alunos ainda não haviam cumprido completamente a etapa curricular de termodinâmica relativa aos processos de transmissão de calor, seja teoricamente ou no laboratório. Constatado isto, surgiu a oportunidade de tirarmos proveito para as aulas de física de laboratório aberto.

Assim, lançamos a seguinte situação-problema para a turma: ***Expliquem como e qual o processo físico permite com que os pássaros consigam planar por muito tempo?***

Antes de darmos prosseguimento à prática, fizemos algumas considerações com o objetivo de sanar algum mal-entendido à respeito da proposta em questão; solicitamos então que cada equipe — composta por quatro alunos, — indicassem quais seriam as variáveis que controlavam o voo dos pássaros durante a planagem, pois afinal, estávamos em busca de alguma evidência empírica sobre a manifestação da habilidade cognitiva de **análise**; habilidade recrutada na elaboração do **pensamento abstrato**.

Da Tabela 10 vemos que a variável **o grande aquecimento da superfície da Terra** apareceu 9 (nove) vezes. O maior número de indicações. Contudo, isto está errado, pois afinal, não se trata do **aquecimento da superfície**, mas da **diferença de temperatura entre a superfície e as camadas de ar acima dela** que verdadeiramente dispararam o fenômeno da convecção atmosférica (PITROCOLA et al., 2011(b)).

Sete equipes apontaram, corretamente, que o **gradiente vertical de temperatura** é uma variável importante para descrever o voo do pássaro. Na verdade este é o mecanismo responsável pela origem e manutenção da ascendência do ar, ou melhor, da **convecção térmica** (PIETROCOLA et al., idem).

Tabela 10 – Variáveis que controlam o voo do pássaro; turma 21.

Variáveis	Frequência
Anatomia do pássaro	5
Temperatura do ar	7
Diferença de temperatura entre superfície e atmosfera	7
Grande aquecimento da superfície da Terra	9
Diferença de pressão atmosférica	2
Velocidade vertical do vento	6
Baixa densidade do ar próximo ao solo	3

Fonte – Produzido pelos autor.

Devido à capacidade térmica do solo, ele absorve mais energia na forma de radiação de onda curta (ou radiação solar) que o ar. Assim, ao se aquecer, emite energia na forma de radiação de onda longa (radiação térmica ou infravermelha) aquecendo as camadas de ar imediatamente acima dele.

Estas camadas de ar uma vez aquecidas, tornam-se mais leves (menos densas) que as camadas adjacentes e, conseqüentemente, sobem. Isto forma as células de convecção atmosféricas que são chamadas de termas ou bolsas de ar quente, ascendentes. Este é, então, o fenômeno físico que permite que as aves planem por longos intervalos de tempo.

Porém, uma maneira alternativa de explicar-se este fenômeno, consiste em utilizar a grandeza física chamada de **empuxo**. O **empuxo** ou flutuação ocorre devido à **diferença de temperatura entre a superfície e a atmosfera** que provoca a **diferença de densidade** entre as camadas de ar acima do solo aquecido (PIETROCOLA et al., idem)).

Assim a baixa **densidade** do ar ou a **diferença de densidade** entre as camadas de ar, seria, especificamente, uma variável relevante para o fenômeno da **convecção**. No entanto, só foi indicada pelas equipes 3 (três) vezes.

A **velocidade vertical** foi indicada 6 (seis) vezes. Isto faz algum sentido, pois se há uma massa de ar ascendente subindo ela tem, certamente, uma velocidade diferente de zero. No entanto, mesmo se insistirmos numa descrição mecânica para o fenômeno através do **gradiente de pressão**; não seremos capazes de explicar a origem do fenômeno que é de natureza térmica.

$$PV = nRT. \quad (5.5)$$

Como os alunos já conheciam a equação dos gases ideais — que é uma função de estado que

relaciona as variáveis termodinâmicas de pressão, temperatura e volume, — como na Equação 5.5, eles não foram capazes de relacioná-las e entendemos que esta foi a razão para a baixa indicação da **diferença de pressão** como uma variável importante para descrever o movimento do pássaro.

Abrimos um parêntese aqui para ressaltar que, em nenhum momento oferecemos diretamente a resposta à pergunta contida na proposta. Mas houve a necessidade de direcionarmos as equipes para que se utilizassem os conhecimentos físicos adquiridos em termodinâmica para resolvê-la — não mencionamos que se tratava de um processo de troca de calor entre superfície da Terra e as camadas da atmosfera.

Na verdade, a discussão conduziu as equipes a identificarem que, por meio dos processos de troca de calor, seria possível responderem o problema e lhes solicitamos que elaborassem hipóteses para explicação do fenômeno. Estas hipóteses se encontram na Tabela 11.

Vemos, da Tabela 11 que os termos mais utilizados pelas equipes para descrever o movimento do pássaro foram: **a anatomia do pássaro** (5 vezes) e **convecção** (7 vezes). Deve-se observar que a palavra **convecção** só foi utilizada uma única vez pelo grupo **H**, no entanto, os grupos se valeram de termos sinônimos para denotarem o mesmo fenômeno atmosférico, quais sejam: **ar ascendente** e **sacos de ar ascendente** nos grupos **B(1, 2)** e **G(1, 2)**, e o calor que sobe e **térmicas** (**E** e **H**).

A **diferença de temperatura** foi utilizada 2 (duas) vezes pelos grupos **D(1)** e **E**. Contudo, não ficou explícito, em ambas, de onde advinha esta **diferença de temperatura**, afinal. A **densidade do ar**, apareceu nas hipóteses do grupo **A(2)** e **C(2)**. Mas, já explicamos que, na verdade, o **empuxo** acontece devido à **diferença de densidade** — não pela **densidade** do ar de *per se*.

Assim, nas hipóteses elaboradas por 4 (quatro) equipes apareceu ao menos uma vez uma variável que realmente descreve o fenômeno da **convecção** e foram classificadas como hipóteses coerentes.

Os demais grupos oscilaram entre hipóteses pouco coerentes e não coerentes. As hipóteses pouco coerentes não explicavam exatamente qual é o fenômeno físico que permite que os pássaros planem. E as hipóteses não coerentes focaram-se na **aerodinâmica do pássaro**; mas isto não explica o fenômeno físico em questão. De maneira geral, a formulação da hipótese em si é que deixou a desejar.

Após a elaboração das hipóteses demos a sugestão para que as equipes dividissem as tarefas a serem empregadas para a solução do problema. Cada membro deveria ficar com alguma tarefa específica, quais sejam: pesquisar o assunto teórico, buscar por alternativas viáveis para realização do experimento, os materiais que seriam utilizados, como seria a coleta de dados, e escreverem suas conclusões para posterior comunicação e, sobretudo, que na resposta final para o problema contivessem o contexto e fatos advindos das evidências do experimento que seria realizado na próxima aula.

Assim, a proposição da situação-problema, a coleta das hipóteses (Tabela 11) e a divisão de tarefas para cada membro das equipes ocorreu na primeira aula de laboratório aberto.

Tabela 11 – Hipóteses para explicar o voo do pássaro e/ou a convecção; turma 21.

Grupos	Hipóteses	Categorias
A	(1) (...) sua anatomia proporciona essa atividade; (2) Sua anatomia combinada com a densidade do ar proporciona essa atividade.	Não coerente
B	(1) (...) são as correntes de ar; (2) Sacos de ar ascendente; (3) Por causa da massa de ar quente.	Coerente
C	(1) Devido a estrutura corporal facilitada; (2) (...) por causa da densidade do ar.	Pouco coerente
D	(1) (...) pela diferença de temperatura e de densidade do ar; (2) Devido a estrutura corpórea da ave (...).	Coerente
E	(1) Devido ao calor que sobe levando o pássaro que é menos denso que o ar.	Não coerente
F	(1) Pelas diferenças de temperatura do ar; (2) Algumas estruturas fisiológicas externas e internas.	Pouco coerente
G	(1) Sacos de ar; (2) Massa de ar quente ascendente.	Coerente
H	(1) É a convecção utilizando as térmicas ou termas que são bolhas de ar quente ascendente; (2) Aerodinâmica do corpo.	Coerente
I	*****	*****
J	*****	*****

Fonte – Produzido pelos autor.

Chegada à aula seguinte — segunda aula, — fomos diretamente para o laboratório didático da instituição. Os alunos já trouxeram devidamente anotados o rascunho do planejamento da atividade experimental que seria realizada nesta segunda aula.

Constatamos, diante do que nos foi entregue pelas equipes, que os materiais que foram utilizados nos experimentos foram: velas, fósforos, hélice de metal, uma base e haste para hélice, cronômetro e régua.

O material de apoio em que as equipes fizeram suas pesquisas para buscarem subsídios para responderem a situação-problema foram os livros didáticos da biblioteca da instituição, buscas de materiais e videoaulas na internet.

Notamos que houve uma convergência do experimento selecionado pelas equipes. Alguns eram, inclusive, sistematicamente iguais, do ponto de vista de materiais a utilizar. Isto, pois provavelmente, as equipes interagiram durante a semana que antecedeu a segunda aula.

De modo geral, o experimento consistiu em fazer uma hélice de metal leve (o alumínio) rotacionar assim que as camadas de ar abaixo dela estivessem aquecidas.

Neste momento as equipes **A**, **C** e **G**, apresentaram o seguinte questionamento: *que altura devemos posicionar a vela abaixo da hélice — ou em que altura devemos suspender a hélice pela haste de metal.*

Respondemos: (...) *gostaria que vocês pensassem um pouco mais para concluir se a altura seria uma variável importante para o fenômeno.*

Após algum tempo, as equipes começaram a realizar o experimento. Os alunos acendiam a vela a diferentes alturas e cronometravam o tempo em que o movimento da hélice iniciava-se, daí os alunos registravam o tempo para cada altura. O experimento foi realizado mais de uma vez com diferentes membros intercambiando as tarefas entre si.

Na terceira aula, correspondente a última fase da pesquisa — pós-operacional — aconteceu a apresentação das conclusões das investigações realizadas pelas equipes e uma discussão buscando extrapolar os resultados do experimento, conduzida pelo pesquisador. Veja-se na Tabela 12 algumas respostas dadas pelas equipes.

Mas uma vez o grupo **J** não completou a tarefa. E, apesar do grupo **I** não realizar a proposição de hipótese, fez a investigação, nos entregou as anotações sobre o planejamento do experimento e realizaram-no sem problemas.

