UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

MAURÍCIO NAGATA YOSHIDA

**Explicação e argumentação em atividades de modelagem para o ensino
fundamental**

São Paulo

2018

MAURÍCIO NAGATA YOSHIDA

**Explicação e argumentação em atividades de modelagem para o ensino
fundamental**

Versão corrigida

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Biociências, ao Instituto de Física, ao Instituto de Química e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tadeu Motokane

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Yoshida, Maurício Nagata

Explicação e argumentação em atividades de modelagem para o ensino fundamental. São Paulo, 2018.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tadeu Motokane

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Unitermos: 1. Biologia – Estudo e Ensino; 2. Explicação; 3. Argumentação; 4. Modelagem.

USP/IF/SBI-005/2018

Four decades after Schwab's (1962) argument that science should be taught as an 'enquiry into enquiry', and almost a century since John Dewey (1916) advocated that classroom learning be a student-centred process of enquiry, we still find ourselves struggling to achieve such practices in the science classroom.

(OSBORNE, 2006, p.1)

AGRADECIMENTOS

A apreciação de um produto dificilmente permite conhecer o contexto de sua produção. Esta dissertação foi construída com a contribuição de diversas pessoas. Então, gostaria de agradecer:

Ao Professor Doutor Marcelo Tadeu Motokane, pelo tempo dedicado à minha formação e por ter ampliado meus horizontes, você sempre será uma referência para mim.

Ao Grupo de Pesquisa Linguagem e Ensino de Ciências (Grupo LINCE/USP/RP), pelo companheirismo e acolhimento. A busca por qualidade na pesquisa não seria possível sem vocês. Obrigado pelas contribuições e pela dedicação durante as reuniões.

A todo o PIBID (subprojeto FFCLRP), pela oportunidade de aprendizado. Em especial, gostaria de agradecer à Michele. Graças à sua dedicação e entusiasmo que me interessei pela área de pesquisa em ensino de ciências.

À Professora Doutora Mariana Guelero do Valle e ao Professor Doutor Marcelo Pereira, pelos encaminhamentos sugeridos na qualificação deste trabalho.

À CAPES, por ter me concedido uma bolsa de mestrado.

Ao pessoal do Projeto de Ensino Interdisciplinar Comunitário (PEIC). Eu não estaria aqui se não fosse a convivência com todos vocês. O PEIC me deu a certeza de que queria trabalhar com ensino e educação.

Aos meus amigos e familiares que participaram direta ou indiretamente do processo. Principalmente aos meus pais, pelo apoio incondicional, e ao pessoal da Vakatulada, minha república do coração.

À Luziene, pelo companheirismo e carinho. Obrigado por estar presente em todos os momentos.

RESUMO

YOSHIDA, Maurício Nagata. **Explicação e argumentação em uma aula de modelagem para o ensino fundamental**. 2018. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, com ênfase em Ensino de Biologia) – Instituto de Biociências, Instituto de Física, Instituto de Química, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Na presente pesquisa investigou-se de que forma o processo de modelagem contribui para o desenvolvimento da explicação e argumentação em sala de aula. Para isso, foram analisadas atividades de modelagem aplicadas em aulas de ciências para alunos do 8º ano do ensino fundamental de uma escola pública do interior paulista. A análise dos dados envolveu: i) mapeamento dos episódios; ii) identificação de etapas do processo de modelagem; iii) identificação das práticas discursivas dos sujeitos de pesquisa; e iv) categorização de situações explicativas e/ou argumentativas envolvendo estas práticas. Constatou-se um predomínio de explicações descritivas no início das discussões, mas estas ganharam maior complexidade à medida que relações causais foram traçadas em resposta à exigência de justificativas. Já as situações argumentativas não ocorreram de forma espontânea, sendo os professores os precursores da maioria dessas situações - os alunos demonstraram ganhar autonomia neste quesito à medida em que a discussão evoluía. Tendo isto em vista, pontua-se a importância de o professor não explicitar o modelo curricular aos alunos, mas, ao invés disto, estimular a análise do modelo expresso por eles, de forma a evidenciar suas incoerências, limitações e abrangências. Além do mais, o trabalho sugere que a análise gestual pode contribuir para a ampliação do entendimento das situações explicativas e argumentativas.

Palavras-chave: explicação, argumentação, modelagem.

ABSTRACT

YOSHIDA, Maurício Nagata. **Explanation and argumentation in a modeling class for elementary school**. 2018. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, com ênfase em Ensino de Biologia) – Instituto de Biociências, Instituto de Física, Instituto de Química, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

The present research aimed to investigate how the modeling process contributes to the development of explanation and argumentation in the classroom. We analyzed modeling activities applied in science classes for students of the 8th grade in a public school of São Paulo state. Data analysis involved: i) mapping of episodes; ii) identification of modeling process stages; iii) identification of discursive practices; and iv) categorization of explanatory/argumentative situations involving these practices. There was a predominance of descriptive explanations at the beginning of the discussions, but these became more complex as causal relations were drawn in response to the requirement of justification. Argumentative situations did not occur spontaneously, with teachers being the precursors of most of these situations - the students demonstrated to gain autonomy in this aspect as the discussion evolved. With this in mind, it is important that the teacher do not explain the curricular model to the students, but rather stimulate the analysis of their expressed model, in order to highlight their inconsistencies, limitations and scope. In addition, the work suggests that the gestural analysis can contribute to the understanding of explanatory and argumentative situations.

Keywords: explanation, argumentation, modeling

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
SUMÁRIO.....	8
INTRODUÇÃO.....	9
CAPÍTULO 1 – EXPLICAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO.....	11
1.1. Explicação e o ensino de ciências	11
1.2. Argumentação	20
1.2.1. O uso dos argumentos	21
1.2.2. Tratado da argumentação	24
1.2.3. A Argumentação no ensino de ciências	26
1.3. Relações entre explicação e argumentação.....	30
CAPÍTULO 2 – MODELAGEM E O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	33
2.1. A modelagem em biologia possui alguma especificidade?	37
CAPÍTULO 3 – OBJETIVOS E PROBLEMA DE PESQUISA	40
CAPÍTULO 4 – REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS	41
4.1. Marco Teórico.....	41
4.2. Contexto e sujeitos de pesquisa	41
4.3. Coleta e análise de dados	48
4.3.1. Análise do processo de modelagem	50
4.3.2. Categorização e classificação da prática discursiva.....	52
CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1. Episódio 1 – Apresentação do grupo 1	57
5.2. Episódio 2 – Apresentação do grupo 2	59
5.3. Episódio 3 – Apresentação do grupo 3	61
5.4. Episódio 4 – Apresentação do grupo 4	65
5.5. Episódio 5 – Exposição dialogada	69
5.6. Episódio 6 – Discussão coletiva	71
5.7. Síntese dos resultados e discussão	74
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES	80
REFERÊNCIAS	82
ANEXO	91
Transcrição das falas dos sujeitos de pesquisa durante as atividades de modelagem	91

INTRODUÇÃO

A inserção de alunos no processo de alfabetização científica pode ser encarada como um objetivo para o ensino de ciências quando pensamos na formação de cidadãos capazes de transformar a sociedade em que vivem (SASSERON; CARVALHO, 2011). A alfabetização científica define-se como um processo pelo qual a linguagem científica adquire significado para o sujeito, possibilitando a ele se apropriar de uma nova forma de enxergar e interagir com o mundo. Assim, o indivíduo pode tomar decisões políticas e sociais apoiadas no conhecimento científico, além de reconhecer os fenômenos da ciência e tecnologia como parte do seu mundo (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001).

Nesta perspectiva, o ensino de ciências não pode mais ser visto como simples memorização de conceitos finalizados. Não basta apenas apresentar os produtos científicos e ensinar fatos isolados e descontextualizados. É preciso que o aluno se aproprie das ferramentas culturais das ciências, entendendo suas formas de produzir, legitimar e divulgar conhecimento (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; AGRASO, 2006).

Pesquisas têm evidenciado a importância da manutenção de espaços de investigação genuínos a fim de permitir aos alunos vivenciarem aspectos da prática científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Acredita-se que o exercício de práticas próprias da ciência, que são inerentes à produção do conhecimento científico, favoreça uma melhor compreensão da mesma. Dentre essas práticas, podemos destacar a explicação e a argumentação.

A explicação pode ser definida como uma ação cuja intenção é esclarecer algo ou torná-lo mais inteligível (NORIS et al., 2005), enquanto a argumentação pode ser definida como a capacidade de avaliar enunciados teóricos a luz de dados empíricos ou de outras fontes, e de relacionar dados e conclusões por meio de justificativas (KUHN, 1993).

Na ciência, diferentes explicações coexistem e os cientistas precisam constantemente argumentar para defender seus pontos de vista em detrimento de outros. Elaborar explicações e argumentar pode auxiliar os estudantes a reconhecerem que ideias científicas podem mudar com o surgimento de novos dados e embates teóricos (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000). Assim, o desenvolvimento da capacidade de construir e defender explicações e o trabalho com critérios que permitem avaliá-las têm grande

importância para o ensino de ciências. Neste contexto, o ensino baseado em modelagem é apontado como uma alternativa para o desenvolvimento dessas capacidades com os alunos.

Em geral, estudos dedicados à modelagem no ensino de ciências priorizam a investigação relacionada à aprendizagem de conceitos, muitas vezes ressaltando o aspecto colaborativo da evolução conceitual (MENDONÇA, 2011).

Clement e Rea-Ramirez (2008) evidenciam a importância da produção de pesquisas que investiguem as relações entre modelagem e argumentação no Ensino de Ciências. Pesquisadores têm se dedicado a investigar a relação entre argumentação e modelagem (BOTTCER; MEISERT, 2011; PASSMORE; SVOBODA, 2011; MENDONÇA; JUSTI, 2013b), sendo que alguns deles destacam a relevância de utilizar instrumentos específicos para análise da argumentação. Além disso, Braaten e Windschitl (2011) afirmam que há uma carência de esclarecimentos sobre a explicação científica na área de educação em ciências para ajudar na prática instrucional, isto é, faltam trabalhos que discutam o que qualifica uma explicação científica em sala de aula e a forma de se avaliar uma explicação.

Dado esse panorama, a presente pesquisa surgiu de questionamentos sobre “Como o processo de modelagem contribui para o desenvolvimento da explicação e argumentação em uma aula de ciências?”. Acreditamos que a busca pela resposta dessa questão pode contribuir com o ensino de ciências e, talvez, ajudar a esclarecer, na medida do possível, aos anseios apresentados pela literatura.

Para responder à questão proposta, organizamos a presente dissertação da seguinte forma: os capítulos 1 e 2 compõem os capítulos teóricos. Neles apresentaremos o que entendemos por explicação, argumentação e modelagem. Além disso, discutiremos a relevância desses tópicos para o ensino de ciências e também o panorama desses tópicos na pesquisa. No capítulo 3 apresentaremos o problema e os objetivos específicos da presente pesquisa. O capítulo 4 se dedica a apresentar nosso referencial teórico-metodológico. Nesse capítulo apresentaremos nosso marco teórico, contexto e sujeitos de pesquisa, além das ferramentas de análise utilizadas. Em seguida, no capítulo 5, realizaremos a análise de dados, a apresentação e a discussão dos resultados. Por fim, apresentaremos nossas considerações ao final dessa dissertação. Destacaremos nossas conclusões e apresentaremos algumas considerações e implicações de nosso estudo.

CAPÍTULO 1 – EXPLICAÇÃO E ARGUMENTAÇÃO

1.1. Explicação e o ensino de ciências

Na literatura da área de linguagem e ensino de ciências não há uma definição consensual sobre o termo “explicação”. Os autores apresentam apenas ideias gerais do que seria uma explicação.

Gilbert, Boulter e Rutherford (1998), por exemplo, afirmam que uma definição simples seria considerar a explicação como uma resposta fornecida a uma questão. Norris et al. (2005) considera que uma explicação é uma ação com a intenção de esclarecer algo ou torná-lo mais inteligível. Braaten e Windschitl (2011) evidenciam que muitos filósofos da ciência conceitualizam a explicação científica como uma tentativa de ultrapassar a mera descrição de um fenômeno natural, e de traçar uma relação teórica de como um fenômeno ocorre.

Braaten e Windschitl (2011) acreditam que as discussões da filosofia da ciência podem facilitar a conceitualização de explicação científica no ensino de ciências, tal como auxiliar a determinar o que conta como uma boa explicação. Dessa forma, revisaram as principais teorias da filosofia da ciência que discutem explicação, e apresentaram cinco modelos de explicação científica: “*Covering Law*”; Estatístico Probabilístico; Causal; Pragmático; e Unificado.

O modelo “*covering law*” é baseado em Hempel e Oppenheim (1948 *apud* BRAATEN; WINDSCHITL, 2011). Nesse modelo a ciência é vista como uma disciplina que ilumina as regularidades do mundo natural, sendo que essas regularidades poderiam ser expressas por “leis naturais”. Nesta perspectiva, quando se busca por uma explicação de um evento no mundo natural, os cientistas estão na verdade procurando por uma lei natural que explique eventos particulares como um resultado lógico e esperado de padrões já bem estabelecidos.

Uma das críticas que este modelo recebe é que muitos eventos naturais não são relacionados com leis, principalmente fora da Física. Muitas vezes, as explicações podem expressar generalizações que se assemelham a leis. Por exemplo, é muito comum em aulas de ciências o uso da “lei” “semelhante dissolve semelhante” para explicar a solubilidade de compostos. Porém, o uso de “leis falsas” não diminui a qualidade da explicação, ao invés disto, tende a explicitar nossos compromissos explicativos

(CARTWRIGHT, 1997). O sujeito que apela para a “lei” “semelhante dissolve semelhante” consegue prever resultados da mistura de compostos, mas seu compromisso explicativo não vai além disto. No entanto, ele poderia ir além e tecer relações mais profundas entre a polaridade e a solubilidade de compostos.

No dia a dia também é comum recorrermos a este tipo de modelo de explicação (DRIVER et al., 1996). Um exemplo, é quando um filho pergunta ao pai porque o cabo da panela é feito de plástico e não de metal, como o resto da panela, e o pai responde: “porque o plástico não conduz calor, mas o metal sim”. Como podemos ver, a explicação do pai envolve uma asserção com *status* de fato. A explicação do pai poderia envolver outros fatores, mas tomou a forma de uma lei como “o plástico não conduz calor”.

Reconhecer o modelo “*covering law*” na fala dos alunos é um importante ponto de partida. Assim, os professores podem estimular os alunos a ultrapassarem o mero relacionamento do fenômeno com uma lei e mediar a busca dos alunos por relações causais, incluindo a elaboração de hipóteses que sustentam essas leis (BRAATEN; WINDSCHITL, 2011).

O segundo modelo de explicação científica, segundo Braaten e Windschitl (2011), é o modelo estatístico probabilístico. Alguns filósofos defendem que explicações que utilizam o raciocínio estatístico e probabilístico figuram entre as mais importantes e complexas na ciência (HEMPEL, 1965; SALMON, 1989).

Fenômenos como o decaimento de isótopos radioativos ou a chance de o nível do mar subir devido ao aquecimento global geralmente são compreendidos por meio do uso de raciocínio matemático ao invés de apelar para leis e generalizações, como foi imaginado por Hempel e Oppenheim (1948). Isto acontece porque esses fenômenos parecem ser mais aleatórios do que regulares. Por exemplo, não podemos explicar uma alta taxa de incidência de câncer em uma região com base em uma lei ou alegação semelhante a lei. Ao invés disto, procuramos por outros indícios, tal como a exposição a um agente particular supostamente cancerígeno. Conectando o aumento na taxa de câncer com o aumento da exposição a esse agente, conseguimos criar uma explicação estatística construída a partir da correlação de dados.

Salmon (1989 *apud* BRAATEN; WINDSCHITL 2011) faz críticas a esse modelo, alegando que a ênfase aos dados estatísticos pode coibir a busca por uma

explicação mais adequada ou mais detalhada do evento. No entanto, o autor reconhece que para algumas áreas, este modelo de explicação é essencial para o entendimento de um fenômeno.

No modelo causal, o principal atributo de uma explicação é o estabelecimento de uma relação causal. Segundo Braaten e Windschitl (2011), os modelos “*covering law*” e estatístico probabilístico atendem em certa medida, mas não completamente, uma forte intuição sobre a explicação científica - nosso desejo em entender as causas dos eventos naturais.

Mesmo que os outros modelos de explicação científica incluam relações causais, eles não priorizam a causalidade como um atributo central do poder explicativo. Segundo Salmon (1978 *apud* BRAATEN; WINDSCHITL, 2011), explicações científicas parecem mais convincentes quando apresentam a compreensão das causas subjacentes aos fenômenos. O poder explicativo é reforçado quando as explicações envolvem ideias de teorias para explicar fenômenos, como por exemplo, utilizar a teoria gravitacional para explicar a regularidade das marés. As marés podem ser explicadas por leis no modelo de “*covering law*”. No entanto, o desejo por uma relação causal é melhor atendido quando teorias ou mecanismos subjacentes estão inclusos na explicação.

O desafio de um modelo causal de explicação reside no grau de inferência para estabelecer relações entre a causa e o efeito em um fenômeno, pois nem sempre é simples identificar e fundamentar as causas para o mesmo. Mas, apesar dessas dificuldades, o modelo causal de explicação continua a ser um modelo preferido para muitas áreas científicas. Na microbiologia é muito comum que os cientistas procurem por causas para fenômenos, como encontrar o agente infeccioso responsável por causar certos sintomas. Sem uma explicação causal, o microbiologista não pode entender um fenômeno como uma doença (BRAATEN; WINDSCHITL, 2011).

De acordo com Braaten e Windschitl (2011), os filósofos que compartilham uma visão pragmática da explicação não sugerem um modelo específico para a mesma. Van Fraassen (1980), um dos principais proponentes da visão pragmática, critica as tentativas de desenvolver uma teoria única para a explicação científica, uma vez que elas não consideram o contexto de produção dessas explicações. Nesta perspectiva, o contexto de produção da explicação determina o que conta e o que não conta como uma explicação satisfatória. Em outras palavras, a adequação de uma explicação não depende apenas de componentes da mesma ou do alinhamento entre teoria e fatos, mas também da questão

que a gerou e do contexto em torno desta questão (ACHINSTEIN, 1983).

Várias pessoas podem discutir um mesmo acidente de trânsito em um cruzamento buscando uma explicação para o acidente: proprietários de lojas nas esquinas podem explicar o acidente citando o *design* do cruzamento; o prefeito da cidade pode explicar o acidente devido à falta de semáforos no cruzamento; o motorista de um dos carros pode explicar o acidente alegando que seu carro possui muitos pontos cegos. Para os filósofos que adotam a visão pragmática, cada uma destas explicações é aceitável desde que os participantes concordem que elas atenderam ao seu pedido de explicação (VAN FRAASSEN, 1980).

Van Fraassen (1980) argumenta que o principal fator na determinação da adequação de uma explicação é o contraste de classes e a relação de relevância que é enfatizada pelos participantes da discussão. Os lojistas relacionam o acidente ao *design* ruim do cruzamento. No entanto, mesmo que isso seja um detalhe importante, ele perde a relevância para o motorista, uma vez que este está focado nos problemas causados pelos pontos cegos, que poderiam levá-lo a sofrer um acidente neste ou em qualquer outro cruzamento.

Entender os pontos apresentados pelo modelo pragmático pode auxiliar o ensino de ciências à medida que passamos a considerar a importância de desenvolver um entendimento consensual sobre o que queremos explicar em sala de aula. A título de exemplo, um professor que perguntar “por que algumas espécies de passarinho cantam na primavera?” e obter vários tipos de respostas igualmente válidas.

Tinbergen (1963 *apud* SCARPA; SILVA, 2013) enfatizou que existem pelo menos quatro maneiras diferentes de responder a uma questão do tipo “por que” em Biologia: em termos funcionais; causais; de desenvolvimento; e de história evolutiva. Então, essa pergunta poderia ser respondida nestas quatro perspectivas:

1. Cantam para atrair parceiras para o acasalamento (funcional);
2. Cantam porque o aumento da duração da fase clara do dia desencadeia mudanças nos níveis hormonais (causal);
3. Cantam porque eles aprenderam os cantos de seus pais e vizinhos (desenvolvimento);
4. Cantam porque tal comportamento foi selecionado em seus ancestrais, pois

aumentava a sobrevivência e o sucesso reprodutivo dos indivíduos que cantavam (evolutivo).