Vamos começar nossas análises da solução para o problema, como consta na Tabela 12, partindo da classificação proposta por Kasseboehmer e Ferreira (2013) que enquadram as hipóteses em três categorias: as coerentes, as pouco coerentes e não coerentes.

Apontamos, diante disso, que utilizamos, também, tais categorias para classificarmos as conclusões para o problema elaborado pelas equipes — vide as categorias em seção 4.2.

Lembrando que para efetuarem a conclusão do problema, os alunos deveriam ser capazes de organizar uma resposta final relacionando o que foi lido no momento da pesquisa bibliográfica juntamente ao que foi obtido com os resultados do experimento. Enfim, fazer uma **síntese**.

Esta é a segunda habilidade cognitiva que estamos à procura de indícios de sua manifestação através desta atividade de laboratório aberto.

Observamos que as conclusões inseridas na categoria coerente trouxeram em seu enunciado a descrição do fenômeno físico e a informação da variável tempo; cuja importância só foi observada com o experimento. Logo, são conclusões baseadas em evidências teóricas advindas da literatura especializada e de fatos experimentais.

Assim como as hipóteses elaboradas, a maioria das conclusões foram classificadas como coerentes, mostrando assim, que a discussão feita na aula experimental surtiu algum efeito e, sobretudo, que as conclusões mostraram que as equipes conseguiram fazer uma **síntese** entre as informações adquiridas pela

Tabela 12 – Hipóteses para explicar o voo do pássaro e/ou a convecção; turma 21.

Grupos	Resposta ao problema	Categorias
A	(...) devido ao processo de convecção as aves percebem que uma corrente ascendente (uma térmica) está ocorrendo em determinado ponto, então as aves vão subindo por esse ponto até uma determinada altura ganhando energia potencial ... nesse processo elas [aves] não gastam energia.	Pouco coerente
B	Após algum tempo que o Sol aquece a superfície da Terra, esta aquecerá o ar logo acima. O ar que está logo acima da superfície tende a ficar quente e como ar quente é menos denso, ele tende a subir e quanto maior a diferença de temperatura entre o ar e a terra, mais intensa é a convecção. Isso depende do tempo que a Terra é aquecida por isso ao meio dia a convecção é mais intensa. É assim que as aves planam sem gastar energia – carona grátis da natureza.	Coerente
C	As aves usam as termas ou térmicas para planarem no ar. A superfície aquecida do nosso planeta faz com que o ar mais quente suba, uma vez que é menos denso (...). Cada parcela de ar quente sobe até determinada altura e a natureza se aproveita delas. Essa altura pode se tornar maior dependendo do tempo de aquecimento da superfície. As aves percebem esta corrente ascendente de ar e se aproveitam dela para planarem. Esta terma é mais intensa entre 12 e 14 horas.	Coerente
D	As aves utilizam as termas para planarem (...) a superfície aquecida ao longo de toda manhã [tempo] do nosso planeta faz com que o ar mais quente suba, uma vez que o ar mais quente é menos denso que o ar mais frio. (...) a natureza se aproveita delas [termas]. As aves percebem uma corrente ascendente ocorrendo (...).	Coerente
E	*****	*****
F	(...) primeiro agente precisa saber o que é uma térmica: o processo de formação de nuvens (...) que são parcelas de ar quente que sobem, já que são menos densas. O Sol aquece a superfície da Terra após as 6 horas (manhã), esta superfície aquece o ar acima dela que fica menos denso e, então, sobe. Do mesmo jeito que os planadores, as aves se aproveitam das termas, é muito interessante.	Pouco coerente
G	De acordo com os mecanismos de transferência de calor: a convecção ocorre como consequência de diferenças de densidade do ar. Quando o calor é conduzido da superfície relativamente quente para o ar subjacente, este ar torna-se mais quente que o ar vizinho. O ar quente é menos denso que o ar frio de modo que o ar mais frio e denso desce e força o ar mais quente e menos denso a subir. O ar mais frio é então aquecido pela superfície e o processo é repetido. De acordo com o experimento é possível perceber a relação entre o voo dos pássaros e o movimento das hélices. As termas só se formam após a diferença de temperatura tornar-se considerável.	Coerente
H	(...) Tendo em vista que a convecção se dá através do transporte de matéria, a diferença de densidade e a ação da gravidade, podemos concluir que as aves se utilizam desse meio de propagação para poderem planar a uma determinada altura, utilizando a aerodinâmica de seu corpo a um determinado tempo sem gastar energia.	Coerente
I	Os pássaros utilizam as termas para subirem.	Pouco coerente
J	*****	*****

Fonte – Produzido pelos autor.

leitura da bibliografia obtida pela investigação e os fatos advindos do experimento.

Contudo, no contexto desta pesquisa, entendemos que isto é um indício de que com o laboratório aberto foi-se possível o desenvolvimento da habilidade de **síntese**.

Em resumo, pela execução de uma atividade investigativa de laboratório aberto, foi-se possível identificar que os alunos manifestaram as habilidades cognitivas de **análise** (Tabela 10) — indicando as variáveis de controlam o fenômeno de **convecção** — e de **síntese**, pois conciliaram informação teórica advinda da literatura com fatos experimentais (Tabela 12).

Sabemos que as habilidades de **análise** e **síntese** concorrem para composição do **pensamento abstrato**. Todavia, pela própria definição empregada para **pensamento abstrato** que expusemos no Capítulo 3, ainda nos falta verificar se, diante destes resultados animadores, os alunos conseguem extrapolar os resultados desta atividade, em particular, para situações diversas, porém, não experimentadas diretamente por eles.

Note-se que como, neste momento, temos o objetivo de verificar se os alunos conseguem extrapolar o que aprenderam em situações particulares para outras diferentes, lançamos-lhes as seguintes questões fechadas:

(P1): Você está em uma praia e percebe que o vento se propaga do mar em direção ao continente, durante o dia; e que, pela noite, o sentido se inverte. Como se explica isto? Resposta: **Este é o fenômeno da brisa marítima. Devido à diferença das capacidades térmicas da água do mar e a da areia; durante o dia a praia se aquece mais rápido que o mar e cria-se uma zona de baixa pressão sobre o continente e o ar, que está mais quente fica menos denso, e sobe. Este espaço vazio é preenchido imediatamente pelo ar vindo do mar. Durante a noite, como o mar demora mais tempo para resfriar — logo, está mais quente que o continente — a zona de baixa pressão que estava sobre o continente afasta-se para o mar provocando o mesmo efeito que fizera no continente durante o dia (PIETROCOLA et al., 2011(b)).**

(P2): Se aquecêssemos uma garrafa de água pela parte de cima, toda a água contida na garrafa iria se aquecer? Isto também seria explicado pela convecção? Resposta: **A água ficaria toda aquecida, mas seria devido ao fenômeno da convecção, pois este só ocorre de baixo para cima e, nunca, no sentido contrário. O aquecimento aconteceria por meio de outro fenômeno de troca de calor, a saber: condução.**

(P3): Diante do entendimento do conceito de convecção expliquem como ocorre o fenômeno atmosférico chamado de inversão térmica. Este fenômeno já aconteceu em Manaus e é comum em São Paulo. Em que condição (contexto) ele acontece. Resposta: **Inversão térmica é o aprisionamento de uma camada de ar frio próximo à superfície por uma camada de ar quente. Isto acontece naturalmente**

durante as madrugadas, porém durante o dia, para que ele ocorra é necessário algumas condições particulares, quais sejam; dias consecutivos de muita nebulosidade que não permitem a passagem da luz solar para aquecer a superfície ou o acúmulo de poluição atmosférica; como ocorre com certa frequência em São Paulo.

Tabela 13 – Frequência de acertos das perguntas para turma 21.

Perguntas	Frequência de acertos
P1	6
P2	8
P3	5

Fonte – Produzido pelos autor.

Os alunos apresentaram alguma dificuldade em elaborar uma resposta para P1. Mas com alguma mediação e apelando para o princípio de conservação de massa, 6 (seis) equipes responderam corretamente. A pergunta P2 foi respondida quase que imediatamente. No entanto P3, apenas, 2 (dois) grupos responderam-na corretamente e, inclusive, apelaram para a explicação de P2 para exemplificarem e ressaltarem que convecção só ocorre de baixo para cima. As demais equipes não foram capazes de responder.

Concluimos então, pelas evidências contidas nas Tabelas (10, 11, 12 e 13) que por meio da metodologia de ensino-aprendizagem de laboratório aberto obtivemos indícios de que é possível o desenvolvimento do **pensamento abstrato**.

5.4 Uma proposta de ensino de ciências para desenvolver o pensamento abstrato

Apresenta-se nesta seção uma proposta metodológica que tem o fim de desenvolver a habilidade cognitiva do **pensamento abstrato** através de atividades de investigação.

Recordemos que o **pensamento abstrato** recruta duas outras habilidades; quais sejam: a **abstração** e a **síntese**. Portanto, a metodologia que apresentamos consiste em desenvolver ambas separadamente para que haja um maior controle das variáveis que inerem ao processo de ensino-aprendizagem para àquele que, por ventura, irá aplicá-la.

Segue as fases da metodologia proposta e os critérios que julgamos que sejam mandatórios para a bom desenvolvimento desta metodologia.

5.4.1 Critérios a cumprir

Se o objetivo pedagógico é desenvolver habilidades, mais que promover a aprendizagem de conceitos, sugerimos que o docente atente-se para os seguintes critérios:

- a) – Usar atividades investigativas práticas: pois as pesquisas atuais sugerem que, mas que reforçar o conhecimento factual e facilitar a aprendizagem de conceitos físicos, elas são mais eficientes em desenvolver habilidades; especialmente as atividades prático-experimentais, e as habilidades cognitivas recrutadas por estas; como vemos em Wilcox e Levandowski (2017);
- b) – Observar o nível de conhecimento factual das turmas: pois é diante disto que se pode decidir qual será o grau de liberdade dispensado ao discente para que realize a atividade investigativa;
- c) – Recomenda-se a contextualização: não é mandatório, mas recomendável. O fim para o qual a contextualização pode ser empregada é diverso; seja em atenção aos pressupostos que inerem as atividades investigativas (CARVALHO et al., 2014); seja para favorecer o lúdico (Cruz et al., 2014); ou seja para aumentar o engajamento dos discentes (HOLMES; WIEMAN, 2016).

Sustentamos que só após a observação destes três critérios teremos bases objetivas sobre qual será a melhor maneira de estruturar a metodologia. Perguntas como: deve-se estruturar muito ou pouco a atividade?, deve-se usar questões abertas ou semiabertas?, qual a melhor metodologia do ensino de ciências por investigação?, a atividade prática deve, obrigatoriamente, ser experimental?. Todas estas perguntas podem ser respondidas diante da observação dos critérios *supra* apresentados.

Não deve-se esquecer que alunos noviços têm diferentes demandas cognitivas diferentes daqueles com alguma perícia (HOLMES; WIEMAN, *idem*; de SOUZA; VALENTE, 2014).

Defendemos que estes critérios estendem-se para toda e qualquer metodologia do ensino de ciências por investigação.

5.4.2 Proposta metodológica

O ambiente social da escola com todos os seus atores e suas facilidades estruturais contribuem para o desenvolvimento intelectual do sujeito. Às vezes positivamente, às vezes não. O que ocorre é que uma grande gama de variáveis concorrem, ao mesmo tempo, com os processos de ensino-aprendizagem. Assim, por este motivo, deve ser, sempre, uma grande preocupação do professor-pesquisador que ele detenha um certo controle de algumas destas variáveis (GIL, 2010; SAMPIERI et al., 2013).

Logo, atomizamos a metodologia em três etapas e apresentamos as respectivas justificativas de cada uma, veja-se:

- (a) – **Ajustamento disciplinar:**

Não julgamos prudente submeter-se os discentes ao *aprender fazendo* — típico das atividades investigativas, — sem que eles saibam como fazê-lo. Evidentemente que o desenvolvimento da alguma habilidade é materializado; *fazendo*. Mas isto não pode ser uma busca no escuro.

É pré-requisito das atividades investigativas que o aluno não tenha uma solução automatizada para resolvê-la; contudo, não ter uma solução pronta e fácil é bem diferente de não ter solução nenhuma e, nem saber por onde começá-la. Portanto, o discente que irá enfrentar uma situação-problema deve ter algum conhecimento factual ou procedimental relativo àquela situação que ele deverá resolvê-la. Isto é um imperativo cognitivo como ressalta Willingham (2011).

A fase de ajustamento disciplinar consiste, exatamente, em disponibilizar momentos de aprendizagem para que o docente transmita os conhecimentos factuais e procedimentais que os discentes necessitam para desenvolver o tipo de atividade investigativa que lhes serão propostas.

Se o docente irá propor uma atividade de laboratório aberto, pois que antes, promova o contato dos discentes com o laboratório tradicional. Ensine-os, por exemplo, a comportar-se adequadamente dentro de um laboratório, ensine-os a manusear os equipamentos. Isto deve ser atendido, sobretudo, com alunos novinhos. Para aqueles com alguma perícia, — que já fizeram cursos de laboratório, — pode-se pular esta etapa.

Fornecer os mecanismos para o aluno resolver o problema é bem diferente de facilitar-lhe a solução, ou de responder-lhe o problema. Cruz et al. (2014), por exemplo, utilizaram aulas teóricas, que antecederam as atividades práticas, e, um texto contendo informações que ajudariam os discentes a imaginar o contexto no qual encerrava-se a atividade investigativa. Mas entregou a solução do problema de bandeja para os alunos.

Sustentamos que sem este ajustamento disciplinar, coloca-se, invariavelmente, o aluno diante de um nível de autenticidade da investigação, que não cabe ao contexto escolar. Pela nossa experiência, isto torna o trabalho tedioso, tanto para aluno quanto para professor; além de que não é nada pragmático proceder assim, pois precisamos ficar atentos ao tempo didático. Do ponto de vista cognitivo, não praticar o ajustamento disciplinar, poderá resultar em uma sobrecarga cognitiva por parte do aluno (de SOUZA; VALENTE, 2014).

(b) – Segmentação das partes do todo:

Lembremos de que a habilidade de **análise** consiste em olhar para as diversas partes do todo. Assim diante de algum fenômeno físico, o entendimento de como ele funciona e como ele se constitui em suas partes — quais variáveis concorrem para caracterizá-lo — mostrou-se um bom exercício para desenvolver a habilidade de **análise**. Isto é o que sugerem os nossos resultados.

Portanto, esta é a segunda etapa da metodologia proposta: fazer com que os alunos investiguem quais são as variáveis que controlam o fenômeno estudado. É suficiente identificá-las, não precisa que os

discentes detenham o controle das variáveis; embora aqui o aluno já começa a ter uma ideia de causa e efeito (KUHN; DEAN, 2005).

(c) – **Ajuntamento das partes do todo**

Organizar as diferentes variáveis para explicar um fenômeno qualquer, não exige, apenas, conhecê-las; deve-se ser capaz de controlá-las e até mesmo manipulá-las, mentalmente ou em laboratório.

Isto torna o desenvolvimento da habilidade de **síntese** bastante delicado. Um exercício interessante para isto, pelo menos é o que sugere nossos resultados, consiste em particularizar alguma variável e modificar sua magnitude, direção, sentido, torná-la nula, ou outros; e perguntar para os alunos como se manifestaria este mesmo fenômeno previamente estudado, diante destas modificações.

Julgamos importante, tomar-se as variáveis uma de cada vez. Só depois de superada esta etapa é que tomamos as variáveis duas a duas. Os nossos resultados sugerem que se o aluno tiver sucesso, isto pode significar que ele tem o controle das variáveis e, conseqüentemente, desenvolveu a habilidade de **síntese**.

É o caso, também, de solicitar que os alunos pensem em algum contexto em que tais modificações das magnitudes das variáveis podem fazer sentido. veja-se que o controle das variáveis e a criação de contextos são atividades que exigirá do aluno o recrutamento da sua **imaginação criativa**.

Defendemos que quanto mais o docente praticar este tipo de atividade; mas ele estará favorecendo o desenvolvimento da **imaginação educada** de seus alunos.

Os resultados obtidos nesta tese apresentam indícios positivos de que com esta metodologia é possível desenvolver-se a habilidade cognitiva do **pensamento abstrato**. Apostamos que esta metodologia também pode ser aplicada para o desenvolvimento desta mesma habilidade no ensino das outras ciências; pois ela não está ancorada em aspectos que inerem, fundamentalmente, a ciência física.

Além disto, esta metodologia é factível de ajustes e de flexibilizações atribuindo-lhe assim algum grau de universalização. Evidentemente que para tanto, ainda carece de evidências empíricas que justifique esta afirmação.

Conclusões

Neste trabalho apresentamos resultados de uma pesquisa que teve o objetivo de comprovar a tese de que é possível desenvolver-se o **pensamento abstrato** por intermédio das atividades investigativas no ensino de física. Com efeito, somos levados a acreditar que os resultados obtidos sugerem, positivamente, que este objetivo foi atingido.

Isto foi de tal sorte, que possibilitou-nos o desenvolvimento de uma proposta metodológica de ensino com o fim de desenvolver o **pensamento abstrato**. Esta metodologia tem as características de ser simples, pois divide-se em três etapas didático-pedagógicas; e flexível, pois tem potencial de ser utilizada nas outras ciências naturais contidas no currículo do ensino médio.

Ressalta-se que não da *praxe* do ensino de ciências atuar no desenvolvimento desta habilidade do pensamento. Em especial, tomando o Capítulo 1 como referência, pelo menos nos últimos 12 anos, nenhuma pesquisa no ensino das ciências o fez ao modo como o fizemos nesta tese.

Recentes pesquisas mostram que diante das atividades investigativas no contexto escolar é possível, de fato, mas que reforçar conceitos científicos, desenvolver-se habilidades importantes para o desenvolvimento da atividade científica bem como para aquisição de novas aprendizagens. Esta tese corrobora estes resultados, porém com algum grau de ineditismo haja vista que a habilidade aqui investigada foi o **pensamento abstrato**.

É diante deste contexto que podemos inserir as contribuições dada por esta tese, pois é por intermédio do pensamento abstrato que podemos relacionar a ciência escolar com as diversas situações do cotidiano. Ademais, o pensamento abstrato não é recrutado apenas para lidar com as questões científicas, em especial da física; mas para inúmeras situações da vida corrente.

Levando-se em conta tudo que foi observado ao longo do trabalho, ainda é necessário, porém, que esta metodologia passe pela apreciação dos especialistas, bem como adquira um conjunto de evidências empíricas para consolidá-la. É nesta direção que dispensaremos nosso tempo e energia no futuro próximo: submeter esta metodologia para avaliação dos especialistas por meio do método DELPHI e, utilizá-la-emos nos trabalhos de orientação dos estágios supervisionados juntamente aos alunos das licenciaturas do IFAM.

Observar se o grau de eficiência da metodologia proposta tem alguma correlação com a disciplina empregada; se existe alguma variação significativa em relação ao nível de conhecimento dos alunos (noviços ou peritos), são as questões pertinentes de que iremos nos ocupar no futuro próximo.

Vários fatores concorreram para o desenvolvimento desta tese devido à necessidade de que ela

atendesse aos diferentes interesses dos agentes do ambiente escolar, onde jaz a investigação. Portanto, optamos por um tipo de pesquisa qualitativa que ao final do processo, o trabalho pudesse ser devolvido para este ambiente escolar de modo a agregar-lhe alguma melhora.

Assim, a emergência da pesquisa ação-participante foi natural, o que restava era, diante das tantas necessidades, como viabilizar melhoras no ambiente de trabalho e definir qual seria o objeto de investigação da pesquisa.

Este objeto de investigação deveria ser de tal forma que atendesse as necessidade do pesquisador, dos alunos, dos gestores e, que fosse ao encontro dos documentos oficiais que regem o tipo de formação que a instituição oferece para sociedade.

Então, após a fase exploratória da pesquisa, o processo de ensino-aprendizagem, como objeto de investigação, mostrou-se adequado aos interesses mútuos, em especial, as metodologias de ensino-aprendizagem. Isto, pois, os cursos integrados do ensino médio apresentam altos índices de reprovação em algumas disciplinas, dentre elas a física.

Desenvolver-se metodologias de ensino que se prestem a desenvolver habilidades nos pareceu mandatório, pois esta dimensão constava em todos os projetos pedagógicos dos cursos oferecidos pela instituição. Contudo, apenas uma pequena parcela dos professores da instituição tem formação pedagógica adequada para empreender tal empresa.

As metodologias de ensino-aprendizagem utilizadas pela pesquisa foram: as questões abertas e o laboratório aberto. Ambas tiveram como base teórica o ensino de ciências por investigação. Estas metodologias do ensino por investigação resultaram da triangulação dos dados advindos de diferentes instrumentos de coletas, tais como questionários e entrevistas, feitos com alunos e professores do Instituto.