Scarpa e Silva (2013) pontuam que, sem especificar qual o tipo de resposta é esperado, todas as explicações listadas permanecem válidas, e ressalta que é justamente devido a essa característica das perguntas “por que”, em Biologia, que é possível explorar investigações em diferentes escalas espaço-temporais. Assim, pensar sobre explicações a partir de uma perspectiva pragmática nos ajuda a perceber o quanto é importante a elaboração de nossas questões para esclarecer e tornar explícito os tipos de detalhes relevantes a uma boa explicação.

O último modelo de explicação científica foi apresentado pela primeira vez por Friedman (1974) e posteriormente por Kitcher (1989, 1997). Essa perspectiva considera que o poder explicativo de uma teoria é maior quando uma explicação consegue unificar, de forma coerente, fenômenos aparentemente desconectados (FRIEDMAN, 1974 *apud* BRAATEN; WINDSCHITL, 2011). Por exemplo, a teoria cinética molecular tem um alto poder explicativo, pois consegue prover explicações para diferentes fenômenos em diversos contextos. Dois fenômenos aparentemente desconexos como o enchimento de um balão com ar quente e a condensação do vapor de água em um vidro, podem ser explicados pela teoria cinética molecular. Assim, ao invés de apelar para a criação de dois modelos explicativos, um para cada caso, apenas uma teoria foi necessária.

Dessa forma, explicações com alto poder explicativo contribuem para um melhor entendimento do mundo natural, já que quanto menos fenômenos independentes, mais compreensível se torna o mundo. Braaten e Windschitl (2011), defendem que esse modelo pode contribuir com o ensino de ciências por três razões: a ênfase está em buscar sentidos e na compreensão; o foco está em grandes ideias científicas; e existem vias claras para avaliar o poder explicativo.

Trazendo a perspectiva do modelo unificador de explicações científicas para o ensino de ciências, Braaten e Windschitl (2011) sugerem que o currículo de ciências poderia ser reduzido de maneira a focar intencionalmente nas ideias mais importantes de cada campo científico, sendo que o critério para a seleção de conteúdo seria justamente o poder explicativo.

Em complemento aos modelos apresentados por Braaten e Windschitl (2011),

podemos citar o trabalho de Nagel (1961, *apud* NORIS et al 2005). Nesse trabalho o autor diferencia quatro padrões diferentes de explicações científicas: dedutivo, probabilístico, funcional e genético. Os dois primeiros coincidem respectivamente com os modelos “*covering law*” e estatístico probabilístico que discutimos anteriormente. Discutiremos a seguir os padrões funcional e genético.

As explicações funcionais são intimamente associadas a questões em biologia, uma vez que estão orientadas para o propósito, a consequência ou a função de alguma coisa. Questões que requerem uma explicação funcional tem o formato “por que X possui Y?”. Como por exemplo: “por que as árvores decíduas possuem folhas que caem no outono?”; “por que cobras possuem pele que descama?”; “por que humanos possuem rins?”. Para responder a estas questões, a explicação deve focar nas consequências, fins, funções e propósitos (NORIS et al., 2005).

Podemos descrever as explicações genéticas como uma história relacionada ao fenômeno a ser explicado, ou seja, a descrição de como eventos anteriores levaram a eventos posteriores num dado sistema. Como um simples relato de ocorrências precedentes pode não ter valor explicativo, devemos selecionar da narrativa elementos com relevância causal para o que está sendo explicado (NORIS et al., 2005).

Gilbert, Boulter e Rutherford (1998) consideram que uma explicação é uma resposta solicitada ou fornecida a uma questão específica. Também assumem que nenhuma explicação é apropriada para todas as circunstâncias e para todos os indivíduos envolvidos no questionamento. Assim, a adequação da explicação vai variar em função da experiência e expectativa de cada um dos envolvidos com a questão. Essa característica sobre a adequação se aproxima da perspectiva apresentada pelo modelo pragmático, descrito anteriormente.

A condução do processo científico envolve a proposição de questões sobre os fenômenos naturais (GILBERT; BOULTER; RUTHERFORD, 1998). Considerando essa visão, os autores apresentam uma tipologia que relaciona explicações com suas respectivas questões. A seguir apresentaremos essa tipologia:

1) “Por que a investigação deve ser realizada?”: esta questão está associada à importância do estudo de um fenômeno natural, mais particularmente aos objetivos da investigação. A explicação elaborada como uma resposta a esta pergunta representa a intenção/propósito de conduzir uma investigação científica;

2) “Como o fenômeno se comporta?”: esta questão está associada à descrição do fenômeno de interesse. Ela faz parte da maioria das investigações científicas, ao menos nos estágios iniciais ou quando o fenômeno ainda foi compreendido. A descrição é uma explicação que fornece um relato de como o fenômeno se comporta;

3) “O que compõe o fenômeno?”: esta questão está associada à identificação das entidades que compõem o fenômeno, tal como sua distribuição espacial e temporal dentro do mesmo. A explicação dada em resposta a esta questão possibilita a classificação de fenômenos de acordo com a similaridade de suas características;

4) “Por que um fenômeno se comporta de determinada maneira?”: esta questão está relacionada ao estabelecimento de uma relação causal para um dado fenômeno. Ou seja, a resposta a esta questão deve estabelecer uma relação de causa e efeito envolvendo as entidades constituintes de um fenômeno;

5) “Como um fenômeno poderia se comportar sob condições diferentes?”: esta questão está associada às previsões acerca de um fenômeno. Quando se sabe muito a respeito de um fenômeno, podemos antecipar a maneira como ele se comporta em diferentes circunstâncias. A explicação dada em resposta a esta questão é preditiva e pode ser experimentalmente testada.

Deste modo, de acordo com a tipologia apresentada por Gilbert, Boulter e Rutherford (1998), temos cinco tipos de explicação: explicação intencional; explicação descritiva; explicação interpretativa; explicação causal; explicação preditiva.

Segundo Braaten e Windschitl (2011), o conhecimento sobre os tipos de explicação apresentados é importante e tem relevância para o ensino de ciências, porque são práticas legítimas de cientistas e alunos que tentam elaborar explicações. Ter clareza sobre essa diversidade auxilia os educadores a planejarem ações em sala de aula e também a delimitar o que conta como uma boa explicação.

Com o exposto, percebemos que existe um repertório amplo de definições, funções e tipos de explicações. Visto isto, seria difícil estipular um padrão único de explicação nas aulas de ciências, já que este é um ambiente no qual podem ser observadas todas as variações apresentadas anteriormente.

Há quase vinte anos, Martins, Ogborn e Kress (1999) alegaram que o tema - explicações - não era tratado como “objeto de estudo ou investigação sistemática na área de ensino de ciências”. Os autores afirmaram que a atividade de explicar não era tratada

como algo que poderia ser entendido, aprendido ou ensinado. Isto poderia trazer graves consequências para as salas de aula, como o predomínio de ideias de senso comum a respeito de como conduzir essa prática em sala de aula dado a ausência de orientação na literatura.

Mesmo passados anos após essa constatação, ainda temos os mesmos problemas. Braaten e Windschitl (2011) afirmam que faltam esclarecimentos sobre explicação na área de ensino de ciências para auxiliar a prática instrucional. Ao analisar os trabalhos da área de ensino de ciências, os autores destacam que faltam trabalhos que discutam como qualificar e avaliar uma explicação científica em sala de aula.

Braaten e Windschitl (2011) identificaram os três tipos de explicações mais retratados nos trabalhos da área de ensino de ciências: explicação como esclarecimento; explicação como causa; e explicação como justificativa. Muito do que os autores discutem sobre esses três tipos se assemelha com o que Gilbert, Boulter e Rutherford (1998) apresentam como explicações descritivas, causais e intencionais.

A explicação como esclarecimento tem forte caráter descritivo. O foco está em esclarecer terminologias, significados ou a descrição do raciocínio empregado na resolução de um problema. De acordo com Gilbert, Boulter e Rutherford (1998), explicações descritivas são geralmente as primeiras a serem desenvolvidas pelos estudantes. Também destacam que esse tipo de explicação pode levar a produção de outras explicações subsequentes. Braaten e Windschitl (2011) pontuam que esse tipo de explicação pode ser útil na comunicação científica quando utilizado para esclarecer um trabalho em diferentes comunidades. No entanto, ressaltam o perigo de enfatizar apenas esse tipo de explicação no ensino de ciências, uma vez que as explicações em sala de aula devem cumprir outros papéis, além de explicitar significados ou estratégias de resolução de problemas.

A explicação como causa é constituída de uma relação causal, ou seja, esse tipo de explicação estabelece relações de causa e efeito em fenômenos específicos. Alguns pesquisadores de ensino de ciências consideram que esta é uma perspectiva necessária para explicar fenômenos naturais (HAMMER et al., 2008; RUSS et al., 2008). De fato, isso é realidade para muitas disciplinas científicas. No entanto, aqui cabe a mesma crítica feita ao modelo “*covering law*” apresentado anteriormente. Áreas como genética de populações ou física quântica dependem mais do raciocínio estatístico probabilístico para entender os fenômenos. Deve-se tomar cuidado para que não

predomine apenas a explicação como causa em sala de aula. Grotzer e colaboradores (GROTZER, 2003; GROTZER; BRASCA, 2003; PERKINS; GROTZER, 2005) verificaram que é comum a tendência de alunos e professores apelarem para uma relação simples e linear de causa-efeito. É necessário estar atento a essas nuances para estimular a produção explicações mais complexas, como por exemplo, combinar o pensamento causal e estatístico para produzir explicações mais próximas das apresentadas em certos campos científicos, como acontece na ecologia.

O último tipo, a explicação como justificativa, envolve o uso de justificativas em sua construção. Neste caso, é possível encontrar semelhanças com a construção de argumentos. Alguns pesquisadores consideram que uma explicação tem a estrutura “conclusão + evidência + raciocínio” (MCNEILL; KRAJCIK, 2008), que tradicionalmente é a estrutura de um argumento. O posicionamento de autores como McNeill e Krajcik (2008) é baseado na ideia de que a argumentação e a explicação são práticas inseparáveis. Porém, a apropriação dessa estrutura para tratar de explicações é alvo de críticas (OSBORNE; PATTERSON, 2012), uma vez que promove confusões na identificação e diferenciação de argumentos e explicações.

Braaten e Windschitl (2011) declaram que o foco de pesquisadores a um tipo específico de explicação contribui com o ensino de ciências ao passo que estes esclarecem contextos específicos de ocorrência desta prática. No entanto, ressaltam que considerar os múltiplos modelos de explicação científica pode fomentar práticas epistêmicas autênticas e mais complexas de maneiras que um modelo singular não consegue. Os autores pontuam que estabelecer clareza sobre o significado de explicação não envolve adotar uma única definição. Ao invés disto, defendem que haja uma discussão explícita dentro da pesquisa em ensino de ciências sobre o que torna as explicações explicativas ao invés de descritivas, e em como os alunos podem se engajar em gerar, ao invés de apenas justificar, explicações.

1.2. Argumentação

O estudo contemporâneo da argumentação conta com uma abordagem interdisciplinar da qual participam filósofos, linguistas, psicólogos, estudiosos da comunicação, entre outros. Por muito tempo esse campo de estudo foi dominado, e é até hoje influenciado pelas obras dos filósofos Stephen E. Toulmin, Chaim Perelman e Lucie Olbrechts-Tyteca. Toulmin publicou “Os usos do argumento” (TOULMIN, 2006) e Perelman, juntamente com Olbrechts-Tyteca, publicou o “Tratado da Argumentação” (PERELMAN; OLBRECHTS-TYTECA, 2005). Ambas as obras foram publicadas em 1958 e hoje são importantes referências para a pesquisa em argumentação (MENDONÇA, 2011).

A argumentação pode ser abordada em três diferentes perspectivas: a lógica, a dialética e a retórica (Wenzel, 1990). O estudo dessas perspectivas iniciou-se na Grécia Antiga, influenciado pela emergência da democracia e dos ideais de livre comunicação. Neste período, o trabalho de Aristóteles é o que mais se destaca (MENDONÇA, 2011).

A partir do trabalho de Wenzel (1990) é possível ter uma maior clareza sobre a distinção entre essas três perspectivas. A perspectiva retórica está ligada a persuasão, sendo que um bom argumento nesta perspectiva seria aquele que consiste na produção do discurso que efetivamente auxilia na resolução de problemas e tomada de decisões. A perspectiva dialética aborda a organização sistemática da interação, como por exemplo, o debate e a discussão, tendo como objetivo a produção das melhores decisões possíveis. Por fim, segundo a perspectiva da lógica, o bom argumento é aquele constituído de alegações suportadas por evidências e razões suficientemente relevantes. Nesse sentido, Wenzel (1990) associa a retórica com o processo de produção de argumento, a dialética ao procedimento e a lógica ao argumento como produto.

Em relação à lógica ainda podemos fazer uma distinção entre *lógica formal* e *lógica informal*. Tal distinção está relacionada com a forma de pensar sobre a relação entre conhecimento e a verdade. Na lógica formal, a validade do argumento depende do formato das afirmativas, uma vez que as premissas precedem a conclusão, sendo ela uma consequência dessas premissas (MENDONÇA, 2011). Dessa forma, na lógica formal, as premissas não estão em discussão e tem caráter de verdade.

Apesar do nome sugerir, a lógica informal não deve ser vista como um novo tipo de lógica. A lógica informal é um movimento que surgiu na América do Norte no

começo dos anos 70 devido à insatisfação com o tratamento usual que era dado a argumentação nos manuais introdutórios de lógica. Esse movimento foi inspirado principalmente pelos trabalhos de Toulmin (1958) e Perelman e Olbrechts-Tyteca (1958). Segundo os lógicos informais, a validade e irrefutabilidade dos argumentos não são regidas pela validade formal proposta pela lógica dedutiva. Blair e Johnson (1987) defendem que as premissas para uma conclusão devem satisfazer a três critérios: relevância, suficiência e aceitabilidade. Por relevância, entende-se que as premissas e a conclusão estão adequadamente relacionadas. Por suficiência, entende-se que as premissas fornecem evidências suficientes para a conclusão. E por fim, aceitabilidade remete às premissas serem verdadeiras, prováveis ou confiáveis.

Van Eemeren e Grootendorst (1992) entendem a Lógica Informal como um programa de pesquisa ao invés de uma teoria da argumentação. Isto se justifica por dois motivos:

1. O fato dos lógicos informais terem o objetivo de desenvolver normas, critérios e procedimentos para a interpretação, avaliação e construção de argumentos;
2. A natureza dos problemas de interesse: como analisar a estrutura dos argumentos, como classificar esquemas argumentativos, como avaliar a argumentação, como identificar falácias, como conduzir uma discussão, entre outros.

Como podemos observar, existe um grande campo de pesquisa e debate sobre a lógica informal e a argumentação. Por isto, apresentaremos um resumo das ideias seminais de Toulmin e Perelman e Olbrechts-Tyteca a partir das seguintes obras: “Os usos do argumento” (TOULMIN, 2006) e “Tratado da Argumentação”, (PERELMAN; OLBRECHTS-TYTECA, 2005).

1.2.1. O uso dos argumentos

No prefácio da edição de 2006 do livro “Os usos do argumento”, Toulmin revela que seu objetivo ao escrever a obra em 1958 era “rigorosamente filosófico: criticar o pressuposto adotado pela imensa maioria dos filósofos anglo-americanos de que qualquer argumento pode ser vazado em termos formais” (TOULMIN, 2006).

Por termos formais, entende-se uma dedução rigidamente demonstrativa, semelhante a deduções da geometria euclidiana. Assim, Toulmin (2006) defende que fora

do contexto da lógica formal, os argumentos não podem ser enquadrados em formas semelhantes as do silogismo aristotélico. Tal raciocínio indica que toda afirmação válida é gerada com base em uma conclusão que advém da ligação de premissas menores e premissas maiores. Além do mais, o autor citado faz um alerta sobre os riscos desse tipo de raciocínio, o qual se baseia em universalidades que nem sempre se encontram presentes nas proposições maiores ou geral.

Em sua obra “Os Usos do argumento”, Toulmin (2006) considera que os argumentos tidos como analíticos, ou seja, com uma afirmação universal de premissa maior, são insuficientes para aplicação na vida prática. Por isto, procura construir um referencial sobre a avaliação dos argumentos.

Toulmin (2006) se baseia no contexto jurídico para elaborar sua tese e defende o entendimento da lógica como jurisprudência generalizada, alegando que os argumentos podem ser comparados a processos judiciais, já que as alegações que fazemos e os argumentos que usamos para defendê-las podem ser comparados com as alegações proferidas pelas partes em um tribunal.

Uma das principais funções da jurisprudência é garantir a conservação dos procedimentos pelos quais as alegações são apresentadas, discutidas e estabelecidas, e das categorias segundo as quais estes procedimentos devem acontecer. Dessa forma, Toulmin (2006) pontua que sua obra tem um objetivo semelhante: o de caracterizar o processo racional. Ou seja, os procedimentos e as categorias pelas quais se podem discutir e decidir todas as causas.

Segundo Toulmin (2006), um argumento tem uma estrutura na qual podemos distinguir as principais fases que marcam o seu progresso, desde a afirmação inicial de um problema não resolvido até a apresentação final da conclusão. Quando comparamos o argumento a um organismo, cada uma dessas fases pode representar unidades anatômicas ou órgãos. Assim, cada minuto ou parágrafo dedicado à composição do argumento pode ser visto como um órgão e ainda podemos reconhecer um nível mais fino (fisiológico), que se apresenta na forma de sentenças individuais. Dada essa analogia, Toulmin (2006) afirma que sua investigação se concentrará no nível mais fino, o fisiológico, sem desconsiderar o pano de fundo mais grosseiro da perspectiva anatômica, uma vez que os microargumentos – as sentenças individuais – são mais inteligíveis quando consideramos seu papel na composição dos macroargumentos. Dessa forma, Toulmin (2006) propõe o estudo de como os argumentos operam, sentença por sentença,

por meio da combinação dos aspectos procedimentais e da forma lógica. Partindo dessas conjecturas, Toulmin (2006) elabora um *layout* (Figura 1) que consiste em um padrão estrutural no qual um argumento pode ser enquadrado. Esse *layout* ficou conhecido na literatura como Padrão Argumentativo de Toulmin (TAP, abreviação da expressão em inglês *Toulmin's Argument Pattern*).

Figura 1: Estrutura do argumento padrão de Toulmin.

Fonte: Toulmin (2006, p.150).

Toulmin (2006) define que um argumento é uma alegação acompanhada de sua justificativa, sendo que ainda é possível fazer distinções nessa estrutura. Assim, os elementos fundamentais de um argumento são o dado (D), a conclusão (C) e a garantia (G). A conclusão é a alegação que se procura defender. Para isto, podem ser apresentados fatos (dados) para fundamentar tal alegação. A garantia é o elemento que autoriza a passagem dos fatos (dados) para as alegações (conclusão). Dessa maneira, é possível apresentar um argumento que contenha apenas esses elementos cuja estrutura básica é: “a partir de um dado D, já que G, então C”. Porém, para que um argumento seja completo, podem-se especificar em que condições a garantia apresentada é válida ou não, indicando um ‘peso’ para tal garantia. Dessa forma, podem ser acrescentados ao argumento qualificadores modais (Q), ou seja, especificações das condições necessárias para que uma dada garantia seja válida. Da mesma maneira, é possível especificar em que condições a garantia não é válida ou suficiente para dar suporte à conclusão. Neste caso, é apresentada uma refutação (R). Os qualificadores e as refutações dão os limites de atuação de uma determinada garantia, complementando a ‘ponte’ entre dado e conclusão (CAPECCHI; CARVALHO, 2000; TOULMIN, 2006).

Além dos elementos já citados, a garantia que apresenta um caráter hipotético

pode ser apoiada em uma alegação categórica baseada em uma lei, por exemplo. Trata-se de uma alegação que dá suporte à garantia, denominada apoio (A) ou conhecimento básico. O apoio é uma garantia baseada em alguma autoridade, uma lei jurídica ou científica, entre outras coisas, que fundamenta a garantia (CAPECCHI; CARVALHO, 2000; TOULMIN, 2006).

1.2.2. Tratado da argumentação

Assim como Toulmin (2006), Perelman e Olberchts-Tyteca (2005) também rompem com a lógica formal ao pontuar que sua publicação é uma *“ruptura com uma concepção da razão e do raciocínio, oriunda de Descartes, que marcou com seu cunho a filosofia ocidental dos três últimos séculos”* (p.1). Esses autores combatem a associação da argumentação apenas com a lógica formal e resgatam os estudos sobre retórica, que há muito tempo foi descreditada.

A decadência do prestígio da retórica foi impulsionada pelas tendências empiristas e racionalistas de como o conhecimento evolui, já que a retórica só faz sentido quando existe dúvida em relação a uma determinada conclusão, uma vez que seu domínio é a verossimilhança e a plausibilidade (MENDONÇA, 2011).

Perelman e Olberchts-Tyteca (2005) defendem que o campo da argumentação é o “do verossímil, do plausível, do provável”. Com isto, criticam a concepção da Lógica formal de evidência como marca da razão e da verdade. A Lógica formal entende que as demonstrações racionais partem de evidências (axiomas) para conclusões indubitáveis, não havendo possibilidade de desacordo e limitando a ideia de razão nessa perspectiva. Assim, afirmam que *“esta é uma limitação indevida e perfeitamente injustificada do campo onde intervém nossa faculdade de raciocinar e provar”* (Ibidem, p.3).

Essa crítica está pautada no fato de que as provas demonstrativas conduzem invariavelmente a uma determinada conclusão, sem deixar qualquer espaço para uma escolha justificada. Essa limitação pode ser superada ao passo que consideramos o verossímil e o plausível com meios de prova. Dessa forma, as evidências se tornam passíveis de desacordos e as justificativas se fazem necessárias. Por conseguinte, o campo da racionalidade é ampliado com a adesão das escolhas justificadas, o que seria impossível no campo da razão puramente demonstrativa.

O principal ponto defendido por Perelman e Olberchts-Tyteca (2005) que justifica seus interesses pela retórica é o fato de que qualquer argumentação se desenvolve em função de um auditório. O objetivo da argumentação é obter a adesão daqueles aos quais se dirige. Dessa forma, o orador deve ser adaptar ao seu auditório, já que o discurso mais eficaz é aquele que o público compreende.

Dessa forma, o auditório ganha um papel de destaque na determinação da qualidade da argumentação e do comportamento do orador, uma vez que a argumentação considerada eficaz é aquela que consegue aumentar a adesão do auditório. Nessa perspectiva, a retórica pode ser entendida como o estudo de recursos persuasivos. Assim, o escopo do “tratado da argumentação” se constitui na análise de recursos discursivos voltados para a persuasão e o convencimento.

As obras “Os usos do argumento” (TOULMIN, 1958) e “Tratado da Argumentação” (PERELMAN; OLBRECHTS-TYTECA, 1958) tiveram grande influência no campo da argumentação de forma geral e também nas pesquisas voltadas à argumentação no ensino de ciências (MENDONÇA, 2011). Para o nosso trabalho, alguns conceitos abordados nestas obras se destacam, como por exemplo: o uso de evidências, a adaptação do orador ao seu auditório com vistas à adesão dos ouvintes e a análise estrutural de argumentos.

As evidências podem ser vistas como as observações, resultados experimentais, indícios ou razões para admitir uma conclusão como verdadeira ou falsa (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Assumimos que no contexto de uma aula de ciências, as interações discursivas estão longe de serem demonstrações puramente racionais e isentas de justificativas. Dessa forma, professores e alunos negociam significados, expõem suas opiniões, manipulam dados, elaboram hipóteses, constroem modelos e explicações. Todas essas ações pressupõem o uso de justificativas visando à adesão dos interlocutores.

Em relação à ideia de adaptação do orador ao auditório, entendemos que na dinâmica discursiva em sala de aula tanto o aluno quanto o professor podem exercer o papel de orador ou compor o auditório. Desse modo, adotamos o pressuposto de que o auditório tem influência sobre o orador e vice-versa. Isto nos leva a buscar uma análise da construção de argumentos que considere o processo e o contexto.

Consideramos que na análise do processo de construção dos argumentos, os

argumentos podem ser analisados estruturalmente. Nessa perspectiva, elementos do Layout proposto por Toulmin (2006) nos auxiliam a analisar este processo, como apresentaremos na seção de coleta e análise de dados.

1.2.3. A Argumentação no ensino de ciências

O discurso científico é marcado pela defesa de enunciados (LATOUR; WOOLGAR, 1997). À medida que diferentes explicações coexistem na produção científica, os cientistas precisam constantemente defender seus pontos de vista em detrimento de outras proposições. Existe, então, a necessidade intrínseca de justificar seus enunciados de acordo com os conhecimentos e evidências disponíveis (MENDONÇA; JUSTI, 2013a).

A capacidade de relacionar dados e conclusões e de avaliar enunciados teóricos à luz de dados empíricos ou procedentes de outras fontes pode ser descrita como uma prática discursiva conhecida por argumentação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; DÍAZ BUSTAMANTE, 2003). A argumentação pode ser considerada como prática central no processo de construção e defesa de explicações científicas (BERLAND; REISER, 2009).

O ensino de ciências deve não só focar na memorização de conceitos, mas também permitir que os estudantes se apropriem de práticas específicas do trabalho científico. Segundo Duschl (1997 *apud* JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010), tais práticas podem ser associadas a três processos: produzir conhecimento; avaliar conhecimento; e comunicar conhecimento. Esses processos se inter-relacionam e são permeados pela atividade argumentativa.

Produzir conhecimento remete à construção de explicações para questões científicas. Uma hipótese explicativa só ganha *status* de explicação dentro da comunidade científica após resistir a argumentos que visam derrubá-la (OSBORNE; PATTERSON, 2011). Isto posto, a explicação, a avaliação e a comunicação ocorrem por meio de processos argumentativos, uma vez que enunciados científicos passam pelo crivo dos pares durante sua construção e divulgação, e devem estar devidamente embasados em evidências.

A percepção de que o conhecimento científico resulta de julgamentos, comparações e avaliações de explicações que competem entre si, pode levar à outra

compreensão: do argumento como fundamento para o raciocínio (KUHN, 1991). Isto é compatível com a visão de Billig (1987) de que aprender a argumentar é aprender a pensar.

Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008a) agrupam cinco possíveis contribuições da argumentação para o ensino de ciências: i) dar acesso aos processos cognitivos e metacognitivos que caracterizam a performance de *experts* e permitir a modelagem desses processos pelos estudantes; ii) dar suporte a competências comunicativas e, em particular, ao pensamento crítico; iii) dar suporte ao processo de Alfabetização Científica, empoderando os estudantes a falar e escrever na linguagem científica; iv) dar suporte ao desenvolvimento de critérios epistemológicos para avaliação do conhecimento; v) dar suporte ao desenvolvimento da razão, em particular à escolha de teorias ou posições por meio de critérios racionais.

As contribuições acima enumeradas podem ser relacionadas a três grupos de objetivos educacionais (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010): objetivos relacionados com a melhoria dos processos de aprendizagem - em outras palavras, aprender a aprender; objetivos relacionados com a formação de cidadãos responsáveis, capazes de participar de decisões sociais que exigem o pensamento crítico; e objetivos de desenvolvimento de competências relacionadas com as formas de trabalhar na comunidade científica e de compreender a natureza da ciência, que fazem justiça à sua complexidade. Os dois primeiros são objetivos mais amplos e dizem respeito à educação de forma geral, enquanto o terceiro é mais específico do ensino de ciências.

A competência de aprender a aprender esta relacionada à capacidade de continuar aprendendo ao longo da vida de maneira cada vez mais eficaz e autônoma. Para desenvolver essa capacidade é importante que o estudante regule e controle seus próprios pensamentos. A exteriorização dos pensamentos é feita por meio da linguagem e a argumentação contribui com isso ao demandar a racionalização dos produtos orais e escritos. Nesse sentido, a argumentação pode auxiliar os alunos a dominarem aspectos da fala e da escrita científica ao interpretarem textos de várias procedências, como notícias ou textos de divulgação, e ao emitirem sua posição, produzindo resumos, relatórios e construindo conclusões pautadas em evidências.

O pensamento crítico pode ser entendido como a capacidade de desenvolver uma opinião própria e independente, de refletir sobre a realidade e participar dela. O compromisso com as evidências para a avaliação de afirmações é fundamental no

exercício do pensamento crítico, e isto está diretamente relacionado à argumentação. Se considerarmos que a argumentação visa justificar afirmativas, a utilização de evidências é parte integrante deste processo. Neste sentido, o desenvolvimento da capacidade argumentativa colabora não somente com o processo de justificar as próprias alegações, mas também de validar os enunciados de outros (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000). Assim, a promoção da argumentação abre espaço para o questionamento de discursos de autoridade, permitindo um posicionamento cético diante de opiniões não fundamentadas.

A argumentação tem sido objeto recorrente de pesquisas em ensino de ciências na última década com um número crescente de publicações (BOZZO; MOTOKANE, 2009; BOZZO, 2011; MENDONÇA; JUSTI, 2013a; ERDURAN; OZDEM; PARK, 2015). Essas pesquisas destacam a importância das práticas argumentativas no processo de Alfabetização Científica, além de apontar caminhos a serem seguidos de modo a promover a argumentação em sala de aula.

Bozzo e Motokane (2009) realizaram um estudo de estado da arte que buscou identificar as tendências de pesquisa em argumentação no ensino de ciências no período de 1988 a 2008. Segundo o levantamento, o trabalho de Driver, Newton e Osborne (2000) ajudou a impulsionar as pesquisas em argumentação no ensino de ciências, dado o crescimento de publicações após o ano 2000. O artigo de Driver, Newton e Osborne (2000) defende a argumentação como um meio potencial para o desenvolvimento da compreensão conceitual, o desenvolvimento de competências investigativas e a compreensão da epistemologia da Ciência.

Billig (1987) e Van Eemeren et al. (1996) concordam a respeito da necessidade de haver pontos de vista controversos para que a argumentação ocorra. Segundo Billig (1987), seria impossível ocorrer a argumentação em uma conversa onde todos concordam uns com os outros. De tal forma, o propósito da argumentação seria justificar uma opinião ou refutar um ponto de vista contrário partindo de um conjunto de pró-argumentos (razões a favor) e contra-argumentos (razões contra). Assim, a finalidade da argumentação seria aumentar ou diminuir a aceitabilidade de um ponto de vista controverso a partir de justificativas que visam o convencimento de uma audiência.

Teixeira (2009) investigou ações didáticas de professores que promovem argumentação nas séries iniciais. Foi observado que a enunciação de um problema aberto não garante a instauração de uma polêmica. Para o debate ser instalado foi necessária a

mediação da professora, fazendo com que os alunos se posicionassem sobre dois pontos distintos. Logo, os resultados desse estudo indicam que além da proposição de problemas abertos e temas polêmicos, o professor tem papel essencial na promoção da argumentação em sala de aula.

Autores apontam que é interessante apresentar mais de uma explicação para um dado fenômeno, uma vez que a argumentação ocorre mais facilmente quando estão em jogo asserções sobre a verdade dos fatos ou interpretações (PONTECORVO; AJELLO; ZUCCHERMAGLIO, 2005). Nessas situações, o professor desempenha um importante papel à medida que aponta as possíveis interpretações e pede que os alunos considerem evidências para cada uma delas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008b).

Ao explorar suas próprias posições, os alunos podem se tornar conscientes sobre a maneira como os cientistas raciocinam durante a análise de hipóteses rivais (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000). Segundo Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008), o professor deve desenvolver, juntamente com os estudantes, critérios para construção e avaliação de argumentos. Nessa perspectiva, fica mais fácil compreender por que bons argumentos são diferentes de crenças prévias e meras opiniões, uma vez que bons argumentos podem incluir múltiplas justificativas de diferentes naturezas e ser sustentados por evidências.

Para a argumentação se constituir é necessário haver um certo grau de simetria entre os interlocutores. Nesta perspectiva, argumentamos quando reconhecemos que o interlocutor tem um domínio equiparável ao nosso sobre o tema em debate. Do contrário, ambas as opiniões não seriam vistas como prováveis. Ao invés disto, uma delas seria absolutizada e tomada como referência, enquanto a outra seria menosprezada e talvez nem chegasse a ser explicitada (VIEIRA; NASCIMENTO, 2009). Não estamos negando que o professor é a autoridade epistêmica dentro de sala de aula - é justamente ele que é o representante do conhecimento científico neste espaço. No entanto, cabe ao professor se portar adequadamente de forma a dar mais voz aos alunos.

1.3. Relações entre explicação e argumentação

Alguns trabalhos da área de ensino de ciências associam a explicação à argumentação. Podemos separar esses trabalhos em pelo menos dois grupos: um deles enfatiza a discussão das diferenças entre essas práticas (BRAATEN; WINDSCHITL, 2011; OSBORNE; PATTERSON, 2011, 2012; VIEIRA; NASCIMENTO, 2009) e o outro foca em discutir a semelhanças entre elas (BERLAND; MCNEILL, 2012; BERLAND; REISER, 2009; MCNEIL; KRAJCIK, 2008). Ambas as discussões contribuem para estabelecer um limite entre essas duas práticas, tal como evidenciar sua indissociabilidade na construção do conhecimento.

Após analisar trabalhos que discutiam a importância da argumentação, Osborne e Patterson (2011) sugeriram que existe uma falta de clareza na literatura em diferenciar o conceito de argumentação do conceito de explicação. Esses autores pontuam a necessidade de estabelecer uma distinção clara entre esses conceitos para que pesquisadores e professores possam definir quais práticas desejam em sala de aula, tal como o potencial de cada uma delas para os processos de ensino e aprendizado.

Segundo Osborne e Patterson (2011), explicar é dar sentido a um fenômeno por meio da apresentação de outros fatos científicos. A explicação parte de um *explanandum* (fenômeno a ser explicado). O *explanandum* não está em discussão e não necessita de evidências para estabelecer sua validade. Por exemplo: “por que os dinossauros foram extintos?”. Note que a forma como a questão foi formulada não deixa espaço para uma disputa de opinião se esses seres realmente foram extintos.

Dessa forma, o que se deseja na explicação é descrever como um fenômeno veio a existir a fim de aumentar a compreensão sobre sua gênese. Para isto, recorre-se a fatos, entidades, propriedades, conceitos e mecanismos que tenham relações causais com esse fenômeno.

Por sua vez, o objetivo da argumentação é justificar uma conclusão. Situações argumentativas partem de um problema em aberto, incerto, exigindo que os interlocutores expressem conclusões sobre seus posicionamentos. Se mudássemos a pergunta para: “os dinossauros foram extintos?”. Poderia haver posicionamentos positivos e negativos, já que a extinção dos dinossauros não é mais tratada como um fato. Dessa forma, argumentar representa o ato de adotar uma conclusão em detrimento de outras por meio do uso de dados que atuam como premissas para essa conclusão.

Para Osborne e Patterson (2011), confusões entre os conceitos de argumentação e explicação surgem por que essas práticas podem ocorrer associadas. Utilizando o mesmo exemplo sobre a extinção dos dinossauros, os autores discutem que pode haver diversas explicações para este fenômeno, como por exemplo: mudanças climáticas, queda de meteoros, escassez de alimentos, entre outras. E é por meio da argumentação que alguma dessas explicações será considerada mais coerente e plausível. No entanto, os autores consideram que, mesmo nesses casos, essas práticas têm objetivos distintos, uma vez que a explicação visa aumentar a compreensão sobre um fenômeno, enquanto a argumentação tem por objetivo definir quais explicações são válidas ou satisfatórias.

Ao contrário da abordagem apresentada por Osborne e Patterson (2011) que estava preocupada em separar argumentação e explicação, alguns pesquisadores como McNeil e Krajcik (2008) e Berland e Reiser (2009) têm tratado essas práticas como inseparáveis. Então, para além de admitir que essas práticas podem ocorrer associadas, como foi colocado por Osborne e Patterson (2011), Berland e McNeil (2012) consideram que argumentação e explicação são práticas sinérgicas.

Segundo Berland e Reiser (2009), explicações científicas precisam ser convincentes e robustas. Para isto, devem apresentar forte apoio em dados teóricos e/ou empíricos. Assim, a própria construção dessas explicações ocorre por meio da argumentação. Ora, se na ciência a argumentação não é tratada como um processo acessório, opcional e posterior à explicação, também não há motivo para tratar esses processos no ensino de ciências de maneira isolada e algorítmica. Assim, estes autores consideram a explicação e argumentação como uma única prática: “construir e defender explicações científicas” (p.28).

Para Berland e Reiser (2009) existe outra distinção importante para o ensino de ciências: os diferentes objetivos instrucionais possíveis a partir da prática de construir e defender explicações científicas. Eles envolvem: a compreensão do fenômeno a ser explicado; e a articulação de informações a partir dessa compreensão para produzir a explicação desejada. Nessa perspectiva, a natureza e a qualidade do discurso dos estudantes em sala de aula pode depender mais de como esses fatores são requisitados e compreendidos do que saber distinguir explicação de argumentação.

Instigado pela polêmica presente na literatura, sobre como caracterizar e diferenciar argumentações e explicações, Freire (2014) procurou entender como ocorria

a defesa e construção de explicações. Seu estudo evidenciou que posicionamentos distintos, à primeira vista conflituosos, se mostraram igualmente válidos. Podemos citar a abordagem de Vieira e Nascimento (2009) e Osborne e Patterson (2011), preocupados em distinguir argumentação da explicação, e abordagem de Mcneil e Krajcik (2008) e Berland e Reiser (2009), que defendiam a aproximação entre as práticas,

A diferenciação apresentada por Osborne e Patterson (2011) de que o objetivo epistêmico da explicação é esclarecer um fenômeno enquanto o da argumentação é estabelecer a validade de uma explicação, foi útil para definir quais práticas discursivas estavam comprometidas com a explicação, e quais estavam comprometidas com a argumentação (FREIRE, 2014).

Por outro lado, Freire (2014) identificou que as práticas de argumentar e explicar podiam ocorrer em diversos níveis de complexidade, e que podiam compartilhar elementos semelhantes como conclusões e justificações – sendo estes considerados por Osborne e Patterson (2011) como específicos para análise da argumentação. Além disto, Freire (2014) apresentou a análise de episódios nos quais não era possível dissociar a argumentação e a explicação, dada a sobreposição e a interdependência dessas práticas. Este resultado corroborou a abordagem de Berland e Reiser (2009). Por isto, Freire (2014) destaca que a abordagem de Berland e Reiser (2009) pode ampliar a proposta de Osborne e Patterson (2011) em situações nas quais essas práticas não estão apenas associadas, mas ocorrem de maneira sinérgica.

Consideramos que a sinergia entre argumentação e explicação fica mais evidente quando olhamos para a ciência e o ensino de ciências por uma perspectiva baseada na modelagem. Dessa forma, no próximo capítulo apresentaremos o ensino baseado em modelagem como uma abordagem capaz de fomentar a explicação e argumentação em sala de aula.

CAPÍTULO 2 – MODELAGEM E O ENSINO DE CIÊNCIAS

A modelagem tem sido apontada como uma forma de proporcionar aos alunos situações que favorecem o engajamento em práticas epistêmicas próprias da ciência (MENDONÇA, 2011). A modelagem pode ser entendida com um processo de produção, teste, avaliação e revisão crítica de modelos (GILBERT, 1991; NERSESSIAN, 1992). Gilbert e colaboradores (2000) definem modelo como a representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou fenômeno para um dado sistema. Dessa forma, os modelos científicos consistem em formas de representação de aspectos do mundo, podendo variar conforme a abrangência, a precisão e a aproximação dos detalhes (GIERE, 2009).

No âmbito da Ciência, os modelos (científicos) desempenham diversas funções, como: expressão do pensamento; suporte à construção de teorias e ampliação das mesmas (MORRISON; MORGAN, 1999); favorecimento da visualização de entidades abstratas (GILBERT, 2004); fundamentação para proposição de explicações (WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008); e sustentação de inferências, previsões e simulações (NERSESSIAN, 2002). Por isto, podemos considerar o processo de modelagem como central na construção do conhecimento científico.

Durante o processo de modelagem, o pesquisador faz escolhas e as justifica; comunica suas escolhas a seus pares; planeja, investiga e coleta dados para avaliar suas proposições; analisa criticamente seu modelo e o de seus pares; modifica modelos segundo algum critério ou pelo compromisso com alguma evidência. Portanto, a modelagem pode ser vista como um processo inerentemente argumentativo (GIERE, 2001; WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008; BOTTCHEER; MEISERT, 2011; PASSMORE; SVOBODA, 2011).

Devido à centralidade da modelagem na Ciência, pesquisadores têm evidenciado a importância da modelagem no ensino de ciências. Assim, o ensino baseado em modelagem pode ser visto como uma forma de aproximar os estudantes às práticas similares às da Ciência, e de promover uma melhor compreensão epistêmica acerca do conhecimento científico (BARAB et al., 2000; GILBERT, 2004; CLEMENT; REA-RAMIREZ, 2008).