Ambas, por definição, são atividades minimamente guiadas pelo professor. Porém, diante do posicionamento defendido ao longo da pesquisa, estruturamo-las por motivos que atendem recentes pesquisas na área de psicologia cognitiva.

Com esta a estruturação e valendo-se da máxima cognitivista de que: *antes de se desenvolver habilidades deve-se memorizar fatos conceituais e procedimentais*, o emprego destas metodologias mostrou-se satisfatórios.

A aplicação de atividades investigativas em sala de aula passou por alguns dilemas. O tempo de preparo para que fosse possível fazê-las foi-se muito extenso. E acreditamos que assim o seja. Sobre tudo, o laboratório aberto. Neste aspecto esta tese também corrobora com recentes pesquisas na área de ensino de física.

Assim, é necessário bem preparar o aluno para que ele seja capaz de executar uma atividade investi-

gativa. Deste modo, não recomendamos que o professor utiliza-a com muita frequência e nem que aplique-a com alunos noviços — ao menos não em um primeiro momento.

Concluimos então que as atividades investigativas no contexto escolar são poderosos recursos didático-pedagógico que estão à disposição do professor para que promova um ensino de ciências prazeroso e eficiente.

Referências

- ABRAHAMMS, I.; MILLAR, R. Does practical work really works? A study of the effectiveness of practical work as teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, vol. 30 (14), 2008.
- ABD-EL-KHALICK et al. *Inquiry in Science Education: International Perspectives. Culture and Comparative Studies*, 2013.
- ADLER, M. J. e DOREN, C. V. *A arte da leitura: diálogos sobre livros. É realizações: São Paulo*, 2017.
- ADLER, M. J. *Como Falar, Como Ouvir. É realizações: São Paulo*, 2013.
- ALMEIDA, D. M. et al. Analysis of epistemic practices in reports of higher education students groups in carrying out the inquiry-based activity of immunology. *Investigações em Ensino de Ciências*. vol. 21(2), 2016.
- ALVES, R. *Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e suas regras*. Loyola: São Paulo, 18a ed., 2013.
- ASSAI, N. D. de S.; FREIRE, L. I. F. A utilização de atividades experimentais investigativas e o uso de representações no ensino de cinética química. *Experiências e Ensino de Ciências*. vol. 12(6), 2017.
- ARAÚJO, I. S. et al. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da cinemática. *Revista Brasileira do Ensino de Física*, vol. 26 (2), 2004.
- BARROW, L. H. A brief history of inquiry: from Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, vol. 17 (3), 2006.
- BASSOLI, F. Atividade práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. *Ciência e Educação*, vol. 20 (3), 2014.
- BECKER, F. *Educação e construção do conhecimento*. Porto Alegre: Artmed, 1ª ed., 2002.
- BECKER, F. *Epistemologia do professor de matemática*. Petrópolis: Vozes, 1ª ed., 2012.
- BELMONT et al. Integrando física e educação física em uma atividade investigativa na perspectiva da aprendizagem significativa. *Experiências em Ensino de Ciências*. vol. 11(2), 2016.
- BENEDICTO, E. C. P. O caso do esmalte e do isopor: contribuições às atividades investigativas no ensino de química. *Experiências em Ensino de Ciências*. vol. 12(6), 2017.
- BOSSLER, A, P. et al. O estudo das vozes dos alunos quando estão envolvidos em atividades de investigação em aulas de física. *Revista Ensaio*. vol. 11(2), 2009.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*. Rio de Janeiro: LTC, 1ª ed., 2016.
- BLOG DE SIGNIFICADOS. definição de copetência e habilidade. Disponível em: <<https://significados.com.br>> Acesso em: 23 de junho de 2018.
- BORGES, A. T.; RODRIGUES, B.A. *Aprendendo a planejar investigações*. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatubas, MG, 26 – 30 de outubro, 2004.
- BORGES, T. *Novos rumos para o laboratório escolar de ciências*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física,

vol. 19 (3), 2002.

BRANDÃO, C. R. (org.) Repensando a Pesquisa-Participante. São Paulo: Brasiliense, 3^a ed., 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) – Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

CAMPOS, J. G. et al. Avaliando o papel dos conhecimentos prévios para elaboração de hipóteses em questões abertas no ensino de física, Revista Prática Docente, vol. 2(2), 2017.

CARVALHO, A. M. P. (org.). Calor e Temperatura: um ensino por investigação. São Paulo: Livraria da Física, 1^a ed., 2014.

CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 1^a ed., 2013.

CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de Física. São Paulo: Cenegae Learning, 1^a ed., 2010.

CASTAÑON, G. A. Construtivismo, Inatismo e Realismo: compatíveis e complementares. Ciências e Cognição. vol. 10, 2007.

CHARMAZ, K. A construção da teoria fundamentada: guia prático para análise qualitativa. Porto Alegre: Artmed, 1^a ed., 2009.

CHEVALLARD, Y. La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado. Argentina, La Pensée Sauvage, 1991.

CHIZZOTTI, A. Pesquisa Qualitativa em Ciências Humanas e Sociais. Rio de Janeiro: Vozes, 6^a ed., 2014.

CLARK, R. et al. Putting students on the path to learning: the case for fully guided instruction. American Educator, vol. 36 (1), 2012.

CORTELLA, M. S. Educação, escola e docência: novos tempos, novas atitudes. São Paulo: Cortez, 1^a ed., 2014.

COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. Neurociência e Educação: como o cérebro aprende. Porto Alegre: Artmed, 1^a ed., 2011.

COSWOSK, E. D.; GIUSTA, A. S. Práticas investigativas no ensino de biologia: uma proposta metodológica para iniciação à pesquisa. Investigações em Ensino de Ciências. vol. 20(2), 2015.

CRATO, N. O “Eduquês” em Discurso Direto: uma crítica da pedagogia romântica e construtivista. Lisboa: Gradiva, 11^a ed., 2010.

CRUZ et al. A ciência forense no ensino de química por meio da experimentação investigativa e lúdica. Química Nova na Escola. vol. 38(2), 2014.

DEMO, P. Metodologia Científica em Ciências Sociais. São Paulo: Atlas, 3^a ed., 1995.

DEMO, P. Praticar a Ciência: metodologias do conhecimento científico. São Paulo: Saraiva, 1^a ed., 2011.

DE OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. Acta Scientiae, vol. 12 (1), 2010.

DE SOUZA, N. P. C.; VALENTE, J. A. S. Aprendizagem Completamente Dirigida versus Aprendizagem Minimamente Dirigida. Ciências e Cognição, vol. 19 (1), 2014.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas

investigativas. *Investigações em Ensino de Ciências*. vol. 22(1), 2017.

FERREIRA, L. H. et al. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. *Química nova na Escola*. vol. 32(2), 2010.

FRAIHA, S. et al. Atividades investigativas e o desenvolvimento de habilidades e competências: um relato de experiência no curso de Física da Universidade Federal do Pará. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. vol. 40(4), 2018.

FERRARI et al. A contribuição da ludicidade na aprendizagem e no desenvolvimento da criança na educação infantil. *Unoesc e Ciência – ACHS*, vol. 5 (1), 2014.

FERREIRA, L. H. et al. Ensino Experimental de Química: uma abordagem contextualizada. *Química Nova na Escola*, vol. 32 (2), 2010.

FRANCISCO JR., W. E. et al. Experimentação Problematicadora: fundamentos teóricos e práticos para aplicação em salas de aula de ciências. *Química Nova na Escola*, vol. 30, 2008.

FRYE, N. A imaginação educada. São Paulo: Vide editorial, 1ª ed., 2017.

GASPAR, A. Atividades Experimentais no Ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vygotsky. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

GAUTHIER, C.; TARDIF, M. A Pedagogia: teorias e práticas da antiguidade aos nossos dias. Rio de Janeiro: Vozes, 3ª ed., 2014.

GAUTHIER et al.. Ensino explícito e desempenho dos alunos: A gestão dos aprendizados. Rio de Janeiro: Vozes, 1ª ed., 2014.

GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. São Paulo: Atlas, 5ª ed., 2010.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, vol. 10 (2), 1999.

GUIMARÃES, D.; MENDONÇA, P. C. C. Avaliação de habilidades cognitivas em um contexto sociocientífico com foco nas habilidades argumentativas. *Química Nova da Escola*, vol. 37(1), 2015.

HAASE et al. Por que o Construtivismo não funciona? Evolução, processamento de informação e aprendizagem escolar. *Psicologia em Pesquisa*, vol. 9(1), 2015.

HACKING, I. Representar e intervir: tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1ª ed., 2012.

HATTIE, J. Aprendizagem visível para professores: Como maximizar o impacto da aprendizagem. São Paulo: Penso, 1ª ed., 2017.

HOLMES, N. G.; WIEMAN, C. E. Examining and contrasting the cognitive activities engaged in undergraduate research experiences and lab courses. *Physical Review Physics Education Research*, vol. 12(2), 2016.

KALYUGA, et al. Learner Experience and Efficiency of Instructional Guidance. *Educational Psychology*, 2001.

KANARI, Z.; MILLAR, R. Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 41(7), 2004.

KASSEBOEHMER, A. C.; FERREIRA, L. H. Elaboração de hipótese em atividades investigativas em aulas teóricas de química por estudantes de ensino médio. *Química Nova na Escola*, vol. 35(3), 2013.

KIRSCHNER, P. et al. Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, vol. (41), 2006.

Kuhn, D.; Dean, D. Jr. Is developing scientific thinking all about learning to control variables?. *Physiological Science*, vol. 16(1), 2005.

LABURÚ, C. E. Problemas abertos e seus problemas no laboratório de física: uma alternativa dialética que passa pelo discursivo multifocal e univocal. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 8(3), 2003.

LORENZON, M., SILVA, J. da S. Aplicabilidade dos ciclos investigativos nos anos iniciais do ensino fundamental. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*. vol. 11(2), 2018.

MATOSO, C. M; FREIRE, A. M. M. da S. Percepções de alunos sobre a utilização de tarefas de investigação em aulas de química. *Revista Ensaio*, vol. 15(2), 2013.

MASSABNI, V. G. O construtivismo na prática dos professores de ciências: realidade ou utopia. *Ciências e Cognição*. vol. 10, 2007.

MAYER, R. E. Should there be a three-strike rule against pure discovering learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, vol. 59(1), 2004.