Cabe ressaltar alguns pontos de distinção em relação aos modelos, como a diferença entre modelos mentais e modelos expressos. Modelos mentais são gerados por meio de representações e construções pessoais. Eles são acessíveis somente à pessoa que

os construiu, uma vez que estão situados em sua imaginação. As pessoas tendem a interagir com o mundo a partir dos modelos mentais, em consequência de que as habilidades envolvidas na sua construção são inerentes à cognição humana. Assim, esses modelos servem de base para a construção de explicações, particularmente em situações em que respostas não são derivadas de uma informação prévia (VOSNIADOU, 2002). Em contrapartida, modelos expressos são modelos mentais apresentados por algum modo de representação, por exemplo: verbal, diagramas, desenhos, simulações computacionais, gráficos, entre outros. Dessa forma, os modelos expressos tornam os modelos mentais acessíveis a outras pessoas, permitindo sua compreensão e avaliação (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000).

Pensando no ensino de ciências, ainda é importante distinguir alguns tipos de modelo. Modelos científicos são definidos como modelos expressos que ganham aceitação social por meio de teste e aprovação por uma comunidade científica. Devido a sua complexidade, esses modelos passam por simplificações para serem apresentados no contexto escolar. São esses modelos simplificados, denominados modelos curriculares, que são ensinados aos alunos. Podem existir diversos modelos curriculares para um mesmo modelo científico. Também é importante distinguir os modelos curriculares de modelos de ensino. Estas são representações construídas com o intuito de facilitar a compreensão de aspectos do modelo curricular. Os principais modelos de ensino utilizados são: bidimensionais (2D); tridimensionais (3D); computacionais (simulações); e analogias (GILBERT; BOULTER; ELMER, 2000).

Em contraste com o ensino tradicional, marcado pela autoridade do professor e centrado na exposição de conteúdos, o ensino baseado em modelagem está centrado na construção ativa do conhecimento pelo aluno. Em aulas tradicionais, ao apresentar os modelos curriculares de forma expositiva, o professor acaba por favorecer visões distorcidas acerca do conhecimento científico, dando ao aluno a impressão de que esse conhecimento é algo “certo”, pronto e acabado. Em contrapartida, durante o processo de modelagem o aluno pode vivenciar práticas de construção e validação de conhecimento similares as da Ciência, permitindo uma melhor compreensão epistemológica da Ciência (MENDONÇA, 2011).

Em atividades de modelagem, o aluno constrói modelos a fim de suportar explicações frente a questões-problema que lhe são apresentadas. E de forma similar ao que ocorre na Ciência, esses modelos devem ser comunicados, passar por testes e

avaliação dos pares (colegas e professor). Nessa dinâmica, os modelos podem ser invalidados devido à sua insuficiência em explicar o fenômeno estudado, exigindo dos alunos a reelaboração ou a elaboração de novos modelos. Assim, as atividades de modelagem se constituem em um constante ciclo de elaboração, avaliação e modificação de modelos (CLEMENT; REA-RAMIREZ, 2008).

A elaboração de modelos possibilita ao aluno visualizar conceitos abstratos e explorar seu objeto de estudo (CLEMENTE, 2000). A sinergia entre modelagem e o conhecimento conceitual permite que os modelos criados pelos estudantes contribuam com o desenvolvimento e construção de novos conhecimentos. Dessa forma, a modelagem também favorece o aprendizado conceitual à medida que a vivência do processo de modelagem permite ao aluno perceber a complexidade e as limitações envolvidas no desenvolvimento de construção do conhecimento (FERREIRA; JUSTI, 2008).

Dado à forte relação entre modelagem e argumentação, Clement e Rea-Ramirez (2008) evidenciam a importância da produção de mais pesquisas que investiguem as relações entre modelagem e argumentação no ensino de ciências. Em geral, o foco dos estudos tem sido a análise da aprendizagem de conceitos, muitas vezes ressaltando o aspecto colaborativo da evolução conceitual (BARAB et al., 2000; CLEMENT; REA-RAMIREZ, 2008; PASSMORE; STEWART, 2002; RAGHAVAN; GLASER, 1995; TAYLOR; BARKER; JONES, 2003). Os resultados dessas pesquisas apontam a modelagem como uma abordagem de ensino promissora para favorecer o desenvolvimento de conhecimentos científicos pelos alunos. Esses autores enfatizam que por meio dessa abordagem o professor pode ter uma noção das ideias dos alunos e acessar a evolução de seus pensamentos a partir da expressão de modelos mentais. Além disto, também apontam a importância do engajamento dos estudantes para apoiar a evolução do conhecimento, sendo o processo social de comunicação dos modelos construídos pelos alunos uma forma de favorecer tal envolvimento.

Clement e Rea-Ramirez (2008) entendem a modelagem como um ciclo de geração, avaliação e modificação de modelos (ciclo GEM, do inglês *Geration, Evaluation, Modification*). Esses pesquisadores têm estudado o processo por meio da análise dos diálogos entre professores e alunos, com a finalidade de demonstrar ações específicas do professor que suportam a construção de conhecimento. Os autores ainda evidenciam a importância de compreender a argumentação envolvida no processo de

avaliação de modelos, a segunda etapa do ciclo GEM. Essa etapa acontece quando os estudantes podem justificar suas escolhas para confirmar, modificar ou descartar um modelo. Nesse sentido, podemos entender que os autores relacionam a possibilidade de ocorrência da argumentação apenas neste momento e, apesar das considerações, os autores não utilizam instrumentos específicos para analisar a relação entre argumentação e modelagem.

Bottcher e Meisert (2011) utilizam o ciclo GEM e outros dados disponíveis na literatura para analisar a argumentação dos alunos envolvida com a fase de avaliação de modelos. Os pesquisadores justificam o foco nessa fase ao considerar que a argumentação consiste em um “processo crítico de avaliação de modelos com o objetivo de verificar a adequação de um ou mais modelos rivais de acordo com a coerência lógica e os dados empíricos disponíveis” (Ibidem, p. 110). Além disto, apontam que a argumentação auxilia os estudantes a modificarem modelos ingênuos para modelos mais sofisticados e coerentes com os modelos científicos.

Ao analisar atividades fundamentadas em modelagem em contextos reais de sala de aula, Passmore e Svoboda (2011) constataram a existência de situações argumentativas durante vários momentos do processo de modelagem. Para os autores, a argumentação ocorre quando os alunos estão engajados em: (i) interpretar e questionar fenômenos; (ii) buscar evidências e uma metodologia capaz de resolver as questões propostas; (iii) buscar justificativas que demonstrem que um modelo particular é consistente com os dados que se propõe a explicar; e (iv) avaliar modelos, no sentido de discutir qual modelo é mais adequado para explicar os dados disponíveis e seu compromisso com as perspectivas teóricas de um campo.

Mendonça e Justi (2013b) investigaram a argumentação envolvida em atividades de modelagem no ensino de Química construídas a partir do Diagrama Modelo de Modelagem (JUSTI; GILBERT, 2002). Nesta pesquisa, também foi constatada a presença de situações argumentativas em todas as etapas da modelagem. As situações argumentativas são relacionadas pelas autoras à: (i) adequação do modelo mental ao modelo expresso; (ii) adequação do modelo mental a um objetivo previamente definido, ou seja, a justificativa da proposição do modelo; (iii) avaliação do modelo mental frente a novos dados; e (iv) avaliação do modelo mental frente às suas abrangências e limitações.

Em estudos anteriores, Mendonça (2011) evidenciou a importância de utilizar instrumentos específicos para análise da argumentação. Ou seja, realizar uma análise

sistemática da qualidade das justificativas, o uso de evidências pelos alunos ou a persuasão envolvida na argumentação. Esses aspectos são relevantes para a pesquisa da argumentação, como é ressaltado por trabalhos presentes na literatura (DRIVER, NEWTON; OSBORNE, 2000; DUSCHL; OSBORNE, 2002; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008). Ademais, também ressaltam a necessidade da realização de mais investigações, envolvendo o Diagrama Modelo de Modelagem, que abordem tópicos de outras áreas como Física ou Biologia, uma vez que suas pesquisas englobam temas específicos do ensino de Química, como por exemplo, ligações iônicas.

De acordo com o que foi apresentado, entendemos que a modelagem pode contribuir para o ensino de Biologia. O estudo da Biologia trata de questões complexas, que envolvem numerosas variáveis, múltiplas causas e consequências, e propriedades emergentes que perpassam escalas de tempo e espaço inacessíveis a um observador casual (JACOBSON; WILENSKY, 2006). Assim, esses fatores constituem desafios para formulação de explicações. A modelagem pode auxiliar a resolução destas questões, dado que os modelos favorecem a abstração de características e propriedades e simplificam partes relevantes de um sistema a fim de facilitar sua compreensão (GRANDY, 2003; PORTIDES, 2007).

2.1. A modelagem em biologia possui alguma especificidade?

Em seu artigo “*Bridging physics and biology teaching through modeling*”, Hoskinson et al. (2014) discutem aspectos da física e da biologia em relação a como elas se diferem, como se aproximam e como estas disciplinas podem dialogar em um curso superior de ciências biológicas, almejando um currículo mais interdisciplinar e uma formação mais ampla. Os autores pontuam que existem algumas diferenças disciplinares entre a física e biologia, ou seja, existem diferenças no que diz respeito a como essas disciplinas normalmente são organizadas e lecionadas. Porém, os autores defendem que ambas as disciplinas podem ser aproximadas por um denominador comum do fazer científico: a modelagem.

Hoskinson et al. (2014) assumem que existem aspectos comuns na modelagem em biologia e física, como por exemplo: a idealização de um sistema; um objetivo para a modelagem; premissas; representações; limitações; refinamentos; validação; e mensuração. No entanto, os autores também descrevem quatro tipos de

diferenças no processo de modelagem dessas disciplinas, baseando-se na natureza dos sistemas que cada uma estuda. São elas: a natureza dos modelos; a ênfase em diferentes tipos de modelos e objetivos; a maneira as representações comuns podem diferir; e o papel da escala. A seguir, apresentaremos mais detalhadamente cada um desses pontos.

O primeiro ponto distinto é a natureza dos modelos. Na física, os modelos geralmente são construídos para fazer previsões e, conseqüentemente, fazem uso extensivo de representações matemáticas. Já na biologia, pelo menos nos cursos introdutórios, os modelos não têm o objetivo de fazer previsões numéricas exatas. Ao invés disto, tentam explicar as relações entre estrutura e função e guiar o levantamento de hipóteses (HOSKINSON et al., 2014).

O segundo ponto é a ênfase dada a diferentes tipos de modelos e objetivos. Na física os modelos envolvem entidades reduzidas (ex.: elétrons), ou simplificadas, a ponto de sua estrutura ser desconsiderada (ex.: corpo pontual). Por sua vez, a biologia apresenta sistemas complexos, nos quais frequentemente há uma forte relação intrínseca entre forma e função (HOSKINSON et al., 2014).

O terceiro ponto diz respeito a como as representações comuns podem diferir. Na física, o ponto de partida geralmente é um sistema simples e ideal, no qual o objetivo é explicar e fazer previsões. Por exemplo, o estudo da mecânica vai considerar sistemas simples e ideais, nos quais o objetivo é explicar e prever o movimento dos objetos baseado na interação deste com o ambiente. Já na biologia, existem algumas peculiaridades: os modelos variam significativamente de acordo com a escala; o entendimento da estrutura geralmente precede a explicação da função; os modelos na biologia tipicamente utilizam múltiplas representações para um único sistema (HOSKINSON et al., 2014).

O quarto ponto diz respeito ao papel da escala. Na física, nem todas as leis são aplicáveis em todas as escalas (ex.: física clássica *versus* quântica). Porém, isto é pouco enfatizado nos cursos introdutórios. Ao invés disto, a ênfase é dada na aplicabilidade dos modelos em uma grande variedade de escalas como, por exemplo, utilizar as leis de Newton para explicar o movimento de um carrinho de brinquedo e também para explicar o movimento dos planetas ao redor do sol. Essa ampla aplicabilidade das leis da física permite uma abordagem “*bottom-up*”, na qual o sistema de interesse pode ser reduzido a entidades e interações básicas e fundamentais que explicam propriedades do todo. Na biologia, a complexidade hierárquica e a escala são bem relevantes. Moléculas, células, órgãos, organismos, populações e ecossistemas se

comportam de maneira distinta. Desta maneira, modelos distintos são necessários em cada uma dessas escalas. Além disto, os sistemas biológicos possuem propriedades emergentes e podem se comportar de forma muito diferente em diferentes escalas espaço-temporais. Por exemplo, propriedades de um nível organizacional são necessárias, mas são insuficientes para entender propriedades em uma escala maior, como por exemplo os níveis celular e tecidual (HOSKINSON et al., 2014).

É interessante ressaltar que muitas dessas diferenças apontadas por Hoskinson et al, (2014) são particularidades das disciplinas escolares e não propriamente das ciências, ou seja, muitas delas dizem respeito a como os cursos estão organizados como, por exemplo, a questão da escala. Existem leis da física que dependem da escala, mas geralmente não é dada essa ênfase ao ensino de física. Os autores defendem a ideia de que tendo essas diferenças em mente, é possível ter uma maior clareza de como um professor de física de um curso de ciências biológicas pode auxiliar na formação dos graduandos. Dessa forma, sabendo que a maioria dos cursos de biologia dá pouca ênfase em modelos matemáticos preditivos, o professor de física poderia contribuir com a formação dos alunos apresentando este universo.

CAPÍTULO 3 – OBJETIVOS E PROBLEMA DE PESQUISA

Conforme o que foi exposto, neste trabalho nos propomos a verificar de que forma o processo de modelagem contribui para o desenvolvimento da explicação e argumentação em sala de aula. Assim, foi elaborada a seguinte questão de pesquisa: “Como o processo de modelagem contribui para o desenvolvimento da explicação e argumentação em uma aula de ciências?”. Desse modo, para responder à questão foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as etapas do processo de modelagem;
- Identificar e qualificar situações explicativas e situações argumentativas;
- Relacionar o processo de modelagem ao desenvolvimento das situações explicativas e situações argumentativas.

CAPÍTULO 4 – REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

4.1. Marco Teórico

Esta pesquisa tem caráter qualitativo e se enquadra na categoria de estudo de caso, sendo uma perspectiva mais adequada para estudar alguns fenômenos sociais como os processos educativos (LUDKE; ANDRÉ, 1986; YIN, 2003).

Para Bogdan e Biklen (1994) a abordagem qualitativa tem como características: o contato direto do pesquisador com a fonte de dados; a descrição em detrimento da quantificação; o interesse pelo processo e não somente pelos resultados ou produtos; a utilização de indução para analisar os dados e o foco na construção de significados pelos sujeitos.

Uma das premissas da pesquisa qualitativa é a de que os fenômenos sociais são contexto-específicos e por isto, não se comprometem com amostragens amplas e construção de generalizações em nível estatístico. O foco da pesquisa qualitativa está na análise de determinados casos para que possamos explicá-los com a profundidade adequada e suficiente para responder aos objetivos de pesquisa. Isso não qualifica abordagem como menos científica, pois ainda é abarcado: proposições de questões que necessitam ser investigadas mediante protocolos; registro e análise de dados; descrição e justificação dos procedimentos utilizados de modo a dar transparência e fundamentação ao processo de interpretação de dados; e a construção dos resultados obtidos (FLICK, 2013). Com isto, analisamos apenas uma turma de alunos com o intuito de compreender a dinâmica social envolvida naquele caso específico.

4.2. Contexto e sujeitos de pesquisa

Os sujeitos desta pesquisa foram 22 alunos do 8º ano do ensino fundamental de uma escola pública do interior paulista, 6 graduandos oriundos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas (presencial) e Licenciatura em Ciências (modalidade ensino a distância) de uma universidade pública do Estado de São Paulo e uma professora de Ciências da própria escola.

A escola investigada é a única escola pública da cidade que oferece o ensino

fundamental do 6º a 9º ano e o município tem aproximadamente 9 mil habitantes. A infraestrutura da escola conta com laboratório de informática, biblioteca, quadra poliesportiva, sala de professores, sala da diretoria e coordenação, secretaria, cozinha, banheiros, almoxarifado, refeitório, pátio coberto e descoberto, banheiros e 15 salas de aula. Todas as salas de aula são climatizadas (possuem ar condicionado) e não possuem equipamento fixo de audiovisual. No entanto, a escola possui 30 *netbooks* e 1 projetor multimídia móvel que podem ser utilizados em sala de aula mediante reserva. Cada turma de alunos possui uma sala de aula fixa, havendo rotatividade dos professores pelas salas. Dessa forma, as situações analisadas neste trabalho ocorreram dentro da sala de aula.

O corpo discente atendido pela escola é composto por estudantes oriundos de famílias de baixa e média renda da própria cidade. As principais fontes de renda da cidade são as produções de cana-de-açúcar e amendoim, de forma que a maioria dos moradores atua em alguma etapa do processo, incluindo os familiares dos alunos investigados.

Os alunos que participaram de nossa pesquisa foram acompanhados pela mesma docente nas aulas de ciências desde 2013, quando estavam no 6º ano e fizeram parte das turmas atendidas pelo Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) desde 2014, quando estavam no 7º ano. Este programa está presente em vários estados da federação e tem como objetivo valorizar a profissão docente incentivando os estudantes universitários a atuarem na educação básica.

O grupo de bolsistas que atendia a esses alunos integrava um Subprojeto desenvolvido na Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto. O foco do subprojeto é o ensino de ciências na perspectiva da Alfabetização Científica, e o mesmo busca analisar a importância do uso de elementos da cultura científica em sala de aula. Dentre as atividades desenvolvidas, destacamos a elaboração e aplicação de sequências de atividades pautadas no ensino por investigação que auxiliam os alunos a compreenderem não apenas conceitos e termos chave da ciência, mas também a natureza do fazer científico.

O grupo de bolsistas, do qual o pesquisador deste trabalho fazia parte, era responsável por elaborar as atividades das sequências didáticas que seriam aplicadas na escola. Estas atividades passavam pela avaliação do grupo de bolsistas, também da professora supervisora (professora da escola e responsável local), e pelo coordenador do subprojeto (professor universitário). Os dois últimos são pesquisadores da área de Ensino de Ciências com experiência nos pressupostos teóricos do ensino por investigação,

alfabetização científica e argumentação.

Os alunos estavam estudando sequências didáticas de enfoque fisiológico que abordavam todos os sistemas do corpo humano. Já haviam sido aplicadas duas sequências didáticas: uma sobre o sistema digestório e outra sobre o sistema circulatório.

Dessa forma, as situações analisadas neste trabalho foram compostas por aulas ministradas por esse grupo de “pibidianos”, sendo que a aplicação foi supervisionada pela professora-supervisora que acompanhava os alunos desde 2013. Vale ressaltar que o pesquisador, autor desta dissertação, participou da aplicação dessas aulas enquanto era bolsista do PIBID.

As atividades analisadas constituíram duas aulas iniciais (50 minutos cada) de uma sequência didática sobre o sistema respiratório. Essas aulas abordavam especificamente a ventilação pulmonar, sendo que o foco era o processo de modelagem e a argumentação.

Como forma de subsidiar as discussões sobre a ventilação pulmonar, antes de ser iniciada a sequência didática, os alunos tiveram duas aulas (50 minutos cada) expositivas-dialogadas sobre pressão atmosférica, sem qualquer conexão com o conceito de ventilação pulmonar ou assuntos relacionados à respiração. As aulas contaram com demonstrações sobre pressão atmosférica. Assim, foram introduzidos nestas os conceitos de pressão, pressão atmosférica e a relação entre pressão e volume. Houve um espaço de uma semana entre a aplicação destas duas aulas com as aulas cujo foco seria a construção de um modelo para a ventilação pulmonar. A seguir descreveremos as duas aulas sobre pressão atmosférica.

A primeira aula foi composta por uma apresentação inicial do tema, dois exercícios e duas demonstrações. Ela teve início com a apresentação de uma analogia entre a pressão sofrida no fundo de uma piscina e a pressão atmosférica. Assim, foi exposto que da mesma forma que a pressão no fundo da piscina se dá devido ao peso da coluna de água, a pressão atmosférica seria ocasionada por uma coluna de ar, a atmosfera. Além disto, também foi exposto que ambas as colunas, de água e de ar, exercem pressão por todos os lados. A exposição foi realizada de forma dialogada com utilização de desenhos na lousa.

No exercício 1 os alunos representaram, individualmente, a pressão atmosférica atuando sobre um copo virado para baixo. A comanda dada aos alunos foi a

seguinte: “Represente a pressão atmosférica que está atuando no copo. Utilize setas para representar a pressão atmosférica”. Em seguida, um copo foi mostrado para a classe e também foi desenhado na lousa. Durante a exposição anterior, o professor fez o desenho de uma pessoa na lousa e utilizou setas para representar em que locais a pressão atmosférica estava atuando sobre aquele corpo, de forma que toda a extensão do corpo desenhado estava preenchida por setas. Após a realização individual da atividade, os alunos apresentaram suas representações na lousa, discutindo qual representação era mais adequada.

A demonstração 1 tinha como objetivo evidenciar a pressão atmosférica. Para tal foi utilizado um copo de vidro, uma folha de papel e água. A demonstração foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, o professor encheu o copo com água e virou o copo de cabeça para baixo, fazendo a água cair do copo. Então, perguntou aos alunos: “Por que a água caiu?”. Prontamente os alunos relacionaram o fenômeno com a gravidade. Assim, foi realizada a segunda etapa. O seguinte procedimento foi feito: o professor colocou água no copo e em seguida posicionou a folha de papel sobre o copo, de forma a tampar sua boca, e perguntou aos alunos: “Se eu virar este copo, o que vai acontecer?”. Após os alunos formularem suas previsões, o professor virou o copo e a água não caiu (Figura 2). Desta forma, foi iniciada uma discussão sobre “Por que a água não caiu?”.

No momento seguinte foi iniciado o exercício 2. O professor desenhou os componentes da demonstração 1 na lousa: o copo invertido com a água e a folha sulfite. Os alunos foram instigados a representar a pressão atmosférica atuando sobre esse sistema, por meio da seguinte comanda: “Utilize setas para representar a pressão atmosférica atuando no sistema que acabou de ser demonstrado”.

Após a realização da atividade, o professor solicitou aos alunos que elaborassem uma explicação sobre o motivo da água não ter caído e incentivou os alunos a utilizarem o exercício 2 para subsidiar suas explicações. As explicações foram expostas oralmente e discutidas com toda a classe. Ao final da discussão o professor expôs que a atuação da pressão atmosférica impedia que a água caísse do copo.

Figura 2: Demonstração 1

Fonte: Acervo do autor.

Por fim, foi realizada a demonstração 2. O professor apresentou uma garrafa pet cheia de água com um furo na tampa e perguntou: “O que acontecerá se eu virar essa garrafa de ponta cabeça?”. Novamente os alunos fizeram suas previsões e as compartilharam com a classe. Depois, o professor virou a garrafa e a água não caiu pelo buraco. A partir disto, foi iniciada pelo professor uma exposição dialogada, de forma a evidenciar que a demonstração 1 e 2 são similares. Em ambos os casos a água não caiu devido à pressão atmosférica.

A segunda aula foi composta por duas demonstrações (demonstração 3 e 4) e um exercício (exercício 3). Para demonstração 3 o professor utilizou seringas. Ele apresentou o material nomeando suas partes, como o corpo e o êmbolo, e deixou que os alunos manipulassem o material por dois minutos. Havia seis seringas para toda a classe. A manipulação das seringas durante toda a demonstração ocorreu da seguinte forma: o professor indicou o que era para ser feito mostrando a ação com sua seringa, e em seguida uma seringa era entregue a cada fileira. Dessa forma, cada aluno individualmente executava a comanda e passava a seringa para o aluno de trás, até todos realizarem a tarefa para, então, discutir o que haviam feito. A seguir apresentaremos as comandas:

Comanda 1: Puxe o êmbolo até o final e solte. O que aconteceu?

Comanda 2: Tampe a saída de ar da seringa com o dedão, puxe o êmbolo até

o final e solte. O que aconteceu? Por que isso aconteceu?

Comanda 3: Puxe o êmbolo até o final com a saída de ar aberta. Tampe a saída de ar. Empurre o êmbolo até a posição inicial ou o mais próximo que conseguir e o solte. O que aconteceu? Por que isso aconteceu?

Os alunos verificaram que ao realizar a comanda 1 nada acontecia, o êmbolo permanecia no mesmo local. Porém, ao realizar a comanda 2 e 3 o êmbolo voltava a posição inicial. Dessa forma, as comandas 2 e 3 deram início a discussões por parte dos alunos para explicarem o fenômeno. Com a discussão ainda em pauta, foi realizado o exercício 3.

Foram feitos três conjuntos de desenhos esquemáticos na lousa. Cada conjunto era referente ao “antes e depois” de cada comanda. Ou seja, cada conjunto de esquemas tinha 2 desenhos: um antes de mover o êmbolo e um imediatamente após soltar o êmbolo.

Os alunos copiaram esses esquemas no caderno e receberam a seguinte comanda: “Utilize setas para representar a pressão atmosférica atuando sobre a seringa nas seguintes situações: A1 e A2 (comanda 1); B1 e B2 (comanda 2); C1 e C2 (comanda 3).”

O exercício foi corrigido e a discussão sobre o que havia ocorrido com as seringas foi retomado. Os alunos foram estimulados a utilizarem as informações adquiridas na resolução do exercício 1 para sustentar e justificar suas explicações. A maior parte dos alunos relacionou o movimento do êmbolo à pressão atmosférica. A associação desejada era que o movimento do êmbolo foi causado por uma diferença de pressões. Assim, após a discussão com os alunos, o professor fez uma exposição dialogada e utilizou uma analogia de “cabo de guerra” com o auxílio de outra professora. Os professores tocaram as palmas de suas mãos e simularam cada situação (comanda) do exercício 3 como se o professor fosse a pressão externa e a professora a pressão interna.

Os alunos já tinham conhecimento dos estados da matéria (sólido, líquido, gasoso) e sabiam que um gás era constituído por moléculas que se movimentavam aleatoriamente e ocasionalmente se chocavam contra a parede do recipiente onde estava contido. Desta forma, o professor definiu (em lousa) a pressão como:

$$\text{Pressão} = \frac{\text{número de colisões}}{\text{tempo}} = \text{frequência de colisões}$$

O professor fez uma exposição dialogada a fim de apresentar a relação da alteração de volume e da quantidade de moléculas com a pressão no sistema.

Ao final da aula outra demonstração foi realizada. A demonstração 4 consistiu em um aparato feito com garrafa pet, bexiga e sacola. Normalmente esse objeto é montado de forma a simular a anatomia do pulmão (Figura 3) e é apresentado como uma maquete de pulmão. A fim de evitar influências na construção de modelos explicativos na terceira e quarta aula, não foi explicitado para os alunos que se tratava de uma maquete do pulmão. Além disto, foram utilizadas maquetes que se assemelhavam menos com a anatomia do corpo humano. Não foram utilizados canudos para simular a traqueia e apenas uma bexiga foi presa diretamente no bocal da garrafa. O fundo da garrafa apenas foi cortado e, ao invés de utilizar uma bexiga no fundo, que simula um diafragma, foi utilizada uma sacola plástica de mercado, a fim de deixar mais evidente o aumento de volume.

Figura 3: Demonstração 4

Fonte: Acervo do autor.

A demonstração 4 consistiu em puxar a sacola. Ao fazer isto, o volume do recipiente ficou maior e a pressão interna do recipiente ficou menor. Isto gerou uma diferença de pressões que resultou no aumento de volume da bexiga. O contrário aconteceu quando a sacola foi empurrada para dentro da garrafa pet. O volume ficou menor e a pressão aumentou, acarretando na diminuição de volume da bexiga.

O professor realizou a demonstração de forma dialogada, sempre requisitando aos alunos que levantassem hipóteses antes dele efetuar as ações de puxar ou empurrar a bexiga. Além disto, solicitou aos alunos que justificassem suas hipóteses. A discussão com a classe e a sistematização da demonstração 4 encerraram a segunda aula.

A terceira e quarta aula tinham como foco a construção de um modelo para a ventilação pulmonar. Em um momento inicial da terceira aula, os alunos foram estimulados a perceber a movimentação da caixa torácica durante o ato de inspirar e expirar, e também quais eram vias de entrada do ar e outras contrações que poderiam perceber. Então, foram separados em 4 grupos¹ e receberam a seguinte comanda (escrita na lousa): “Elaborem uma explicação sobre o mecanismo pelo qual o ar entra e sai do pulmão”. Foi dado o tempo de uma aula (50min) para que os alunos discutissem em seu grupo e chegassem a uma explicação (modelo²).

Após formularem uma explicação durante uma aula (50min) sobre o “mecanismo de como o ar entra e sai do pulmão”, cada grupo apresentou sua explicação consensual para a sala, se posicionando a frente da lousa (aparato que podia ser utilizado na explicação). Foi permitido que os alunos lessem anotações a fim de facilitar sua apresentação. No capítulo 6 descreveremos os pontos principais dos modelos apresentados em cada uma dessas apresentações de grupo e o desenvolvimento da argumentação dos sujeitos de pesquisa, a fim de evidenciar a progressão dos modelos e das práticas discursivas no decorrer da aula analisada.

4.3. Coleta e análise de dados

A aplicação da sequência de atividades foi filmada e as falas foram transcritas.

---

¹ A sala foi separada em 4 grupos, sendo que cada grupo continha em média 5 alunos - a formação de cada um dos grupos foi determinada pela professora-supervisora.

² Não foi realizada nenhuma apresentação prévia sobre o que são modelos ou modelagem para os alunos e, por isso, a própria palavra “modelo” não apareceu nas falas dos sujeitos durante a situação investigada.

Uma única câmera foi utilizada, havendo um operador em alguns momentos da filmagem. A câmera estava fixada em um tripé no canto da sala, de forma a conseguir filmar tanto a classe como a área frontal (lousa). As transcrições representaram a única fonte de dados do trabalho e, portanto, foi analisada apenas a produção oral dos sujeitos da pesquisa.

A gravação e consequente análise da primeira aula, na qual os alunos negociavam a construção dos modelos, foi comprometida devido a problemas técnicos. Por causa dos ruídos do ambiente interno e externo da sala de aula, não foi possível compreender e analisar a discussão que se passava dentro dos grupos. Por esse motivo, o foco de análise deste trabalho foi a segunda aula - o momento de apresentação dos grupos.

As gravações foram transcritas segundo as normas de Preti (1993) (Quadro 1). Com o intuito de preservar a identidade dos sujeitos da pesquisa, optamos por indicá-los da seguinte maneira: foram utilizadas as siglas ‘P1’ e ‘P2’ para os professores; ‘A1, A2, An’ para os alunos; e a sigla ‘Ax’ foi utilizada em momentos onde não foi possível identificar o aluno responsável pelo turno de fala. Como a dinâmica de aula previa atividades em grupos, também identificamos os alunos por grupos. Dessa forma, A31 significa que é o aluno 1 do grupo 3, ao passo que A21 indica que este é o aluno 1 do grupo 2.

Quadro 1: Normas para transcrição

Símbolos	Ocorrências
#	Interpretação da pesquisadora (quando aparecer esse símbolo na fala do participante, deve-se consultar a coluna “interpretação da pesquisadora”, à direita)
()	Incompreensão de palavras ou segmentos
(hipótese)	Hipótese do que se ouviu
/	Truncamento
::podendo aumentar para ::: ou mais	Prolongamento de vogal e consoante
_ _ _	Silabação
?	Interrogação
...	Qualquer pausa
(( ))	Intervalos descritivos do transcritor
-- --	Comentários que quebram a sequência temática da exposição
{ligando linhas	Superposição, simultaneidade de falas (a fala que se sobrepõem corresponde ao turno seguinte)
(...)	Indicação de que a fala foi interrompida em determinado momento
“ ”	Citações literais de leituras de textos

Fonte: Baseado em Preti (1993).

O primeiro passo na análise das transcrições foi o mapeamento de episódios. Segundo Carvalho (2004), um episódio de ensino é um momento extraído de uma aula que evidencia a situação que se deseja investigar. O episódio forma parte do ensino e constitui um recorte da aula, uma sequência selecionada, em que se observam determinadas situações chave. Após o mapeamento de episódios foram realizadas a categorização das etapas do processo de modelagem além da categorização e classificação e das práticas discursivas, a fim de identificar e qualificar as situações argumentativas e/ou explicativas. A seguir apresentaremos as ferramentas de análise utilizadas nesta pesquisa.

4.3.1. Análise do processo de modelagem

A análise do processo de modelagem foi baseada no Diagrama Modelo de Modelagem proposto por Justi e Gilbert (2002). Para proposição do diagrama, os autores consideraram relatos de cientistas sobre como estes constroem modelos, entre outras propostas da literatura para estruturação de atividades de modelagem. Além disso, salientaram a possibilidade de utilização do diagrama como estruturador de atividades para o ensino de ciências baseado em modelagem. A seguir, descreveremos as principais etapas e subetapas do Diagrama Modelo de Modelagem (Figura 4).

De acordo com o diagrama, o processo de modelagem compreende quatro etapas. A primeira corresponde à elaboração de um modelo mental. Essa etapa abrange quatro subetapas: definir os objetivos; ter experiência com o alvo; seleção da origem do modelo; produzir modelo mental.

Inicialmente, é necessário definir os objetivos para os quais o modelo será construído. Para a elaboração de modelos, é necessário que o sujeito tenha conhecimentos de modelos prévios que sirvam de base para a proposição de um novo modelo, ou que os conhecimentos sejam adquiridos a partir de observações e busca na literatura. No diagrama, isso se refere a ter experiências com o alvo.

Figura 4: Diagrama Modelo de Modelagem

Fonte: Justi e Gilbert (2002).

Simultaneamente à organização dessas experiências ocorre, na mente do indivíduo, a seleção de aspectos da realidade que podem ser usados para descrever o alvo (origem). Esses aspectos podem ser situações com as quais parece possível estabelecer uma analogia, ou recursos matemáticos adequados para a situação em questão (seleção da origem do modelo). A partir do processo dinâmico de ocorrência dessas subetapas (ter experiências com o alvo e seleção da origem do modelo), somado à criatividade e ao raciocínio crítico do indivíduo, um modelo mental inicial é construído (produção de um modelo mental).

A segunda etapa compreende a expressão do modelo em algum dos modos de representação (material, visual, verbal, gestual ou matemático), ou em uma combinação deles. Nesse momento, deve haver uma adequação entre o modelo que a pessoa elaborou em sua mente e o modelo expresso. Na busca dessa adequação, pode ocorrer um ciclo de

alterações em ambos (modelo mental e modelo expresso) até o ponto em que um modelo esteja satisfatoriamente de acordo com o outro.

Os modelos devem ser socializados para a turma. A relevância disso está relacionada ao próprio fazer científico, contexto no qual os modelos são apresentados à comunidade científica para julgamento. Além disto, também está associado ao fato de o modelo de determinado grupo poder influenciar outro grupo a modificar, ou mesmo abandonar, seu modelo inicial a partir da percepção de incoerências do mesmo após as explicações dos colegas.

A etapa 3 corresponde aos testes do modelo, que são realizados visando identificar sua adequação em relação aos objetivos para os quais foi proposto. Os testes podem ocorrer de duas formas: a partir de experimentos empíricos (seguidos ou antecedidos por experimentos mentais) ou apenas a partir da condução de experimentos mentais.

Se o modelo responder positivamente ao teste, mostrando-se suficiente para explicar os novos dados, se deve seguir para a próxima fase. Caso contrário, o modelo deverá ser modificado ou até mesmo rejeitado, se iniciando o processo novamente. O conhecimento envolvido na rejeição de um modelo pode ser utilizado pelo estudante na produção de um novo modelo.

A etapa 4 compreende a avaliação do modelo. Se na fase de teste o modelo proposto for bem-sucedido, pode-se dizer que o objetivo inicial foi atingido. Nesse caso, é necessário somente discutir as abrangências e as limitações do modelo. Cabe ressaltar que o processo de modelagem não é rígido nem linear, essa característica pode ser evidenciada pelas setas de duplo sentido presentes no diagrama (Figura 4).

4.3.2. Categorização e classificação da prática discursiva

A classificação e categorização das práticas discursivas³ seguiram os passos metodológicos de Freire (2014). Sua análise foi feita em duas etapas. Na primeira etapa, as práticas discursivas dos sujeitos foram categorizadas. Freire (2014) apresentou 4

---

³ As práticas sociais que envolvem a utilização da linguagem e seus repertórios ideológicos/culturais adequados a um contexto particular de situação comunicativa serão chamadas aqui de práticas discursivas.

categorias que foram baseadas em outros trabalhos da literatura (SILVA, 2008; TOULMIN, 2006; OSBORNE; PATTERSON, 2011; MCNEIL; KRAJCIK, 2008; BERLAND; REISER 2009; LAWSON, 2004; ZOHAR; NEMET, 2002; ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004).

Quadro 2: Categorias de práticas discursivas propostos por Freire (2014)

Categoria	Descrição
Descrição	Abordar "um sistema, objeto ou fenômeno, em termos de características de seus constituintes ou dos deslocamentos espaço temporais desses constituintes" (categoria adotada de Silva, 2008, p. 80).
Conclusão	Fazer asserções delimitadas por dados ou premissas (mesmo essas premissas ficando implícitas); mais do que descrever, é expressar julgamentos/posicionamentos sobre as características de um fenômeno, por exemplo: "como elas se relacionam ao fenômeno?", ou "se são realmente aceitáveis/válidas para abordá-lo". Essa categoria amplia a ideia de conclusão do <i>layout</i> de Toulmin (2006), resumindo apropriações desse <i>layout</i> feitas por autores como Osborne e Patterson (2011), McNeill e Krajcik (2008), Berland e Reiser (2009).
Dedução	Uma forma de concluir usando raciocínio lógico para inferir a relação entre os constituintes de um fenômeno e a ocorrência deste, por exemplo, relações de causa e efeito do tipo "se <i>p</i> ocorre... então <i>q</i> ocorrerá" (padrão proposto por Lawson, 2004, e apresentado como uma das principais práticas envolvidas na construção e defesa de explicações científicas).
Justificação	Explicitar as razões (premissas ou dados) que fundamentam ou apoiam uma conclusão. Diferente do <i>layout</i> de Toulmin (2006), que distingue dados de justificativa, neste trabalho o uso de pelo menos um desses elementos já foi classificado como ato ou prática de justificar, conforme proposto por Zohar e Nemet (2002), Erduran, Simon e Osborne (2004). Os autores discutem os problemas e a necessidade de diferenciar dados de justificativas, ou justificativas de conhecimentos básicos (<i>backings</i>), agregando esses elementos em uma única categoria.

Fonte: Freire (2014, p. 38).

Freire (2014) apontou que essas categorias apresentaram uma diversidade e/ou

ambiguidade de funções epistêmicas para análise. Um mesmo elemento, como a conclusão, por exemplo, pode ter diferentes interpretações por pesquisadores e tem sido utilizado para identificar diferentes práticas e seus papéis no discurso escolar. Dessa forma, para diferenciar explicações de argumentações ainda foi realizado uma segunda etapa.

A segunda etapa foi a classificação de situações explicativas e argumentativas. Explicação e argumentação são ações discursivas mais amplas que as anteriormente descritas. Por isto, foram referidas como situações explicativas/argumentativas. Por exemplo, uma explicação pode envolver tanto a descrição de causas, quanto a dedução de efeitos dessas causas na manifestação de um determinado fenômeno. Assim, as situações explicativas/argumentativas são resultantes da articulação de diversas práticas discursivas, como as descritas anteriormente (FREIRE, 2014).

Freire (2014) se baseou em um aspecto defendido por Osborne e Patterson (2011) para distinguir explicação e argumentação. Para esses autores, o aspecto mais importante para caracterizar essas práticas foi o objetivo epistêmico de cada uma delas. Dessa forma, o principal marcador de situações explicativas foi o compromisso central dos interlocutores com o esclarecimento ou compreensão de um fenômeno, com a ampliação de uma explicação por meios de outras explicações ou premissas teóricas. Enquanto que situações argumentativas são categorizadas pelo engajamento do sujeito na avaliação dessas explicações à luz de outros dados na defesa de um posicionamento sobre aceitá-las ou recusá-las.

Assim, a categorização das práticas discursivas dos sujeitos, somada à análise dos objetivos epistêmicos dessas práticas permite a classificação das situações explicativas/argumentativas em diferentes níveis de complexidade, como apresentado a seguir:

Quadro 3: Classificação de situações explicativas e argumentativas

Classificação	Descrição
Explicação nível 1 (E1)	Enunciado composto apenas por descrições que visam esclarecer um fenômeno.
Explicação nível 2 (E2)	Enunciado composto por no mínimo uma conclusão (pode ser uma dedução, por exemplo) que visa esclarecer um fenômeno.