MESSEDER, J. C; RÔÇAS, Giselle. O lúdico e o ensino de ciências: um relato de caso de uma licenciatura em química. *Revista Ciências e Ideias*, vol. 1(1), 2009-2010.

MOREIRA, L. C.; SOUZA, G. S. de. O uso de atividades investigativas como estratégia metodológica no ensino de microbiologia: um relato de experiência com estudantes do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*. vol. 11(3), 2016.

MENDONÇA, J. R. de; ZANON, D. V. Experimentos investigativos a partir da temática refrigerante no ensino de ciências. *Experiências em Ensino de Ciências*. vol. 12(3), 2017.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da Física, 1ª ed., 2011.

MORAIS, C. S. de. et al. Perspectivas de ensino das ciências: o modelo por investigação no sertão de Pernambuco. *Experiências em Ensino de Ciências*. vol. 9(1), 2014.

MOURA, J. C. de; CUNHA, H. F. da. A influência do ensino de ciências por investigação na visão de alunos do ensino fundamental sobre cientistas. *Experiências em Ensino de Ciências*. vol. 13(2), 2018.

MOÇO, A. O pensamento abstrato na adolescência. *Revista Nova Escola*, vol. 232, 2010.

MUNFORD, D.; e LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Revista Ensaio*, vol. 9(1), 2007.

NOVEL, P. Filosofia das ciências. São Paulo: Papirus, 1ª ed., 2013.

PAULA, H. F. A ciência escolar como instrumento para a compreensão da atividade científica. 2004. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. do A. Atividades prático-experimentais no ensino de física. Caderno brasileiro do ensino de física, vol. 34(1), 2017.

PEREIRA, M. M. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de biologia. Revista Ensaio. volo.15(2), 2013.

PIETROCOLA et al (a). Física em contextos: pessoal, social e histórico, vol. 1. São Paulo: FTD, 1^a ed., 2011.

PIETROCOLA et al (b). Física em contextos: pessoal, social e histórico, vol. 2. São Paulo: FTD, 1^a ed., 2011.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. Aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROCHA, R. Quando ninguém educa: questionando Paulo Freire. São Paulo: Contexto, 1^a ed., 2017.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, PR, 21-24 de outubro, 2008.

SÁ, E. F. de. Discursos de professores sobre ensino de ciências por investigação. Tese de Doutorado, Belo Horizonte: UFMG, 2009.

SAMPIERI et al. Metodologia de Pesquisa. São Paulo: Penso, 5^a, 2013.

SANTANA, R. S.; FRANZOLIN, F. As pesquisas em ensino de ciências por investigação nos anos iniciais: o estado da arte. Ensino em Re-vista, vol. 23(3), 2016.

SANTOS, J. C. Aprendizagem Significativa: modalidades de aprendizagem e o papel do professor. Porto Alegre: Mediação, 5^a ed., 2013.

SANTOS, M. F. dos. Filosofia e cosmovisão. São Paulo: É realizações, 2015.

SANTOS, M. F. dos. Filosofias da afirmação e da negação. São Paulo: É realizações, 2017.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Revista Ensaio, vol. 17(especial), 2015.

SILVA, M. J. et al. Do concreto ao abstrato pelo uso dos sentidos e de sensores: um estudo de caso sobre o ecossistema poças de maré. Senso, vol. II (2), 2012.

SILVA, M. B.; TRIVELATO, S. L. F. A mobilização do conhecimento teórico e empírico na produção de explicações e argumentos numa atividade investigativa de biologia. Porto Alegre. vol. 22(2), 2017.

SOUTO, C. K. da S. C. et al. A utilização de aulas experimentais investigativas no ensino de ciências para abordagem de conteúdos de microbiologia. Experimentos em Ensino de Ciências. vOL. 10(2), 2015.

SOUSA, J. M. et al. Desenvolvendo práticas investigativas no Ensino Médio: o uso de um objeto de Aprendizagem no estudo da Força de Lorentz. Caderno Brasileiro do Ensino de Física. Florianópolis. vOL. 32(2), 2015.

STERNBERG, J. R.; STERNBERG, K. Psicologia cognitiva. São Paulo: Cengage Learning, 2^a ed., 2016.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, vol. 8(2), 2008.

SUART, R. de C. et al. A estratégia Laboratório Aberto para construção do conceito de temperatura de ebulição e a manifestação de habilidades cognitivas. *Química Nova na Escola*, vol. 32(3), 2010.

TAYLOR, R. Mecânica clássica. Porto Alegre: Bookman, 1^a ed., 2013.

TOLEDO, E. J. L.; FERREIRA, L. H. Atividade Investigativa na Elaboração e Análise de Experimentos Didáticos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, vol. 9(2), 2016.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez, 18^a ed., 2011.

TRIVELATO, S. F.; SILVIA, R. L. F. Ensino de Ciências. São Paulo: Cengage Learning, 1^a ed., 2011.

TRÓPIA, G. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. *Revista Ensaio*, vol. 13(1), 2011.

TRÓPIA, G. ; CALDEIRA, A. D. Imaginário dos alunos sobre a atividade científica: reflexões a partir do ensino por investigação em aulas de biologia. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*. vol. 2(2), 2009.

VASCONCELOS, C. et al. Questionar, investigar e resolver problemas: reconstruindo cenários geológicos. *Investigações em Ensino de Ciências*. vol. 13(3), 2012.

VICKERY, A. Aprendizagem Ativa nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. Porto Alegre: Penso, 1^a ed., 2016.

VEIT, E. A. et al. Ilustrando a 2a lei de Newton no século XX. *Revista Brasileira de Física*, vol. 24(2), 2002.

WILCOX, B. R.; LEVANDOWSKI, H. J. Developing skills versus reinforcing concepts in physics labs: insight from a survey of students' beliefs about experimental physics. *Physical Review Physics Education Research*, vol. 13(1), 2017.

WILLINGHAM, D. T. Por que os alunos não gostam da escola? Respostas da ciência cognitiva para tornar a sala de aula atrativa e efetiva. Porto Alegre: Artmed, 1^a ed., 2011.

ZAMBONI, F. Contra a Escola: ensaio sobre literatura, ensino e educação liberal. São Paulo: Vide, 1^a ed., 2016.

ZOLLER, U. Are lecture and learning: are they compatible? Maybe for LOCS: unlike for HOCS. *Journal of Chemical Education*, vol. 70(3), 1993.

ZOLLER, U.; DORI, Y.; LUBEZKY, A. An Algorithmic and LOCS and HOCS (Chemistry) exam questions: performance and attitudes of college students. *International Journal of Science Education*, vol. 24(2), 2002.

ZOLLER, U.; PUSHKIN, D. Matching higher-order cognitive skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. *Chemistry Education Research and Practice*, vol. 8(2), 2007.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Revista Ensaio*, vol. 13(3), 2011.

ZÔMPERO, A. de F.; LABURÚ, C. E. Implementação de atividades de investigação na disciplina de ciência em escola pública: uma experiência didática. *Investigações em Ensino de Ciências*. vol. 17(3), 2012.

ZÔMPERO, A. F. et al. Diferenciação e reconciliação de significados produzidos por alunos dos anos iniciais em atividades investigativas: uma abordagem ausubeliana. vol. 8(2), 2013.

APÊNDICE A – Questionário tipo-Likert

QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO APLICADO AOS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO INTEGRADO DO IFAM

DATA:

Prezado (a) estudante,

Você está sendo convidado a participar da pesquisa sobre a importância das aulas práticas investigativas para o desenvolvimento de habilidades no ensino de física. Sua identidade será mantida no anonimato não necessita se identificar. Sua participação não é obrigatória, mas de suma importância para a pesquisa e para o curso. Sinta-se a vontade para responder ou não a este questionário. As informações serão unicamente utilizadas para fins desta pesquisa. Agradecemos sua colaboração.

Questão 1: Nas aulas de física em que o professor explica o assunto de maneira reta, explícita, tendo como instrumento didático a voz, tornam a aprendizagem mais prazerosa e fácil.

1 – discordo totalmente ()

2 – discordo parcialmente ()

3 – sem opinião ()

4 – concordo parcialmente ()

5 – concordo totalmente ()

Questão 2: As teóricas dialogais – envolvem o alunado em discussões que introduzam e contextualizam o assunto que será abordado pelo professor, ajudam a melhorar a compreensão do assunto tornando-o mais fácil de aprender.

1 – discordo totalmente ()

2 – discordo parcialmente ()

3 – sem opinião ()

4 – concordo parcialmente ()

5 – concordo totalmente ()

Questão 3: É praticamente um consenso que as aulas práticas em laboratório promovem maior engajamento dos estudantes, pois facilitam aprendizagem de conceitos abstratos — que são comuns na física.

1 – discordo totalmente ()

2 – discordo parcialmente ()

3 – sem opinião ()

4 – concordo parcialmente ()

5 – concordo totalmente ()

Questão 4: As aulas em que o professor apresenta experimentos virtuais — como as simulações computacionais — são prazerosas e facilitam a aprendizagem.

1 – discordo totalmente ()

2 – discordo parcialmente ()

3 – sem opinião ()

4 – concordo parcialmente ()

5 – concordo totalmente ()

Questão 5: Aulas que inserem os alunos em atividades de investigação – seja em sala de aula ou no laboratório são prazerosas e facilitam a aprendizagem.

1 – discordo totalmente ()

2 – discordo parcialmente ()

3 – sem opinião ()

4 – concordo parcialmente ()

5 – concordo totalmente ()

Questão 6: Fazendo leitura do livro didático ou paradidático são bons métodos para aprendizagem.

- 1 – discordo totalmente ()
- 2 – discordo parcialmente ()
- 3 – sem opinião ()
- 4 – concordo parcialmente ()
- 5 – concordo totalmente ()

Questão 7: E as vídeo-aulas, com duração de poucos minutos, são facilitadoras ou não de aprendizagem.

- 1 – discordo totalmente ()
- 2 – discordo parcialmente ()
- 3 – sem opinião ()
- 4 – concordo parcialmente ()
- 5 – concordo totalmente ()

APÊNDICE B – Questionário *check list*

Quadro 1 – Questionário *check list* conhecimentos prévios factuais.

Caro aluno encaminhamos uma lista de fatos científicos relevantes para o entendimento do lançamento em duas dimensões. Indique quais dentre eles vocês conhecem.

(a) A componente horizontal do movimento se mantém constante ao passo que a componente vertical varia com o tempo. Temos um movimento uniforme na horizontal e movimento uniformemente variável na vertical.