Explicação nível 3 (E3)	Enunciado composto por no mínimo uma conclusão e sua respectiva justificação que permitem ampliar a compreensão de um fenômeno.
Argumentação nível 1 (A1)	Enunciado composto por no mínimo uma conclusão e sua respectiva justificação que permitem avaliar a validade de uma explicação.
Argumentação nível 2 (A2)	Enunciado composto por no mínimo uma conclusão e sua respectiva justificação que permitem ampliar a compreensão de um fenômeno e ao mesmo tempo avaliar a validade da explicação proposta.

Fonte: Freire (2014, p. 40).

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentaremos os resultados de nossa pesquisa. Inicialmente serão apresentados os resultados referentes aos dois primeiros objetivos específicos do presente trabalho: identificar etapas do processo de modelagem; e identificar e qualificar situações argumentativas e explicativas. Em um segundo momento, será apresentada uma síntese dos resultados para uma discussão mais panorâmica visando contemplar o último objetivo específico: relacionar o processo de modelagem às situações explicativas/argumentativas.

Para realizar a análise, selecionamos 6 episódios na situação investigada (Quadro 4). Os episódios consistem em recortes representativos da dinâmica da sequência didática e foram escolhidos de forma a evidenciar o processo de modelagem e a progressão da complexidade das situações explicativas/argumentativas.

Quadro 4: Episódios analisados

Episódio	Descrição
1	Apresentação do Grupo 1
2	Apresentação do Grupo 2
3	Apresentação do Grupo 3
4	Apresentação do Grupo 4
5	Exposição dialogada
6	Discussão coletiva

De cada episódio, selecionamos recortes representativos - conjuntos de turnos de fala - da dinâmica do processo de modelagem. Analisamos e categorizamos estes recortes de acordo com as etapas do processo de modelagem (JUSTI; GILBERT, 2002).

Destes recortes, categorizamos os turnos de fala de acordo com as práticas discursivas propostas por Freire (2014). Um turno pode apresentar mais de uma prática discursiva. Por este motivo, quando isto ocorreu, indicamos por meio de legendas quais trechos do turno se referem a quais práticas. Utilizamos o **negrito** para indicar as conclusões e o sublinhado para indicar as justificações. Outras legendas não foram necessárias por que não ocorreu outro tipo de sobreposição de categorias em um mesmo turno.

Como ressaltado no capítulo anterior, a argumentação e a explicação são práticas mais complexas, por isso denominamos a unidade de análise como situações

argumentativas e situações explicativas. Elas serão classificadas pela sobreposição do propósito epistêmico e das práticas discursivas.

5.1. Episódio 1 – Apresentação do grupo 1

Como descrevemos na seção de contextualização, cada grupo de alunos havia elaborado uma explicação sobre o mecanismo de como o ar entra e sai do pulmão e este foi o momento de apresentação. Então, este episódio consistiu na apresentação do grupo 1 (G1). O G1 era composto por 6 alunos: A11, A12, A13, A14, A15, A16. Todos os alunos se posicionaram na frente da lousa e o modelo do grupo 1 (MG1) foi apresentado por A11.

Quadro 5: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 1 do episódio 1.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
1	A11	Gente... quando a gente respira/ quer dizer... inspira... nosso pulmão comprime... [inaudível] e faz assim ((aproxima as palmas das mãos e para o movimento mantendo um distanciamento e deixando as mãos paralelas)) ... Ai quando a gente respira... ela solta e fica do tamanho normal	DESCRIÇÃO
3	A11	Quando a gente res/ respira... ai é a mesma coisa que o professor tinha explicado da garrafa... quando ela.... puxa o saco.. fica menor... significa que a gente respira... quando ele:: ((risadas)) puxava o saco pra baixo... a gente soltava a respiração... tendeu?	DESCRIÇÃO

Como vimos, os alunos apresentaram o modelo para o restante da classe e, por isso, consideramos que estavam na etapa de **expressão do modelo mental**. Apesar da comanda requisitar uma explicação sobre a ventilação pulmonar, ou seja, o mecanismo pelo qual o ar entra e sai do pulmão, os alunos não ultrapassaram a mera descrição. Eles apenas descreveram a variação do tamanho pulmonar durante a inspiração/expiração e, por isso, classificamos esta situação como uma **situação explicativa de nível 1**.

Este foi o primeiro grupo a se apresentar, de forma que a dinâmica das apresentações ainda não estava clara para os alunos. Assim, P1 continuou o diálogo realizando um questionamento para a classe:

Quadro 6: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 2 do episódio 1.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
14	P1	Oh:: agora eu vou fazer uma pergunta pra vocês... eu vou fazer pra todos os grupos.. o que/ o que eles explicaram né...	

		eles explicam o mecanismo de como o ar entra e sai do pulmão?	
15	A31	Não... não ((balança a cabeça negativamente olhando para P1))... <u>ele explica o que o pulmão faz... não como ele entra e sai</u>	CONCLUSÃO + JUSTIFICAÇÃO
16	A21	Mais ou menos	CONCLUSÃO
17	A31	Não ((balança a cabeça negativamente olhando para P1))... <u>ele explica o que o pulmão faz... não como ele entra e sai</u>	CONCLUSÃO + JUSTIFICAÇÃO
18	P1	Oh:: legal... você falou mais ou menos... por que que você acha mais ou menos?	
19	A21	Eu esqueci	
20	P1	Tá::... vocês concordam com a explicação que eles deram?	
21	Ax	Mais ou menos	CONCLUSÃO
22	A21	Não	CONCLUSÃO
23	P1	Por que não?	
24	A21	Porque eu acho... quando a gente inspira... não comprime que nem ela falou... acho que... que expande ((afasta as palmas das mãos))... fica... fica do tamanho normal... fica um tamanho assim ((repete o movimento))... igual a bexiga quando::: quando cê soltou o ar...	JUSTIFICAÇÃO
25	A31	Eu também acho que não	CONCLUSÃO
26	A21	Ai o pulmão ficou::... ((distanciou novamente as palmas das mãos))	JUSTIFICAÇÃO
27	P1	Ó:: vocês falam diretamente com eles... vocês tão discordando deles	
28	A31	A11... eu também acho que não... acho que o pulmão fica do mesmo jeito... só que ele fica mais fechadinho ((aproxima as palmas das mãos))... quase a mesma coisa só que mais fechadinho.. e quando solta ele fica só mais aberto	CONCLUSÃO + JUSTIFICAÇÃO
29	A11	É:: não mudou nada... o meu comprimia...	CONCLUSÃO + JUSTIFICAÇÃO
30	A31	Não... você falou que fica menor	CONCLUSÃO + JUSTIFICAÇÃO
31	A11	ENTÃO ele fica menor porque no momento que você inspira ele ((abre as mãos e as aproxima))	CONCLUSÃO + JUSTIFICAÇÃO

Neste diálogo, pudemos observar P1 estimulando o restante da classe a questionar o MG1. P1 fez isso retomando o objetivo inicial da atividade: a produção de uma explicação sobre o mecanismo de como o ar entra e sai do pulmão (ventilação pulmonar). Por este motivo, consideramos que esta foi uma **etapa de teste do modelo**.

Os alunos externos ao G1 reconheceram a insuficiência do modelo apresentado (conclusão), uma vez que MG1 apenas descreveu o que ocorreu com o pulmão (comprimiu e expandiu) e não explicitou a relação disso com a ventilação pulmonar (justificação). Além disso, ainda discordaram de aspectos do MG1. Isso pôde

ser observado na fala de A21, na qual o aluno discordou que o pulmão diminuiu de volume durante a inspiração (turno 24). Por apresentar uma conclusão com sua respectiva justificação que permitiu a avaliação do modelo, classificamos este trecho como uma **situação argumentativa de nível 1**.

É importante ressaltar que os alunos estavam discutindo sobre volume ao falar de compressão e expansão. No entanto, a palavra “volume” não apareceu em nenhuma das falas, uma vez que este conceito não havia sido estudado por eles até então. Pudemos notar nestas falas a necessidade dos alunos em complementar a comunicação verbal com gestos.

5.2. Episódio 2 – Apresentação do grupo 2

Novamente estivemos diante de uma etapa de **expressão do modelo mental** que se repetiu no início das apresentações dos demais grupos (grupo 3 e 4). O grupo 2 (G2) era composto por 6 integrantes: A21, A22, A23, A24, A25, A26. Os alunos se posicionaram na frente da lousa e A21 começou a expor o modelo do grupo 2 (MG2).

Quadro 7: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 1 do episódio 2.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
38	A21	A gente colocou... quando a gente inspira a gente pressiona o ar pra dentro... do pulmão... e ele enche de ar... quando a gente expira... a gente libera o ar... pra fora do pulmão	DESCRIÇÃO
40	A22	Pera aí..... ((anda até a localização central no grupo)) Oh::... quando a gente insp/ inspira né? ((pergunta para A23)) Ah:: quando a gente INSPIRA... vem pra dentro ((faz gesto indicando a entrada de ar)) eu acho que passa por... por... aqui ((aponta para desenho na lousa – não visível -)) aí ocorre um processo no pulmão::... aí ocorre um processo no pulmão que vai... passa pro corpo... num sei o que acontece.. aqui... aí...	DESCRIÇÃO
41	A24	A pressão... ((fala olhando para a A22 e deslizando o dedo sobre o desenho na lousa)) a pressão que [inaudível] ((distancia as palmas das mãos verticalmente e em seguida as aproxima, executa o movimento enquanto olha para A21))	DESCRIÇÃO
42	A22	ah:: num sei:: eu acho que tá... ocorrendo algum processo no pulmão que tem a vê com o corpo ((A24 torna a fazer o gesto olhando para a A22))	DESCRIÇÃO
43	P2	A24... o que você acha A24?	
44	A11	Ele tá falando que ele acha que é a pressão... que ele acha que é a pressão	DESCRIÇÃO

45	A23	Ele acha que a pressão do cora/ que é/ ahn... a pressão do coração tem alguma coisa a vê com a respiração no pulmão ... isso? ((diz “isso?” olhando para o A24 e A24 nega balançando a cabeça))	

MG2 apresentou informações em caráter de conclusão (alegação que se quer defender), mas que não estavam mais em discussão, pois eram informações fornecidas anteriormente em aula: de que na inspiração o ar entra no pulmão e na expiração o ar sai do pulmão. Então, os sujeitos continuaram apenas descrevendo. Apesar de mencionarem o conceito de pressão, nenhuma relação foi construída entre este conceito e a saída ou entrada de ar no pulmão. Por isto, classificamos este trecho como uma **situação explicativa de nível 1**.

Quadro 8: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 2 do episódio 2.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
52	P1	Oh:: eu vou fazer a mesma pergunta que eu fiz em relação ao primeiro grupo... eles explicaram o mecanismo?	
53	A31	Não::	CONCLUSÃO
54	Ax	Não	CONCLUSÃO
55	Ax	Não	CONCLUSÃO
56	P1	Ou... ou eles explicaram o trajeto?	
57	P2	O que que acontece::	CONCLUSÃO
58	Ax	Explicaram o trajeto	CONCLUSÃO

Pudemos notar no trecho anterior que P1 questionou o restante da classe sobre o MG2 explicar o mecanismo ou não. Por ser uma análise do modelo de acordo com os objetivos iniciais, consideramos este momento como uma **etapa de teste do modelo**. Os alunos concluíram que MG2 não explicou o mecanismo e, também, que foi apenas uma descrição do ocorrido e/ou do trajeto. Em seguida, ainda na etapa de teste, A21 tentou complementar a ideia apresentada adicionando mais elementos:

Quadro 9: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 3 do episódio 2

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
62	A21	Mas tem que vencer a pressão do ar né? ((fala olhando para P1)) consegue vencer a pressão do ar... Eles se... eles se colidem né? Eu acho que a gente consegue vencer a pressão do ar e sugar o ar pra dentro	CONCLUSÃO
63	P1	Oh:: vocês ouviram o que ele falou?	
64	Ax	Não	

65	P1	Oh:: fala pra eles	
66	Axs	Fala mais alto	
67	A21	Eu acho que a gente consegue vencer a pressão do ar... e::: puxar esse ar pra dentro do nosso pulmão	CONCLUSÃO

Como pudemos notar, o A21 estabeleceu uma relação entre pressão e movimento do ar, mas não desenvolveu essa ideia. Apenas pontuou que a pressão do ar devia ser vencida, sem explicitar como isso poderia ocorrer. Por isso, classificamos este trecho como uma **situação explicativa de nível 2**. E esse foi um dos motivos pelo qual os alunos consideraram o modelo como incompleto (insuficiente):

Quadro 10: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 4 do episódio 2.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
70	P1	vô fazer outra pergunta.. eu esqueci de fazer em relação ao primeiro grupo... é::: tem alguns aspectos que fala em relação ao mecanismo... oh:: ele já tá falando de pressão né... ele acha que tem algo a ver com pressão.. mas é uma explicação completa?	
71	A11	Não	CONCLUSÃO
72	A31	Ah:: mais ou menos... não é muito... mas dá pra [inaudível]	CONCLUSÃO
73	P1	Oh:: por que não é completa e por que é mais ou menos completa?	
74	A11	Ah... por que eles não explicaram que... o que essa pressão faz... só falaram que tem uma pressão	JUSTIFICAÇÃO
75	A31	Eu acho que é mais ou menos por que ele cita a pressão e TENTA.. não fala de maneira clara... mas [inaudível] ... fala como que acontece essa pressão... a pressão atmosférica e a pressão que tem dentro da gente	JUSTIFICAÇÃO

Os sujeitos analisaram se a explicação apresentada estava completa. Entendemos que esta foi uma análise das abrangências e limitações do modelo e, por isso, consideramos este momento como uma **etapa de avaliação do modelo**. Além disto, os sujeitos concluíram que a explicação era insuficiente, justificando a necessidade de ampliá-la. Por se tratar apenas do julgamento de uma explicação, sem a intenção de ampliá-la, classificamos este trecho como uma **situação argumentativa de nível 1**.

5.3. Episódio 3 – Apresentação do grupo 3

O grupo 3 (G3) era composto por 5 integrantes: A31, A32, A33, A34, A35. Os alunos se posicionaram na frente da lousa e A31 começou a expor o modelo do grupo 3 (MG3). Consideramos este momento com uma **etapa de expressão do modelo**.

Quadro 11: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 1 do episódio 3.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
91	A31	((A31 está usando o desenho – não visível - da lousa para explicar)) Eu acho que... AQUI... na narina a gente tem alguma coisa que liga no pulmão e do pulmão liga no coração... e que tem uma ligação no coração... e:: quando o pulmão... a gente respira... inspira... vai num sei... e no expira ((risadas)) ele relaxa e quando ele:::... ((muitas risadas dos alunos))	DESCRIÇÃO
92	P2	Vai A31	
93	A31	E quando ele...	DESCRIÇÃO
94	A21	ELE RELAXA	DESCRIÇÃO
95	A31	Ele RELAXA... e quando ele CONTRAI... ele faz uma pressão... que leva esse ar pro nosso coração e faz com que a gente solta ele de novo... então essa/ a pressão que ele faz aqui dentro... ((aproxima as mãos abertas até um eixo central imaginário e no final do movimento as fecha)) que é o pulmão... é:: CONTRAI...ele leva pro/ pra nossa respiração... quando... a gente respira... e quando a gente respira... ele pega também... ele leva pro coração... a gente expira também... é igual o coração... que é tudo ao mesmo tempo que aqui ele bate... uma vai só pra cima e outro vai só pra baixo((movimento com as mãos - uma mão indo pra cima.. outra mão indo pra baixo))	DESCRIÇÃO

Pudemos notar a predominância de descrições de um possível caminho que o ar faz dentro do corpo. Por isso consideramos este trecho inicial do episódio 3 como uma **situação explicativa de nível 1**. Nos turnos seguintes, P1 passou a questionar os alunos sobre a validade de MG3, ou seja, se ele atendeu ao objetivo inicial: explicar um mecanismo. Por isto, consideramos o momento a seguir como uma **etapa de teste do modelo**.

Quadro 12: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 2 do episódio 3.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
106	P1	Oh::: a comanda ali... eu vou fazer uma pergunta e vocês avaliam... é::: o que eu pedi pra todos os grupos era explicar como que o ar entra e como que o ar sai do pulmão... eles explicaram o mecanismo?	
107	A21	Mais ou menos	CONCLUSÃO
108	Ax	Mais ou menos	CONCLUSÃO
109	A23	É::: <u>eles explicaram mais o::: o::: caminho</u>	CONCLUSÃO + JUSTIFICAÇÃO
110	Ax	Eles explicaram...	
111	P1	Mas tem aspectos da explicação deles que tá falando de alguma coisa do mecanismo?	
112	A21	Sim... sim...	CONCLUSÃO
113	P1	Quais aspectos são esses?	

114	A21	Ela falou que quando o pulmão... ele contrai... ele puxa o ar pra dentro	DESCRIÇÃO
115	A31	Não.. quando ele relaxa ele puxa o ar... quando ele contrai ele solta pelo/... ele libera pelo nariz e pro resto do corpo	DESCRIÇÃO

Os alunos concordaram parcialmente que MG3 explicou aspectos do mecanismo. Além de o MG3 explicitar o caminho do ar, ele também apresentou elementos novos, como a contração e o relaxamento do pulmão. Mesmo essa associação não ocorrendo de forma clara e explícita, alguns alunos levaram isso em conta. Classificamos este trecho como uma **situação argumentativa de nível 1**, pois os sujeitos estavam apenas julgando a explicação apresentada pelo grupo 3.

A seguir A22 consultou os professores e pediu uma informação. Consideramos que este foi um momento de *ter experiência com o alvo*. Requisitar informações para o professor em sala de aula teve um valor semelhante a uma consulta de livros e pesquisas na internet. Dessa forma, classificamos este momento como uma **etapa de elaboração**, uma vez que *ter experiência com o alvo a ser modelado* é uma subetapa desta.

Quadro 13: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 3 do episódio 3.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
118	A22	... é que a gente tem dois sacos... o pulmão.. os dois têm uma utilidade ou têm utilidade diferente?	
119	P1	Tá... é:: os dois pulmões vão agir igualmente tá?	
120	A31	Igual do coração... vai bater do mesmo jeito	
121	A22	Eu pensei.. eu pensei que um fazia uma coisa aí passava pro outro:: aí [inaudível]	
122	P1	Tá... isso daí tem uma informação nova... legal a pergunta.. teve até outras salas que pensava que enquanto um enchia o outro murchava	
123	A11	Não... os dois fazem tudo junto é::	
124	A31	E também pode um lado soltar::	CONCLUSÃO
125	A11	Não... mas os dois trabalham juntos	CONCLUSÃO
126	A31	ENTÃO... ((começa a desenhar na lousa))mas tipo.. tem... vamos supor que aqui tem uma veia aqui... eu não sei fazer... então... e uma aqui... e uma aqui.. que vai pro nariz a outra que leva pro coração.. e vai pro resto do corpo... A enfim.. eu não sei como que é... mas eu acho que é isso... Uma vai pro nariz... que vai pro coração.. que leva pro resto do corpo	DESCRIÇÃO

Note que a fala de P1 respondeu à pergunta de A22, mas deixou brechas para a discussão entre A11 e A31. A pergunta de A22 era se os dois pulmões tinham funções

semelhantes e P1 respondeu que sim, que “os dois pulmões vão agir igualmente”. A31 e A11 passaram a discutir se esse funcionamento era síncrono ou não. Apesar de ser uma situação de caráter argumentativo, houve escassez de justificativas. A11 ficou presa a um raciocínio tautológico, enquanto A31 tentou justificar seu ponto com uma descrição. Por este motivo não classificamos esta situação.

Em seguida, P1 analisou a explicação de A31 e perguntou aos alunos se A31 estava adicionando elementos desnecessários à sua explicação. Por se tratar de uma análise do escopo do modelo, consideramos que foi dado o início a uma **etapa de avaliação**.

Quadro 14: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 4 do episódio 3.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
127	P1	Oh:: isso que a A31 tá falando... Tá... tá falando o que eu pedi ou tá colocando coisas a mais?	
129	Axs	Tá colocando coisa a mais	CONCLUSÃO
130	P1	Tá... isso daí é outra coisa que eu avalio... tipo... é:: porque as vezes.. começa a discussão.. e aí a classe começa a discordar de coisas que não é o foco da discussão... aí vocês vão começar a discordar... eu acho que não vai ar pro coração... eu acho que o coração não é assim... e vai.. e vai.. e aí vai discutir outra coisa que não é algo que eu não tava querendo focar... mas oh:: focando nesse aspecto.. o ar entrando e o ar saindo do pulmão... você tinha falado oh:: em partes em alguns aspectos eles falam de mecanismo né... Que fala que quando o pulmão relaxa o ar entra... quando o pulmão contrai o ar sai... vou fazer outra pergunta... é uma explicação completa?	
131	A24	Mais ou menos	CONCLUSÃO
132	Ax	Não	CONCLUSÃO
133	A11	Não.. não é uma explicação completa	CONCLUSÃO
134	P1	Oh:: mais ou menos... por que.. não por quê?	
135	A11	Ah:: Porque a gente tem que explicar.. o que o:::/ pra que o pulmão serve... e o que nossa respiração faz.. todo mundo só explicou o que ocorre no pulmão	JUSTIFICAÇÃO

Os alunos concluíram que a explicação era limitada e justificaram levando em conta a continuidade da apresentação de explicações que envolviam descrições: “todo mundo só explicou o que ocorre no pulmão”. Assim, por ser um julgamento da suficiência da explicação apresentada, classificamos este trecho como uma **situação argumentativa de nível 1**.

Em seguida, vimos uma tentativa de P1 explicitar critérios para a análise dos alunos. Ainda estavam em uma **etapa de avaliação**, pois o contexto ainda era de

discussão sobre o escopo da explicação.

Quadro 15: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 5 do episódio 3.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
143	P1	É:: não... é só em relação ao que eu pedi... vô... vô fazer algumas perguntas pra ajudar... eles tão falando que quando o pulmão relaxa.. o ar entra... E quando contrai o ar sai... por que quando relaxa o ar entra e quando ele contrai o ar sai? Eles explicam isso?	
144	A24	Não	CONCLUSÃO
145	A11	Não.. acho que tem alguma coisa a vê com a pressão ((A22 levanta a mão no momento dessa fala))... quando...	CONCLUSÃO
146	A24	É:: pressão do (ar) num faz entra? ((movimento com a mão mergulhando de cima para baixo))	CONCLUSÃO
147	A11	A gente inspira...	
148	A22	Quando:: sei lá... aí:: ((agita as mãos e logo após afasta as palmas das mãos)) ... vai:: aí quando faz assim...((aproxima as palmas das mãos até se tocarem)) ... aí sai (movimento ascendente com a mão direita)	DESCRIÇÃO
149	A24	E a pressão não solta? Não é a pressão que solta o ar?	CONCLUSÃO
150	A21	[...] Ele enche... ele enche... tentando liberar esse ar... alguma coisa desse tipo	DESCRIÇÃO

Notamos que os alunos já reconheciam a insuficiência da explicação e tentaram complementá-la adicionando elementos como a pressão e sua atuação na entrada e saída do ar. Portanto, classificamos o trecho como uma **situação explicativa nível 2**.

5.4. Episódio 4 – Apresentação do grupo 4

O grupo 4 (G4) era composto por 5 integrantes: A41, A42, A43, A44, A45. Os alunos se posicionaram na frente da lousa e A41 começou a expor o modelo do grupo 4 (MG4). Consideramos este momento como uma **etapa de expressão do modelo**.

Quadro 16: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 1 do episódio 4.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
157	A41	[...] oh.. eu vi umas coisas aí que num falou e eu na minha parte acho... igual umas coisa que o professor falou na outra aula.. sobre aquelas:: as moléculas... eu acho que quando a gente respira... tipo que...	
158	P1	Oh:: respirar é os dois	
159	A41	É:: inspi... INSPIRAR... INSPIRAÇÃO... quando a gente inspira... o ar vai entrar.. e aí vai fazer igual tava aquela seringa... aí o ar vai entrar e vai ficar tipo aquelas bolinhas tudo assim... ((desenha na lousa – não visível)) as moléculas.. e elas vão ficar tudo separado... eu acho... enquanto a gente respira/ INSPIRA...	DESCRIÇÃO
160	Ae	Na forma de ar?	

161	A41	É:: aí... quando a gente vai tá pronto pra soltar ((fechou o punho e ficou tremendo))... eles ficam tudo junto:: ((juntou as mãos))... aí vem a pressão de soltá.. acho que é isso	DESCRIÇÃO
162	A11	É a mesma coisa de quando o ar entra	DESCRIÇÃO
163	A21	A gente pressiona... a gente pressiona e ele vai pra cima.. ela volta às vezes	DESCRIÇÃO

Houve uma predominância de descrições, como por exemplo, ao falar que quando inspiramos o ar entra. O grupo 4 trouxe elementos novos para discussão, como as moléculas. No entanto, eles não estabeleceram relações de causa. Por este motivo, classificamos este trecho como uma **situação explicativa de nível 1**.

Ocorreu uma situação interessante acontecendo no turno 164. Até então, o professor havia estimulado os alunos a questionarem os modelos dos outros grupos nas apresentações anteriores. Agora vimos o protagonismo de um dos alunos reconhecendo a insuficiência do modelo e questionando seus colegas. Por esse motivo, consideramos que esta é uma **etapa de avaliação**. A41 tentou justificar, mas fugiu do escopo da discussão de um mecanismo e apresentou uma justificativa teleológica (turno 165).

Quadro 17: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 2 do episódio 4.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
164	A31	TÁ:: mas como que o ar entra? Por que o ar entra? Por que o ar sai?	
165	A41	Porque::... ah:: por que o pulmão precisa de ar ((risadas)) ... Ah:: por que gente? Que ele enche? Isso daí oh::...	
170	P1	Oh:: pela pergunta de vocês... eu tô deduzindo que vocês acham que não tá explicando o mecanismo... não é uma explicação/ não é uma explicação completa.. mas explica um mecanismo?	
171	A31	Ah:: explica o que tá acontecendo com o ar dentro do pulmão	
172	P1	Vocês acham que a explicação deles é complementar a alguma outra que foi apresentada?	
173	Axs	Sim	CONCLUSÃO
174	P1	Em qual?	
175	A31	TODAS	CONCLUSÃO
176	P1	Vocês conseguem::....	
177	A11	É com a pressão ... a ideia é complementar?	
178	P1	É	

Os alunos não desenvolveram a ideia ao apresentar o modelo (MG4), ou seja, não explicitaram a relação entre uma suposta pressão e a ventilação pulmonar. No entanto, MG4 trouxe um componente novo que não havia sido considerado nos modelos anteriores: o que estava acontecendo a nível molecular durante a ventilação pulmonar. Como vimos, P1 tentou destacar esta contribuição e assim que a mesma foi confirmada,

os alunos tentaram adicionar os novos componentes às suas explicações, iniciando uma **etapa de expressão do modelo**.

Quadro 18: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 3 episódio 4.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
179	A11	TÁ... a mesma coisa que tava falando.. assim... que na hora que a gente inspira.. eu acho que fica essas células/moléculas ficam tudo no pulmão.. aí fica uma pressão maior...	CONCLUSÃO
180	A11	Aí quando solta... ((reagiu corporalmente quando foi interrompida))	
181	A41	É por isso que o pulmão não consegue segurar e solta	CONCLUSÃO
186	A24	Não é a pressão que tá ajudando o ar a entrar dentro do pulmão?	CONCLUSÃO
187	P1	O que você acha?	
188	A41	Sim ((A24 e A11 balançam a cabeça positivamente))	CONCLUSÃO
189	P1	Por quê?	
190	A41	É igual o que aconteceu com a bexiga... com a seringa... a mesma coisa	JUSTIFICAÇÃO
191	P1	Mas que pressão que você tá falando?	
192	A41	É a pressão da gente segurar a seringa assim oh:: ((aperta a ponta do indicador com o dedão de outra mão))	
193	A11	[...] ENTÃO... quando a gente inspira... a pressão fica maior.. por que eu acho que... eu acho que o pulmão.. ele faz assim ((aproxima as mãos com as palmas abertas até tocá-las))	CONCLUSÃO + JUSTIFICAÇÃO
196	A24	É igual a bexiga professor... [inaudível]	JUSTIFICAÇÃO
197	A11	Ai quando a gente EXPIRA... expira... a pressão fica menor	CONCLUSÃO

Os alunos continuaram concluindo que existia uma relação com a pressão, mas agora justificaram que quando inspiramos, as moléculas de ar enchem (e “pressionam”) o pulmão, deixando a pressão maior, até o pulmão não conseguir mais segurar e soltar o ar (igual ao que ocorre com a bexiga e a seringa), reduzindo a pressão na expiração. Depois, a fim de contribuir com a explicação, A11 se deslocou para a frente da sala, onde o G4 se encontrava.

Quadro 19: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 4 episódio 4.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
207	A11	((desenha sobre o desenho já esquematizado na lousa - não visível)) É assim... quando a gente inspira ( )	JUSTIFICAÇÃO
212	A11	É::: quando entra.. tanto faz o lugar que entra... quando a gente inspira.. esse ar/ a pressão aqui dentro é maior.. porque o pulmão meio que...	JUSTIFICAÇÃO
217	A11	ELE RELAXA... ele relaxa.. ai quando... ai a pressão fica maior... ai quando ele::: como é mesmo que fala?	JUSTIFICAÇÃO
218	Axs	CONTRAI	JUSTIFICAÇÃO
219	A11	CONTRAI... a pressão... a pressão fica menor... tendeu?	JUSTIFICAÇÃO
220	A21	Você tá falando... que o ar... o ar... ele fica maior... depois ele fica pressionado no pulmão	JUSTIFICAÇÃO

221	A11	ISSO:: ((aponta para o interlocutor))	JUSTIFICAÇÃO
222	A41	Aí por isso solta o ar	JUSTIFICAÇÃO
223	A11	Isso aê ((sorriso confirmatório e apontando para o interlocutor))	JUSTIFICAÇÃO
224	A41	É isso mesmo... é sério ((A11 e A41 batem as mãos))	
225	A11	Entenderam gente?	
226	Axs	Sim::	
227	A11	Ai isso daqui são tipo o ar que entra	JUSTIFICAÇÃO
228	Ax	As moléculas	JUSTIFICAÇÃO
229	A11	Isso ae	JUSTIFICAÇÃO
234	A31	Tá... é por isso que ele entra e é por isso que ele sai?	
235	A11	Eu num sei::	
236	A21	Por que o ar... o ar fica pressionado	JUSTIFICAÇÃO
237	A11	Issae... tendeu?	JUSTIFICAÇÃO

Consideramos que o trecho acima correspondeu a um exercício de justificação das conclusões e relações apresentadas anteriormente. Por se tratar de conclusões acompanhadas de justificações que permitiram ampliar a compreensão do fenômeno, classificamos os dois últimos trechos apresentados como uma única **situação explicativa de nível 3**.

Em seguida, P1 questionou os alunos sobre a suficiência da explicação apresentada. Por isso, consideramos que foi iniciada a uma **etapa de avaliação**.

Quadro 20: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 5 episódio 4.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
238	P1	Oh:: é uma explicação completa?	
239	A41	Sim sim sim sim sim sim	
240	Ax	Acho que é	CONCLUSÃO
241	A21	Acho que é	CONCLUSÃO
242	P1	Vô colocar algumas perguntas...	
244	P1	Calma... oh:: repete pra ver se eu entendi o que você falou... Você falou que entra...	
245	A11	Isso	
246	P1	Pela narina e a boca... tanto faz...	
247	A11	Isso	
248	P1	Ai entra aqui..... como que o ar entrou aqui?	
249	A11	Ele entra por oxigênio ó:: ((risca a lousa como se algo tivesse entrando pela narina)) por oxigênio Ó ((A11 e A31 dão risada)) ... Oxigênio não ((risada da A11))	DESCRIÇÃO
250	P1	Oh:: entra porque tem uma via de condução	
251	A11	É:: uma via de condução	DESCRIÇÃO
252	P1	Mas oh:: ok... e ai fica aqui... que que acontece depois?	
253	A11	Depois quando entra... a pressão fica maior porque a gente tá inspirando.. quando a gente expira.. a pressão fica menor porque libera o ar	CONCLUSÃO

254	P1	Oh:: pergunta.. ela tá falando que a pressão fica maior... por que a pressão fica maior?	
255	A21	Porque tá com mais ar dentro dele	JUSTIFICAÇÃO
256	A31	Eu acho que é o contrário	CONCLUSÃO

O restante da classe prontamente considerou a explicação como completa. P1 pediu para A11 explicitar novamente sua explicação. No turno 252 pudemos notar que A11 associa pressão com quantidade de ar. Assim, a pressão aumenta na inspiração porque o pulmão fica cheio de ar, e a pressão diminui na expiração por que o pulmão libera o ar. Classificamos este trecho como uma **situação explicativa de nível 3**. Imediatamente esta explicação foi contestada por A31. A seguir apresentaremos a continuação desta discordância.

Quadro 21: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 6 episódio 4.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
260	A31	Eu acho que a inspiração.. o ar vai tá com a pressão menor porque...	CONCLUSÃO
264	A31	[...] eu acho que vai tá com a pressão menor porque vai tá com as moléculas mais separadas... e quando expira vai fazer uma força de contração e vai ficar com um espaço menor daquelas moléculas ali e com a força ela vai maior e ter a pressão maior e vai liberar	JUSTIFICAÇÃO

Para apresentar o recorte acima, desconsideramos alguns turnos de fala que consistiam em interrupções da fala de A31. Note que A31 considerou que, na inspiração, as moléculas de ar estavam mais separadas – com mais espaço – dentro do pulmão, então a pressão era menor, enquanto que na expiração, como havia diminuição do pulmão, a pressão aumentava e por isso o ar saía. Assim, além de concluir sobre a inadequação da explicação anterior, A31 também postulou um novo mecanismo causal ao se justificar. Por este motivo, classificamos este trecho como uma **situação argumentativa de nível 2**.

5.5. Episódio 5 – Exposição dialogada

Após a apresentação dos 4 grupos foi apresentado um vídeo de raio-x da região torácica, no qual era possível observar o movimento dos órgãos durante a respiração. Por ser um momento de apresentação de novas informações aos alunos, consideramos todo este momento como uma subetapa do processo de modelagem de *ter experiência com o alvo* e, por consequência, uma **etapa de elaboração**.

Quadro 22: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 1 episódio 5.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
301	P1	Isso oh::: o branquinho é o pulmão tá? e tem uma coisa aqui embaixo... ((P1 aponta com o mouse para o diafragma, o vídeo está pausado)) fica vendo o que que essa coisa preta aqui embaixo faz	
302	A31	Ai credo	
303	Ax	Aaaiii:::::	
304	A31	É:: a pressão ((aponta para o vídeo))	DESCRIÇÃO
305	A43	É a pressão	DESCRIÇÃO
306	A24	É A PRESSÃO... que ela puxa pra cima ((movimento ascendente com a mão direita))	DESCRIÇÃO

Os alunos estavam apenas descrevendo que a estrutura preta (diafragma), que ainda não sabiam o nome, fazia uma pressão. Por isto, classificamos este trecho como uma **situação explicativa nível 1**.

Quadro 23: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 2 episódio 5.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
321	P1	Então fica vendo.. quando a caixa torácica faz isso ((gesticula movimento de expansão da caixa torácica)) ta INSPIRANDO.. vamo ver de novo... Oh::: ta enchendo.. ta inspirando... ((P1 aponta para o vídeo)) ta murchando... ta expirando... Oh::: inspirando... expirando... ((sincroniza a fala e gesticulações com o movimento de ventilação do vídeo))	
322	Ax	É o que o de baixo?	
323	Ax	É que nem se fosse da bexiga	DESCRIÇÃO
324	A25	É igual a bexiga ((grupo de alunos conversando entre eles.. enquanto P1 discute com outros alunos))	DESCRIÇÃO
325	A25	Ô professor ((levanta a mão))	
326	P1	Oh::: o coração só tá aparecendo aqui ((aponta para o vídeo)) porque é o lugar que ele fica... ele fica aqui dentro do peito ((aponta para o próprio corpo))	
327	A21	Mas você viu como o coração tava? Ele tava assim ((gesticula aproximação e afastamento das mãos no sentido vertical))	
328	A11	Não é o coração	
329	A25	O que você mostrou da garrafa e da bexiga lá é a mesma coisa que isso... é igual a coisa da garrafa	DESCRIÇÃO
330	P1	Vocês já conseguiram identificar quando tá inspirando e expirando?	
331	Axs	Já... sim	
332	P1	Agora.. fica reparando quando tá inspirando.. o que essa coisa preta faz.. e quando tá expirando o que essa coisa preta faz...	
333	A31	O que é essa coisa preta?	
334	A11	Ah::: é tipo a pressão	DESCRIÇÃO

Quando os alunos compararam o diafragma com a bexiga, estavam se

referindo à demonstração da aula sobre pressão atmosférica. Novamente os alunos estavam apenas fazendo descrições sobre como comparar o diafragma à demonstração da bexiga ou falar que ele faz uma pressão. Por isso, classificamos este trecho como uma **situação explicativa de nível 1**.

Na continuação P1 revelou que a estrutura negra que apareceu no vídeo era o diafragma. No trecho a seguir, ele expôs que o diafragma era um músculo e discutiu sua propriedade de contração e retração.

Quadro 24: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 3 episódio 5.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
349	P1	O diafragma é um músculo.. ele tava se movimentando ali?	
350	Axs	TAVA	
351	P1	Sabendo que era um músculo.. como que era esse movimento do diafragma?	
352	A31	Vai pra cima e vai pra baixo... vai pra cima e vai pra baixo... ((movimenta a mão para cima e pra baixo))	DESCRIÇÃO
353	A24	Inspira e expira... professor	DESCRIÇÃO
354	A11	É... inspira e expira...	DESCRIÇÃO
355	P2	NÃO... ele tá falando DO MÚSCULO	
356	A31	Então bombeou	DESCRIÇÃO
357	P1	O diafragma é um músculo... sendo ele um músculo...	
358	P2	Que que músculo faz? Que a gente aprendeu...	
359	A23	Ele [inaudível] ((aproxima as mão abertas))	
360	A11	Ele faz FORÇA... ele faz PRESSÃO professora	DESCRIÇÃO
361	A21	O músculo tá fazendo força pra cima	
362	P1	Oh:: eu vou falar as palavras e vocês vão falar ah::: EU SABIA... o músculo contrai e relaxa... contrai.. e relaxa....	
363	A31	Contraí e relaxa	

Ao serem informados de que o diafragma era um músculo, os alunos foram requisitados a explicitar características de seu movimento. Novamente, os alunos apenas descreveram: “vai pra cima e vai pra baixo”; “inspira e expira”; “faz força, faz pressão”. Assim, classificamos este trecho como uma **situação explicativa de nível 1**.

5.6. Episódio 6 – Discussão coletiva

Com o término da apresentação das informações do vídeo de raio-x, os alunos voltaram a discutir a explicação novamente. Com isto, consideramos que se iniciou uma nova **etapa de expressão do modelo**, na qual os alunos retomam a discussão que estavam desenvolvendo no término da apresentação do grupo 4.

Quadro 25: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 1 episódio 6.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
388	A31	JÁ SEI... a pressão assim que vai por baixo ((movimento ascendente com uma mão)) e sobe e fica tudo todo comprimido ((delimita um espaço com as mãos e começa a contrair os dedos))...	DESCRIÇÃO
389	A41	ELE DÁ MAIS PRESSÃO... É POR ISSO [inaudível]	
390	A31	Ai::: eu tô falando e me interrompe	
391	A11	FOI A A41	
392	A31	É A A41	
393	P2	Shhhh... uma de cada vez	
394	A31	Ai... E aí ele fica pequenininho... ele comprime ((junta as palmas das mãos)) e as moléculas ficam juntinhas ((abre as mãos e faz um movimento de cruzamento))... aí depois ele sobe e sai [inaudível]	DESCRIÇÃO
395	A11	As moléculas continuam juntas... elas não vão juntas elas vão ficar tudo espalhada assim...	DESCRIÇÃO

No trecho acima, os alunos descreveram que o diafragma contraía enquanto subia, deixando as moléculas de ar mais juntas e, depois, elas saíam. Por se tratar de simples descrições, classificamos este trecho como uma **situação explicativa de nível 1**.

No trecho seguinte, A11 retomou a fala e tentou torná-la mais clara adicionando novos elementos adquiridos ao longo da exposição dialogada. Os demais alunos auxiliaram no desenvolvimento deste raciocínio.