☐ Sim.

☐ Não.

(b) Considerando apenas o movimento na vertical temos, na subida, um movimento retardado, até atingir a altura máxima, onde a velocidade vertical é zero e, na descida, o movimento é acelerado. Sobe retardado e desce acelerado.

☐ Sim.

☐ Não.

(c) Para lançamentos em que as posições inicial e final estão no mesmo plano, o tempo de subida é igual ao tempo de descida.

☐ Sim.

☐ Não.

(d) As equações do lançamento bidimensional ou oblíquo só se aplicam para distâncias menores que o raio da terra.

☐ Sim.

☐ Não.

(e) O alcance é o mesmo para ângulos complementares.

☐ Sim.

☐ Não.

(f) O lançamento oblíquo estudado, da maneira que exposta nos livros textos, é uma combinação de movimentos desacoplados. Assim, o papel da força de resistência do ar e acoplá-los.

☐ Sim.

☐ Não.

Obrigado pelas respostas.

Fonte: Campos (2017).

APÊNDICE C – Transcrição das entrevistas

Começam-se as transcrições pela chamada turma 21 do curso de Informática. Nesta turma obtivemos, apenas, um grupo que denotamos por EG21; grupo este composto por oito alunos. Em seguida apresentamos as transcrições dos grupos EG11A e EG11B, ambas da turma 11 — do curso de Química.

C.1 Entrevista turma 21 – EG21

1 **Pesquisador (P):** Bom, obtivemos por meio da análise do questionário que vocês responderam que as
2 atividades experimentais (aulas de laboratório didático) corresponderam a metodologia em que a
3 turma tem mais facilidade em aprender física. Portanto, agora, gostaríamos de entender por que as
4 aulas de laboratório facilitam a aprendizagem?. Que tem esta metodologia que as demais não têm?
5 Que vocês têm a me dizer sobre isto? Procurem traçar um paralelo entre as características das aulas
6 de laboratório com as atividades investigativas, por exemplo.

7 **A1:** É, eu acho que as atividades investigativas, eh...
8 Elas estão muito **focadas somente dentro da sala de aula**, e como agente tá muito habituado a fazer
9 isto diariamente, agente quando entra em contato com algo diferente ... [laboratório]
10 É bem melhor!

11 **A2:** No caso das atividades investigativas...
12 **É só na sala de aula**, por mais que você faça, às vezes, junto com seu colega, uma dupla [para
13 desenvolverem a atividade de investigação], é mais fácil de fazer, pois tu tá interagindo com teu
14 colega.
15 Mas já no laboratório, nas experiências, além de ser uma atividade **lúdica**, tu tá aprendendo com isso.
16 É **divertido** e tu tá **aprendendo**.

17 **A3:** Eu acho que as pessoas têm mais dificuldade com as atividades investigativas porque ela propõe esta
18 ideia da gente, mesmo na sala de aula, agente ...
19 Ter **ideia** do que vai acontecer no problema, ou seja, agente vai **pensar em algo que não tá aconte-**
20 **cendo**, então as pessoas preferem o **experimento** porque elas tão **vendo o que tá acontecendo é fica**
21 **mais fácil**.

22 **A4:** Bem, normalmente a dinâmica do professor é boa — a da hipótese [atividades investigativas do tipo
23 questões abertas] – só que, claro, eh ...

24 Tem gente que vai ter um pouco mais **dificuldade** porque vai ter que **imaginar toda a situação** e
25 tudo mais.

26 Já no laboratório, a gente já não vai mais imaginar, agente vai **tá vendo acontecer**.

27 E vai ficar mais fácil.

28 **A5:** É, porque tipo, né?

29 Como eles [colegas participantes do entrevista em grupo] disseram, na investigação como é tipo ...

30 Sei lá!

31 Mais teórica ...

32 Agente tem que **imaginar** e na prática [atividade experimentais] é bem mais fácil de aprender, pois é
33 mais prático.

34 Prefiro aprender fazendo.

35 **P:** A simulação computacional, os experimentos virtuais. Vocês acham que a simulação computacional a
36 aprendizagem? O que me dizem?

37 **A6:** Bom ...

38 Eu já não acho que a **simulação é mais fácil** pelo fato de você não ter que **imaginar** e tal ... do
39 mesmo jeito que a aula comum [Instrução direta como na aula tradicional]

40 Ter que vir aqui na frente e tudo mais.

41 Eu tenho problema de falar em público...

42 A do **laboratório** [prático-experimental] é um pouco mais fácil pelo fato de ser visualmente.

43 **A1:** Acho que não só por isto.

44 Acho que ela ficou em terceiro lugar, também, porque foi uma forma de expressar melhor o que
45 estava escrito no papel — em nossas hipóteses [questões abertas] — acho que estas três coisas deviam
46 combinar.

47 Primeiramente agente fazia as hipóteses no papel e depois agente passava para o computador e depois
48 agente via realmente a coisa acontecer.

49 **A2:** Esses dois métodos [experimentais e simulação computacional] que foi falado, para mim é mais fácil
50 do que a investigativa [questões abertas], porque é assim, ...

51 Agente tá **vendo o que tá acontecendo**, ...

52 Agente pode até mudar algumas coisas.

53 **P:** E as aulas tradicionais, a instrução direta — o professor fala e vocês ficam sentados ouvindo e só se
54 manifestam quando são *provocados* — ficou em quinto lugar no Ranking Médio; vide Tabela 3. Que
55 me dizem sobre isto?

56 **A7:** Ah ...

57 Sim é fato!

58 Acho que ...

59 Quando agente vê a teoria [instrução direta] agente só vê o que tá escrito.

60 Agora, quando agente **transforma** isto em realidade fazendo isto no laboratório acho que as pessoas
61 aprendem mais.

62 **A5:** É muito cansativa aula assim.

63 Mas depende do professor também.

64 Tem professor que, se não fala com agente; agente dorme. Tem aula que é chata mesmo, outras são
65 legais e fica todo mundo esperto prestando atenção.

66 **A6:** Eu não gosto!

67 Agente tem que ficar o tempo todo só imaginando e depois fazer exercício.

68 **A5:** É amiga é verdade mesmo.

69 **P:** E a videoaula? Alguém aqui optou por esta metodologia? Se sim; por que?

70 **A8:** Eu escolhi.

71 Por um acaso ... [risos]

72 Imagino que não só eu, mas...

73 Na videoaula ...

74 Com a videoaula a pessoa se sente menos envergonhada com o professor.

75 Talvez, é ...;

76 É um jeito mais fácil de tirar dúvidas que a aula normal.

77 **A7:** Na videoaula podemos **tirar nossas dúvidas quantas vezes agente quiser**.

78 Se não aprendemos na primeira, na segunda;

79 Ficamos repetindo o vídeo quantas vezes agente quiser.

80 Até acabarem as dúvidas.

81 **A2:** A videoaula, para mim, poderia ser alguma coisa auxiliando o teu aprendizado. No caso, o professor
82 poderia dá o assunto que ele vai dá aula na próxima aula, aí antes disso os alunos poderiam assistir
83 uma videoaula sobre o assunto para poder ficar com menos dúvida.

84 Se ainda tivesse alguma dúvida, tiraríamos com o professor.

85 **A1:** Na videoaula podemos encontrar uma explicação diferente da do professor.

86 Às vezes nós não temos a coragem de perguntar na sala de aula porque agente acha que vai ser muito
87 repetitivo.

88 **P:** Alguém quer comentar algo sobre a leitura do livro texto e outros materiais de apoio?

89 **A7:** Professor, eu e o A3, gostamos.

90 Pelo menos lendo agente tá fazendo alguma coisa.

91 **P:** Mas alguém?

92 **P:** Não?!

93 **P:** Vamos encerrar por aqui então e muito brigado a todos.

C.2 Entrevista turma 11 – EG11A

94 **Pesquisador (P):** O questionário respondido por vocês nos deu como resposta que a metodologia na qual
95 vocês têm mais facilidade de aprender física é as atividades experimentais.

96 Contudo, as atividades investigativas, apesar de estarmos trabalhando com elas há algum tempo, ficou,
97 apenas, em quinto lugar. Estamos aqui, hoje, para tentar entender por que isto aconteceu. Que vocês
98 têm a me dizer sobre isto?

99 **B1:** Bom pra mim a atividade investigativa não funciona muito bem.

100 Eu não entendia muita coisa.

101 No **laboratório eu participei mais**, eu **via a coisa acontecer**, aí eu pude **imaginar** e chegar a alguma
102 conclusão.

103 **B2:** É eu acho que no **laboratório as atividades são mais participativas**.

104 No contexto em geral, são mais participativas.

105 E a investigativa ...

106 A maioria das pessoas **não participava**, eu acho que é porque elas não **entendiam direito**.

107 Eu acho que é por isso.

108 **B3:** Bem ...

109 Eu concordo com B1 e B2 porque na atividade investigativa é como se você tivesse dando o assunto

110 e tendo que **investigar e não consegue imaginar** e se embola todo com a resposta e ...

111 Pensando que tá certo, daí você vai ver já perdeu a nota.

112 E tá errado!

113 Já no **laboratório** você pode identificar e **mostrar tudo que tá acontecendo em sua volta**.

114 Acho que é isso.

115 **B4:** A atividade no laboratório é melhor, pois nossa capacidade de **trabalhar em grupo e socializar**

116 **melhor** e ...

117 Acontece que agente — os alunos aqui — se **desenvolvem melhor, com mais facilidade no labora-**

118 **tório**, porque é a matéria assim que agente **se dá melhor**.

119 É isso.

120 **B5:** Bem ...

121 O **laboratório é melhor**, é diferente, agente assim...

122 **Sai da sala de aula**, do cotidiano [cotidiano escolar] **abrindo nosso horizonte**.

123 **B6:** É eu concordo com o que eles [alunos] falaram que, no **laboratório** a aula éhh ...

124 Mais assim ...

125 **Participativa**, é uma dinâmica muito boa, agente tá **ali vendo o que tá acontecendo fazendo o**

126 **experimento**;

127 É melhor em partes, pois aqui na **sala de aula**, têm vezes que agente **não entende** o que o professor

128 tá explicando só com as **fórmulas**, questões ou com assunto.

129 Já no **laboratório** não, é outra coisa, agente tá ali **em grupo e todo mundo ajuda um ao outro**.

130 É melhor pra gente **aprender**.

131 **B1:** Concordo com a B4, agente tá li **junto e aprende junto** e tem o **experimento de física** e ...

132 Quando agente **vê o experimento de física**; uauuu!!!!.

133 A física é isso!

134 É maravilhosa!.

135 Quando o professor **fala agente não entende**, agente até tenta imaginar, mas agente se embola

136 **toda**.

137 Mas quando fui ao **laboratório** eu adorei a aula.

138 **Vi que a física é mais que só cálculo**.

139 **B3:** Eu concordo com B4 porque no dia do **laboratório eu socializei** mais com a turma. Então, para mim,
140 é uma experiência própria, única, de ver que a física não é só uma matéria chata — desculpa minha
141 opinião — mas que pode ser uma matéria **interessante**, que eu gostei bastante.

142 **P:** Bom, nas atividades investigativas também trabalhávamos em equipe. Como é trabalhar em equipe no
143 laboratório e nas atividades investigativas?

144 **B3:** Olha, nas atividades investigativas, **têm uns que sabe mais e agente [que sabe menos] acaba não**
145 **conseguindo fazer.**

146 Entendeu?

147 E a pessoa que tá do nosso **lado não vai querer fazer com agente porque agente não entendeu. E**
148 **quando agente quer entender a pessoa não vai querer ensinar pra gente.**

149 Ela vai querer se vangloriar pelo que tá fazendo ali e vai dizer: **tu não sabes eu faço aqui ou eu faço**
150 **melhor.**

151 **B5:** É verdade eu concordo, às vezes a **pessoa do teu lado sabe mais, às vezes sabe menos daí dificulta**
152 **um pouco o trabalho em equipe** [dupla].

153 **B6:** Ou então, **tem gente que não quer fazer.**

154 Deixa só um fazer.

155 A outra pessoa da equipe **não ajuda** e aí não fica aquele **trabalho em equipe.**

156 **B4:** O **laboratório envolve mais.** A equipe se **ajuda bem mais que na atividade investigativa.**

157 **P:** E as aulas tradicionais que nos chamamos de instrução direta? Não é melhor quando o professor explica
158 direto ao invés de pedir pra vocês pesquisarem e respondam algum problema?

159 **B1:** Ajuda mas ...

160 A aula tradicional é muita matemática.

161 Agente não consegue visualizar aquilo.

162 **B3:** Pois éh ...

163 Eu estudo **bastante exercício**, treino bastante mas ...

164 Quando chega na prova eu não consigo. Não sei por quê?

165 **B4:** Acho que na aula **tradicional** o professor passa **muito assunto** e agente fica só **sentado e o professor**
166 **falando**, falando, ehh ...

167 **Agente se perde.**

168 Quando ele pergunta vocês **entenderam???** eu já **nem me lembro do começo.**

169 **B2:** Eu entendo os **conceitos**, mas...

170 Isso **não quer dizer** que agente consegue **resolver os exercícios** do livro ou da prova.

171 Alguns exercícios são fáceis outros nem sei pra onde vai.

172 **P:** E a videoaula. Ela ajuda ou não ajuda o aluno a entender melhor?

173 **B1:** A videoaula é uma aula tradicional pela internet.

174 Mas temos várias opções e **algumas** delas ajudam ...

175 Éhhh...

176 É isso.

177 **B4:** Aquelas que fazem **exercício** me ajuda, às vezes.

178 Em geral não muito. **Eu até prefiro a sala de aula mesmo.**

179 Às vezes na internet aparece alguns **gráficos que explicam melhor e ajudam a entender melhor.**

180 Algumas animações. [Todos em silêncio]

181 item **P:** Mas alguém quer se pronunciar?.

182 **B6:** Professor!

183 Eu gostei das **simulações**.

184 O professor fazia as perguntas daí agente **via se nossas respostas estavam certas ou erradas** na

185 mesma hora com as simulações.

186 Foi a que eu mais gostei.

187 **P:** Eu ia perguntar isso também. Já que você se antecipou ... mas alguém quer compartilhar sua opinião

188 sobre as simulações.

189 **B2:** Eu queria fazer as simulações.

190 Mexer no computador.

191 **B4:** Eu também, mas saber **programar é difícil!**

192 **B5:** Eu ainda **prefiro a aula experimental.**

193 No **laboratório agente vê a coisa na nossa frente.**

194 Nas **simulações** você ainda tem que **imaginar as coisas** se não ...

195 **B1:** Eu prefiro laboratório também. Prefiro **mexer em equipamentos.**

196 **P:** Mais alguém?

197 Bem vamos encerrar por aqui. Abraço a todos.

C.3 Entrevista turma 11 – EG11B

P: Bem pessoal à ideia aqui é coletar as opiniões sobre o ranking (colocação) em que diversas metodologias nas quais trabalhamos em sala de aula e no laboratório ocuparam de acordo com a opinião desta turma. A preferência de vocês correspondeu às atividades investigativas — que foram aulas dialogais com bastante discussão — por este motivo vocês as chamam-na de discussão; digam-me, então, por quê? Tentem me explicar por que preferem este tipo de atividade em detrimento das outras.

C1: Bom eu marquei a **discussão** [atividades investigativas] porque ...

A partir do momento que agente **tá vendo** o assunto podemos **concordar, discordar, tirar as nossas dúvidas** falando diretamente com o professor ou com as pessoas do nosso lado, e ...

Com exemplos que podem ser fáceis, difíceis, médio, **cada aluno tem sua dificuldade**.

Eu **não** marquei **atividade experimental pelo motivo** de que ...

Ahhh ...

Têm **muita gente no laboratório**, têm pessoas no grupo que querem se aproximar mais do experimento, e as demais não conseguem pois já tem gente lá. Ehhhh ...

Também, **não** tem aquela parte para **anotar**, ... é é é

É isso.

C2: Eu votei no **laboratório** porque, e penso assim ...

Se eu **aplicar uma teoria na prática**, eu consigo **memorizar** entendeu?,

Eu consigo botar aquilo em **prática** e, no meu caso eu **aprendo mais rápido assim**.

É que nem quando vamos para o laboratório de química; eu aprendi é é é ...

Sobre a teoria de Bohr da excitação do elétron.

Eu aprendi pela **prática** e, no meu caso, eu **prefiro laboratório por causa disto**.

C3: Da mesma forma como a colega falou agora éh ...

Como a **física** é o estudo dos fenômenos naturais, agente tem que **aprender na prática**, que é o que ocorre.

Se agente for **observar**, agente vai ter um **conhecimento maior porque é como ocorre o movimento e tal**.

É isso!

C4: Eu já acho que a melhor forma de aprender é discutindo e quando o professor apresenta exemplos na aula, porque quando vamos discutir com os colegas, na sala de aula, agente acaba compartilhando aquilo que sabe, ou seja ...

Pode até não está certo aquilo que agente tá pensando, mas ...

Agente acaba se questionado sobre aquilo, e questionar, em minha opinião, faz com que **agente aprenda mais**.

Pois agente **aprende se questionando**.

Agente cria curiosidade sobre aquilo e **aprende** cada vez mais.

Citando **exemplos** é importante, pois agente **consegue aplicar a teoria em nosso cotidiano**.

Por exemplo, se você quer fazer um exercício e você tá com **dificuldade** você pode éhhh ...

Dá exemplos.

No meu caso assim eu **aprendo mais**.

C5: No meu caso eu prefiro a metodologia de **laboratório** pelos mesmos motivos citados. Para mim é mais **fácil aprender** o que o professor tá **ensinado na prática**; fixa mais na minha memória. Para mim isto representa uma **melhoria no ensino**, pois é difícil ter tantas aulas práticas, daí podemos **inovar** algo tendo mais oportunidade de aprender sobre ângulos diferentes a mesma coisa teórica.

C6: Eu opto pela discussão [instrução direta e contextualizada] porque embora concorde que o laboratório é uma metodologia eficaz, acredito que ele **não atinge tantas pessoas assim**, especificamente, devido à **capacidade de acomodar pessoas, que é pequena**.

E ...

Porque não temos como fazer estas aulas sempre.

Se você acostuma um aluno com uma metodologia e depois não consegue continuar com ela, isto cria um deficit.

A discussão na **sala de aula é importante, pois agente aplica a teoria!**

E ai agente fala: o que mais agente vê é professores passando coisas que os alunos não entendem para que se vai usar.

E quando agente **aplica esta teoria e discute sobre ela**; acredito que o **conhecimento se aplica de melhor forma**.

C7: Eu marquei laboratório e discussão.

Porém, prefiro **discussão**, porque como já falaram é melhor quando agente **fala nossa opinião**, é é é ...

Agente, como é que posso falar?.

Agente compartilha conhecimento, compartilha nossa opinião, e assim podemos ver exemplos — como os outros colegas já falaram também — o professor pode mostrar exemplos, agente pode **discutir e tirar nossas dúvidas**.

O laboratório é uma boa também, mas tem este problema com a **quantidade de alunos**.

Somos 29 (vinte e nove) alunos para um laboratório e ele não é tão grande.

Eh ...,

266 Eu acho que não é todo dia que agente tem cabeça pra ir para o laboratório.

267 Têm dias que estamos realmente cansados, nos já temos laboratório de química . . .

268 É muita coisa e vai ver que esse cansaço pode criar uma dificuldade de aprendizagem.

269 **P:** Pensando em trabalhar em equipe, cooperação, existe alguma diferença entre trabalho em equipe
270 nos trabalhos de laboratório e nas atividades investigativas. O que vocês me dizem sobre isto?

271 **C6:** Prefiro trabalhar em equipe em sala de aula.

272 Eu acho que a relevância das equipes para o laboratório é maior . . .

273 Você precisa prestar um pouco mais de atenção, mas . . .

274 Mas acredito que todos os pormenores que agente tem no laboratório: prestar atenção, tomar
275 cuidado, e também o tempo que é bem menor; acho que isto dificulta a interação da equipe.

276 Na sala de aula você se sente mais à vontade, tanto para discutir, quanto para dar ideia, e para
277 participar.

278 **C2:** O problema do laboratório é é é . . .

279 Tem os dois lados, eu também optei por atividades de discussão em sala de aula.

280 Têm os dois lados.

281 No laboratório agente pode ver o exemplo e se tem alguém que não entende porque àquilo
282 acontece, as pessoas que entenderam podem explicar.

283 Ali já tá o exemplo na tua frente.

284 No meu caso se eu não entendo alguém me explica.

285 Daí eu vendo o exemplo, já consigo associar a parte experimental com a teoria.

286 Para mim fica mais fácil aprender assim.

287 Mas, também gosto da ideia de discutir em sala de aula.

288 **Aqui [sala de aula] ficamos mais a vontade, podemos conversar com nossos colegas, agente
289 mais espaço.**

290 E o professor, também, orientando agente.

291 Agente consegue ter uma visão bacana do que tá acontecendo . . .

292 Eu acho bom as duas ideias.

293 **C1: Bom, é a diferença entre discussão em sala de aula e as aulas de laboratório é que, no
294 laboratório, tem equipamentos e devemos ter cuidado.**

295 Não tem a união pra discutir os experimentos com os colegas, e na sala de aula, temos um
296 professor pra tirar as dúvidas — a qualquer momento — tem os alunos pra gente compartilhar
297 exemplos.

298 Prefiro a discussão em sala de aula.

299 No laboratório não interagimos com os outros e nem com o professor.

Por isso prefiro a sala de aula.

Mas tem que ter o conhecimento na nossa mente.

C3: As duas ideias seja discussão em sala e as aulas de laboratório são boas.

Porém, eu prefiro na sala de aula porque aqui, podemos focar em vários assuntos como já aconteceu em várias ocasiões. Os assuntos discutidos vão sendo cada vez mais incrementados e e e, enfim ... Agente tem mais espaço, ficamos mais à vontade.

No laboratório tem essa pressão — pressão entre aspas — de não quebrar os equipamentos.

Dá medo.

C4: Eu acho que aprender no laboratório não é tão eficaz quanto aprender em sala de aula.

No laboratório tem o desconforto de número grande de alunos que gera mais poluição sonora que tira a atenção da gente. É ruim pra quem quer se concentrar.

No laboratório o foco é todo no experimento, na sala de aula não!

Quando trabalhamos em **dupla eu aprendo mais**.

Pensamos em várias possibilidades pra resolver o problema.

É claro que podemos associar o experimento a várias coisas, mas quando agente tá na sala de aula, temos mais oportunidades de tirar dúvidas, seja com o professor ou com o colega.

C5: Eu acho que a discussão em sala de aula é mais eficaz.

É um método mais aberto [discussão] porque, é é é

Aquela situação que dá mais oportunidades para os alunos, cada um pode dá sua opinião.

No laboratório tem que ter mais atenção e mais cuidado para evitar acidentes.

Assim a discussão em sala de aula é mais eficiente.

Na minha opinião.

C.4 Entrevista com professor

Nesta seção apresenta-se a entrevista semiestruturada feita com um dos três professores do Ensino Médio do Instituto Federal do Amazonas; o professor E tem mais de 20 anos de trabalho docente, sempre trabalhando com a disciplina de física. O professor E **não** foi professor da turma de química e informática nas quais foi realizada esta pesquisa.

O professor E é licenciado em física pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), tem especialização em Educação e atualmente é aluno do mestrado profissional em ensino de física no IFAM. Já foi professor de cursos de Graduação na Universidade do Estado do Amazonas em Tefé e em algumas faculdades privadas.

P: Professor E quantos anos é professor da Instituição, quais disciplinas o senhor ministra, e em quais níveis de ensino o senhor trabalha?

E: Sou professor aqui há seis anos e trabalho com os níveis médio e superior.

Sempre com **física teórica e experimental**.

P: Como é que o senhor costuma ministrar suas aulas professor, quais procedimentos costuma empregar?

E: Bem ...

Depois de apresentar o plano de ensino, passo para a apresentação dos fundamentos exigidos pela disciplina, faço isso calmamente.

E depois faço aulas de laboratório, mesmo que a disciplina não seja experimental.

P: E do ponto de vista metodológico? Aparentemente o senhor mescla características diferentes. Existe uma metodologia que o senhor emprega com mais frequência em suas aulas?

E: Olha eu uso direto a **metodologia de ouvir o aluno**.

Porque quando apresento o meu plano de ensino, percebo que eles querem perguntar.

Então eu já os provoco, quero **ouvir a opinião deles sobre o conteúdo a ser ministrado**.

Como exemplo, a cinemática.

Os alunos ao saberem medir e conhecer as grandezas velocidade, posição, aceleração, procuro trabalhar em conjunto com o professor de educação física.

Ele os ensina a correr corretamente e eu os **oriento e ver onde estão as grandezas físicas trabalhadas em sala de aula**.

Enquanto alguns estão correndo outros estão medindo.

Dáí ele [aluno] **visualiza melhor, na prática, o que eles veem na sala de aula**.

P: Então você trabalha com a interdisciplinar?

E: Sim.

Não faço isto com vários professores, mas ...

Tem ajudado a colaboração com o professor de educação física.

P: Professor é quase consensual que as atividades experimentais trazem grandes benefícios para aprendizagem. Aqui na Instituição ouvimos bastante os professores dizendo isto. O senhor compartilha deste ponto de vista?

E: Não só compartilho deste ponto de vista, como também converso com os demais colegas professores para fazerem a mesma coisa.

“Levem seus alunos ao laboratório” costumo dizer.

Como já trabalhei em outros lugares, escolas particulares, do estado e do município, sempre incentivei meus colegas, por onde passei, que **investissem nesta metodologia** [aulas de laboratório].

Inclusive uma das reclamações que sempre ouvi dos alunos é a **ausência das aulas de laboratório**. Ouvi muito aluno reclamar disso quando fui professor da UEA, em Tefé.

Daí então dizia o seguinte: **“vamos construir um laboratório”**.

Eu não tenho recurso financeiro pra isto.

“Então vamos pegar materiais de baixo custo, materiais recicláveis”.

Daí pegávamos balão, canudinho, latas de leite, etc; e montamos experimentos em sala de aula.

Esta é a metodologia sempre procurei utilizar.

Pego a taxonomia de Bloom — que aprendi na graduação — faço a análises em cima das minhas observações e dos questionamentos dos alunos.

Depois dou o devido direcionamento.

P: O que, de fato, é inerente às atividades experimentais de laboratório, que trazem benefício para aprendizagem que não encontramos em outras metodologias?

E: Ela agrega no aprendizado do aluno.

Uma coisa é você expor [falar ou transmitir] só a teoria, outra coisa é você expor teoria e a prática. O aluno ouviu a teoria e você pergunta: “você entenderam? Eles dizem que sim, mas não entenderam”.

Quando agente faz a prática; mostramos o experimento e é daí que eles vão entender.

Esta união teoria e prática é o que faz o aluno compreender perfeitamente o assunto que foi apresentado em sala de aula.

Exemplo, termodinâmica, dilatação linear.

Só fica claro quando fazemos experimento no laboratório.

Aqui os cursos são técnicos então o **laboratório é fundamental** para que o aluno veja como se faz as coisas **corretamente**.

Se o experimento foi feito correto vai dá tudo certo, do contrário não!

O ensino na hora da prática vai requerer muito da **mentalização [imaginação]** do aluno, de como o aluno vai utilizar e construir o experimento.

O aluno mesmo vai **formalizar, vai construir uma ideia na mente dele**, como foi que ele procedeu, e depois, vai só associar com o que tem na literatura.

P: Então o laboratório tem a questão do vê e ele dá, de modo mais concreto, o que é pressuposto das metodologias ativas da aprendizagem, ajudar o aluno a criar um caminho para adquirir o conhecimento?

E: É a teoria do Paulo Freire: vê, julgar e agir.

O aluno **vê a teoria** daí ele **julga** como pode proceder.

É claro que o **professor tem que orientar, afinal, o aluno não vai fazer nada sozinho.**

Mas é assim, eu costumo trabalhar.

Trabalho com estes três momentos.

Até mesmo na sociedade ele vai ver pra poder julgar e tirar suas conclusões e agir.

P: Além desta influência freireana tem alguma tendência pedagógica que o senhor costuma utilizar em suas aulas, tais como: PBL, ensino por investigação, ensino por descoberta?

E: **Eu já ouvi falar, mas não sei trabalhar com elas não.**

P: Vi que o senhor utiliza a taxonomia de Bloom para orientar sua prática. Assim, pensando em habilidades — do mesmo modo como descrito por Bloom — que habilidades o senhor acha que as aulas de laboratório conseguem desenvolver que as outras metodologias de ensino-aprendizagem não conseguem?

E: **A percepção do aluno se desenvolve muito mais rápido.**

E a **vontade** deles quererem fazer as coisas.

Eles querem **construir**.

Eles querem **criar**.

Eu tô com um projeto de feira de ciências que os alunos irão construir seus próprios equipamentos. Isto é interessante para o próprio desenvolvimento deles.

Quero que eles vejam que sempre podem melhorar as coisas.

Peço que eles vejam experimentos com materiais de baixo custo na internet e trabalhem para melhorar aquele experimento.

P: Professor, e as habilidades inerentes às atividades de investigação como a elaboração de hipótese, o raciocínio lógico, etc; o senhor vê que é possível desenvolvê-las com aulas de laboratório?

E: Olha o **trabalho em equipe é importante para mim.**

Eu sempre digo: **“quem não trabalha em equipe tá fado ao fracasso”**.

Por mais que eles digam que não gostam de trabalhar em equipe, eu insisto que isto se faça.

P: Okay professor. Não temos mais perguntas. Agradeço seu tempo. Muito obrigado.

ANEXO A – Declaração de conhecimento da pesquisa por parte da diretoria de Ensino do IFAM

Figura 3 – Declaração da diretora de Ensino declarando conhecimento sobre a pesquisa realizada no Instituto.

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas
Campus Manaus-Centro
Diretoria de Ensino
Departamento Acadêmico de Educação Básica e Formação de Professores

INSTITUTO FEDERAL
AMAZONAS
Campus Manaus-Centro

DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que se fizerem necessários termos conhecimento de que o **Prof. José Galúcio Campos**, lotado neste Departamento Acadêmico, desenvolveu com os alunos dos Cursos de Ensino Médio Técnico Integrado em Informática e em Química, o trabalho intitulado "Desenvolvimento do Pensamento Abstrato em estudantes do Ensino Médio por meio de Atividades Investigativas", neste Instituto.

Manaus, 28 de Agosto de 2018.

Danielle Cristina Oliveira Ferreira
Danielle Cristina Oliveira Ferreira
Chefe do Dep. Acadêmico de Ed. Básica e Formação de Prof. - DAEF
SIAPE N° 2122111
Port. nº 205-9746/CMC/2018 - 21.01.2018

Fonte: Autor (2018).