Quadro 26: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 2 episódio 6.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
411	A11	Quando a gente vai inspirá... a pressão vai puxar o pulmão/ esse::: o diafragma vai puxar o::: esse saco pra baixo... ai vai ficar cheio de ar.. e quando a gente respira e a pressão aumenta e libera o ar	CONCLUSÃO + JUSTIFICAÇÃO
425	A11	AH.. eu já entendi	
426	Ax	Ah eu também	
427	P1	Mas eu não sei o que vocês entenderam	
428	A31	Eu entendi que o diafragma... ele faz pressão que empurra a bolsa...	
429	A11	Puxa primeiro... puxa a bolsa	
430	A31	Ah... enfim... empurra... puxa... sei lá	
431	P1	Oh::: puxa e empurra é diferente	
432	A31	Ah::: ele pega e faz assim::: ((gesto – aproxima as palmas da mão))... ele junta os dois... mas não juntá... juntá... juntinho... mas ele dá uma apertada depois ele solta... eu acho que ele faz uma pressão que solta o ar... depois enche.. e solta... e enche ((muitos gestos))	JUSTIFICAÇÃO
436	A22	Eu acho que o diafragma empurra pra cima o pulmão e faz/ e o ar... sobe... ((faz gestos simbolizando ar saindo do corpo – engue e abre os braços gradualmente))	JUSTIFICAÇÃO
437	Ax	Ele que mexe o pulmão... tipo	

438	A11	É gente... gente... o saco... saco... que tá aí com o diafragma	
439	A21	É bolsa	
440	A11	BOLSA	
441	P2	Tá... a gente entendeu	
442	A11	Esse diafragma aí quando a gente inspira ele puxa tudo isso pra baixo ... igual o saco... o diafragma ele puxa ((faz movimento de tração para baixo)) e a gente inspira... tendeu? ((simula uma inspiração)) aí quando a gente expira... o diafragma sobe pra cima ((gesticula elevando a palma da mão)) uma pressão maior e libera o ar pro resto do corpo	JUSTIFICAÇÃO

Os alunos consideraram o diafragma como o principal responsável pela ventilação pulmonar. Dessa forma, quando ele vai para baixo e puxa (o pulmão), o ar entra no pulmão. Quando ele sobe, aumenta a pressão e isso ocasiona a liberação de ar. Por apresentar uma conclusão com sua justificação e ampliar a compreensão sobre o fenômeno, consideramos este trecho como uma **situação explicativa de nível 3**.

P1 começou um novo ciclo de perguntas para verificar a validade e suficiência da explicação apresentada. Consideramos que nesse momento foi iniciada uma **etapa de avaliação** do modelo.

Quadro 27: Os turnos e as práticas discursivas identificadas no recorte 3 episódio 6.

Turno	Sujeito	Fala	Prática discursiva
444	P1	Oh::: vou fazer perguntas em relação aquilo... rapidinho... já passo para você ((se dirigindo a A41 que estava com o braço levantado a muito tempo pedindo a palavra))... o que a A11 falou é uma explicação de mecanismo?	
445	Ax	Sim	
446	P1	É uma explicação completa?	
447	Ax	Não	
448	A31	Não... porque o ar chega lá... ((gesticula com a mão – simula trajeto))	
449	P1	Oh:::	
450	A31	Ah::: fala como o ar sai sim	
451	P1	Ela falou como entra... não falou como sai	
452	A11	Entra quando a gente respira	
453	A31	AHHHH... SÉRIO?	
454	A11	O ar ENTRA GENTE	
455	P1	Por que que o ar entra? Eu concordo que [inaudível]	
456	A11	Eu não sei explicar essa parte	
457	A41	Por que o nariz respira o ar ((risadas de vários alunos))	
458	P2	Eu acho que ela falou ((comentou com P1))	
459	A31	Não Falou P2	
460	P1	Não falou	
461	A21	Por que o ar entra?	
462	P1	Vocês tão falando de pressão... pressão... que que tem a vê a pressão aqui?	

463	A11	A pressão ajuda o ar... a pressão tem tudo a vê com isso... porque [inaudível] ((muitos alunos falando ao mesmo tempo))	CONCLUSÃO
464	P1	Não tô ouvindo nenhuma das três... fala... fala...	
465	A11	O diafragma que faz a pressão da inspiração e expiração... porque ele que faz aqueles negócio ali... ((eleva as mãos))	CONCLUSÃO
466	P1	E como que ele fez isso?	
467	A11	Ele CONTRAI o músculo e relaxa	JUSTIFICAÇÃO
468	P1	O que que contrair e relaxar tem a vê com pressão?	
469	A11	Porque a pressão É:::	
470	A31	<u>Eu acho que tudo isso aí... faz isso aí... ocorre isso aí... por causa de uma pressão... porque o diafragma não passa de um músculo.. e todo músculo contrai e relaxa... e quando ele contrai e faz uma pressão pra cima e junta os dois e vai pra cima e o ar sai... só que eu não sei como que o ar entra</u>	<u>CONCLUSÃO + JUSTIFICAÇÃO</u>

P1 afirmou que a explicação não explicava como o ar saía, apenas explicava como o ar entrava no pulmão (turno 451). Ao pedir maiores esclarecimentos sobre o papel da pressão e sua relação com o diafragma, os alunos responderam, explicitando que a contração e o relaxamento do diafragma eram os responsáveis pela entrada e saída de ar do pulmão. Classificamos esse trecho como uma **situação explicativa de nível 3**.

5.7. Síntese dos resultados e discussão

Os resultados das análises foram sintetizados na Figura 5 e no Quadro 28, apresentados a seguir. A Figura 5 evidencia a ocorrência do nível de complexidade das situações explicativas/argumentativas verificadas durante as etapas do processo de modelagem.

Como podemos observar na Figura 5, as situações explicativas estiveram presentes em todas as etapas do processo de modelagem. As situações explicativas de nível 1 ocorreram em dois tipos de situações: nos momentos iniciais de expressão do modelo, como por exemplo, o início das apresentações de cada um dos 4 grupos e durante momentos nos quais os alunos estavam tendo experiências com o alvo, ou seja, quando estavam adquirindo novas informações.

O baixo nível das situações explicativas nas etapas iniciais de expressão do modelo esteve ligado ao fato de que os alunos apresentaram apenas descrições, sejam elas processuais ou estruturais, ao invés de tecer relações causais sobre o mecanismo de entrada e saída de ar no pulmão.

Figura 5: Frequência absoluta de situações explicativas e argumentativas em cada etapa do processo de modelagem.

Fonte: Elaboração nossa.

O Quadro 28 evidencia a dinâmica do processo de modelagem e o ciclo das etapas desse processo. Verificamos que todas as etapas do processo de modelagem propostas pelo Diagrama Modelo de Modelagem estiveram representadas na situação analisada. Houve uma progressão do processo de modelagem, no sentido dos episódios tardios apresentarem mais etapas do que os iniciais. Os episódios de 1 a 4 tiveram a mesma intenção pedagógica - a de analisar e criticar as explicações elaboradas pelos alunos. No entanto, verificamos um aumento do número de etapas por episódio. O primeiro episódio contém apenas duas etapas, o segundo episódio contém três etapas e o terceiro e o quarto contêm 4 etapas cada.

Ambas as situações explicativas e argumentativas estiveram representadas em todos os seus níveis de complexidade. Além disto, verificamos que houve uma progressão da complexidade dessas situações ao longo da sequência didática. Isso pôde ser evidenciado pela identificação de situações com maior nível de complexidade nos episódios finais como, por exemplo, as situações explicativas de nível 3 nos episódios 5 e 6, ou o episódio argumentativo de nível 2 no episódio 5.

Quadro 28: Relação entre as categorias do Diagrama Modelo de Modelagem (JUSTI; GILBERT, 2002) e as situações explicativas e/ou argumentativas (FREIRE, 2014) identificadas por episódio analisado. Sendo: Explicação nível 1 (E1); Explicação nível 2 (E2); Explicação nível 3 (N3); Argumentação nível 1 (A1); Argumentação nível 2 (A2).

EPISÓDIO	ETAPA	SITUAÇÃO
1 - APRESENTAÇÃO DO G1	EXPRESSÃO	E1
	TESTE	A1
2 - APRESENTAÇÃO DO G2	EXPRESSÃO	E1
	TESTE	E2
	AVALIAÇÃO	A1
3 - APRESENTAÇÃO DO G3	EXPRESSÃO	E1
	TESTE	A1
	ELABORAÇÃO	-
	AVALIAÇÃO	A1
		E2
4 - APRESENTAÇÃO DO G4	EXPRESSÃO	E1
	AVALIAÇÃO	-
	EXPRESSÃO	E3
	AVALIAÇÃO	E3
		A2
5 - EXPOSIÇÃO DIALOGADA	ELABORAÇÃO	E1
		E1
		E1
6 - DISCUSSÃO FINAL	EXPRESSÃO	E1
		E3
	AVALIAÇÃO	E3

Fonte: Elaboração nossa.

Pode-se questionar a progressão da complexidade devido a concentração de situações explicativas nível 1 no episódio 5. No entanto, verificamos que o baixo nível de complexidade esteve associado à situação de apresentação de novas informações. Nesse episódio os alunos tiveram contato com informações desconhecidas sobre a anatomia e fisiologia do sistema respiratório. Então, o baixo nível de complexidade se deveu a um momento no qual os alunos buscaram dar sentido às informações apresentadas. Note que assim que este momento (episódio 5) terminou, o nível de complexidade voltou a crescer (episódio 6).

Nem todas as etapas do processo de modelagem estiveram relacionadas a situações explicativas/argumentativas, como ocorreu na etapa de elaboração do episódio 3 e na primeira etapa de avaliação do episódio 4. Por outro lado, também não existiu uma paridade entre essas categorias, ou seja, algumas etapas do processo de modelagem estiveram relacionadas com mais de uma situação explicativa/argumentativa, como foi o caso: da etapa de avaliação do episódio 3; da etapa de avaliação do episódio 4; etapa de elaboração do episódio 5; e da etapa de expressão do episódio 6.

No presente estudo, as situações argumentativas ocorreram estritamente durante etapas de teste e avaliação. Este resultado se aproximou do que Clement e Rea-Ramirez (2008) apontam. Estes autores consideram que a argumentação pode ocorrer durante a fase de Avaliação (*Evaluation*) do ciclo GEM. O ciclo GEM não possui todas as etapas descritas pelo Diagrama Modelo de Modelagem, assim, entendemos que a fase de teste e avaliação do Diagrama Modelo de Modelagem é correspondente a esta fase do ciclo GEM, na qual os estudantes puderam justificar suas escolhas para confirmar, modificar ou descartar um modelo. No entanto, verificamos em nossa análise que a argumentação poderia ter ocorrido em outras etapas além destas. Na etapa de Elaboração do episódio 3, os alunos iniciaram uma discussão sobre a sincronização da ação dos dois pulmões. Os alunos apresentaram um raciocínio tautológico e descrições ao invés de justificativas e, devido à falta de justificativas a situação não foi considerada argumentativa, apesar de estar claro o compromisso epistêmico daquele recorte. Julgamos que isso ocorreu porque os estudantes não possuíam informações necessárias para superar esse tipo de discussão e que o professor não mediou de forma a exigir justificativas dos alunos. Por essa razão, acreditamos que é possível a ocorrência de argumentação em outras etapas do processo de modelagem além da etapa de teste e avaliação.

Nossos resultados revelam que o processo de modelagem contribui com as práticas argumentativas e explicativas a medida que permite o aumento gradual de complexidade dessas práticas. O aumento da complexidade das situações explicativas esteve associado a julgamentos sobre a validade ou suficiência das explicações. O julgamento de validade ocorreu durante a etapa de teste, ou seja, se o modelo atendeu aos objetivos iniciais propostos. O julgamento de suficiência ocorreu durante a etapa de avaliação. Este julgamento visava avaliar se o modelo/explicação era suficiente ou não (“completo” ou “incompleto”).

Como os alunos começaram apresentando apenas descrições (situação explicativa de nível 1), o primeiro julgamento feito foi sobre a sua validade (etapa de teste), ou seja, se apenas descreviam o trajeto que o ar faz (explicação inválida), ou se a explicação se tratava de aspectos do mecanismo de como o ar entrava e saía do pulmão (explicação válida). Podemos ver um exemplo disso nos turnos a seguir:

1	A11	Gente... quando a gente respira/ quer dizer... inspira... nosso pulmão comprime... [inaudível] e faz assim ((aproxima as palmas das mãos e para o movimento mantendo um distanciamento e deixando as mãos paralelas)) ... Ai quando a gente respira... ela solta e fica do tamanho normal
3	A11	Quando a gente res/ respira... ai é a mesma coisa que o professor tinha explicado da garrafa... quando ela.... puxa o saco.. fica menor... significa que a gente respira... quando ele:: ((risadas)) puxava o saco pra baixo... a gente soltava a respiração... tendeu?
14	P1	Oh:: agora eu vou fazer uma pergunta pra vocês... eu vou fazer pra todos os grupos.. o que/ o que eles explicaram né... eles explicam o mecanismo de como o ar entra e sai do pulmão?
15	A31	Não... não ((balança a cabeça negativamente olhando para P1))... ele explica o que o pulmão faz... não como ele entra e sai

Quando os alunos contemplavam aspectos do mecanismo eles estavam traçando relações causais. Dessa forma, explicações que não passaram pelo crivo de validade coincidiram com situações explicativas de nível 1. E o entendimento desse crivo é o primeiro passo para avançar no sentido de uma situação mais complexa (situação explicativa de nível 2).

Atestada a verificação de validade, foram iniciados os julgamentos de suficiência (etapa de avaliação), ou seja, se a explicação foi “completa”. As explicações consideradas “incompletas” foram aquelas sem justificativas para as relações causais traçadas - por exemplo, explicações que apenas citaram a relação com a pressão, mas não explicitaram o papel dela no mecanismo.

67	A21	Eu acho que a gente consegue vencer a pressão do ar... e::: puxar esse ar pra dentro do nosso pulmão
68	Ax	Ele já tá lá dentro
69	A31	Pressão atmosférica
70	P1	vô fazer outra pergunta.. eu esqueci de fazer em relação ao primeiro grupo... é::: tem alguns aspectos que fala em relação ao mecanismo... oh:: ele já tá falando de pressão né... ele acha que tem algo a ver com pressão.. mas é uma explicação completa?
71	A11	Não
72	A31	Ah:: mais ou menos... não é muito mais da pra [inaudível]
73	P1	Oh:: por que não é completa e por que é mais ou menos completa?
74	A11	Ah... por que eles não explicaram que... o que essa pressão faz.. só falaram que tem uma pressão

Dessa forma, o julgamento de suficiência (etapa de avaliação) criou uma demanda por justificção e este processo fomentou a passagem de uma situação explicativa de nível 2 para uma situação explicativa de nível 3, como podemos observar nos turnos a seguir:

465	A11	O diafragma que faz a pressão da inspiração e expiração... por que ele que faz aqueles negócio ali.... ((eleva as mãos))
466	P1	E como que ele fez isso?
467	A11	Ele CONTRAI o musculo e relaxa
468	P1	O que que contrair e relaxar tem a ve com pressão?
469	A11	Por que a pressão É:::
470	A31	Eu acho que tudo isso aí.. faz isso aí.. ocorre isso aí... por causa de uma pressão... porque o diafragma não passa de um musculo.. e todo musculo contrai e relaxa... . e quando ele contrai e faz uma pressão pra cima e junta os dois e vai pra cima e o ar sai... só que eu não sei como que o ar entra

De maneira geral, as situações argumentativas foram fomentadas pelos professores. Estes foram de fundamental importância para o desenvolvimento dessas situações, uma vez que a demanda para a explicitação de relações causais e de justificativas geralmente era criada por eles. Notamos que essa dinâmica se estabeleceu nos episódios iniciais. Porém, em episódios mais avançados os alunos ganharam autonomia neste procedimento e passaram por conta própria a questionar seus colegas sem intermédio prévio dos professores.

Dessa forma, a criação de situações argumentativas colaborou com o aumento do nível de complexidade das situações explicativas. E isto esteve relacionado com o ganho de percepção dos alunos sobre o tipo de conhecimento considerado como válido em sala de aula: os posicionamentos justificados.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES

Neste trabalho buscamos entender como o processo de modelagem contribui para o desenvolvimento da explicação e argumentação em sala de aula. Para isto, investigamos atividades de modelagem aplicadas a alunos do 8º ano do ensino fundamental de uma escola pública. A seguir, destacaremos nossas conclusões e apresentaremos algumas considerações e implicações de nosso estudo para o ensino de ciências e a pesquisa em ensino de ciências.

Os resultados mostraram que as explicações e argumentações não surgiram de maneira espontânea, revelando a importância do contexto instrucional para o desenvolvimento destas práticas em sala de aula. Por contexto instrucional, nos referimos aos tipos de suportes e demandas apresentadas e/ou exigidas pelas atividades ou pelos professores e alunos.

Os professores tiveram um importante papel ao iniciar as discussões e apresentar critérios para a análise das explicações. Foram eles que fomentaram as situações argumentativas, iniciando a maior parte dos questionamentos acerca das explicações apresentadas. No entanto, no decorrer do processo os alunos passaram a questionar seus colegas sem necessitar das comandas dos professores. Assim, os alunos se envolveram gradualmente com a dinâmica que antes era nova para eles, de forma que o crescimento de seu envolvimento foi acompanhado pelo crescimento da complexidade de suas práticas discursivas.

De acordo com Gilbert, Boulter e Rutherford (1998), explicações descritivas são geralmente as primeiras a serem desenvolvidas pelos estudantes. Como salientado por esses autores, em nosso estudo verificamos uma predominância de descrições nas explicações iniciais dos grupos e quando os alunos obtiveram informações sobre a anatomia da caixa torácica. Estas explicações ficaram mais complexas em resposta às críticas dos professores e colegas realizadas em situações argumentativas à medida que superavam a simples descrição e ganhavam outros elementos, como as relações causais.

Ainda em relação ao predomínio de descrições nas explicações iniciais dos grupos, houve confusão em relação a comanda apresentada pelos professores. Isto ocorreu devido à falta de esclarecimento do que seria um “mecanismo”. Em decorrência deste fato, muito tempo da aula foi destinado a encontrar um consenso entre os alunos e professores do que estava sendo pedido. Acreditamos que o desenvolvimento de aulas

prévias sobre modelos e modelagem, como o que foi realizado por Mendonça (2011), pode auxiliar a diminuir esse tipo de ambiguidade, além de contribuir com uma maior compreensão do processo por parte dos alunos.

No que se refere à etapa de expressão do modelo mental, não havia uma diversidade de formas de expressão disponíveis para os alunos, de modo que a explicitação de seus modelos ficou restrita ao discurso oral e/ou gestual. Isso pode ter limitado a expressão dos modelos mentais dos alunos e a discussão relativa a eles. Dada esta circunstância, recomendamos aos professores que ofereçam materiais diversos para seus alunos expressarem seus modelos mentais - desde simples lápis e papel até materiais que possibilitem a construção de maquetes.

Neste contexto de falta de opções de formas de expressão, os alunos acabaram utilizando muitos gestos durante as discussões, principalmente quando não possuíam repertório linguístico e conceitual, como por exemplo em momentos que queriam falar sobre pressão ou volume (conceitos que ainda não dominavam). Erduran (2008) pontua que a incorporação de elementos multimodais, como os gestos, na análise de argumentos pode ser um terreno frutífero para estudos metodológicos. Apesar de apenas utilizarmos os gestos para contextualizar as situações explicativas e argumentativas, consideramos que uma análise dos mesmos pode revelar nuances sobre o processo que não captamos.

Os dados encontrados neste trabalho convergiram para a perspectiva apresentada por Bottcher e Meiset (2011). Segundo esses autores, a argumentação na modelagem pode ser vista como um processo de avaliação crítica de modelos com o intuito de verificar a validade de um ou mais modelos de acordo com sua coerência lógica e evidências disponíveis. No contexto analisado, os alunos se envolveram em situações argumentativas à medida que avaliavam explicações à luz de outros dados, procurando defender um posicionamento quanto à recusa ou à aceitação das explicações.

A análise em classe dos diferentes modelos produzidos pelos alunos foi importante para a verificação de suas abrangências e limitações, sendo o diálogo entre alunos e professores fundamental para que isso acontecesse. Por essa razão, o posicionamento dos professores em relação a não apresentar o modelo curricular aos alunos fez-se muito relevante, permitindo a continuação do debate sem descreditar as ideias dos alunos. Além disso, a exigência constante de coerência e justificativas também contribuiu decisivamente para a instauração de uma nova dinâmica discursiva em sala de aula e para o aumento da complexidade das situações explicativas e argumentativas.

REFERÊNCIAS

ACHINSTEIN, P. **The nature of explanation**. New York: Oxford University Press, 1983.

BARAB, S. A.; HAY, K. E.; BARNETT, M.; KEATING, T. Virtual solar system project: Building understanding through model building. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 7, p. 719–756, 2000.

BERLAND, L.K.; MCNEILL, K.L. For Whom Is Argument and Explanation a Necessary Distinction? A Response to Osborne and Patterson. **Science Education**, v. 96, p. 808-813, 2012.

BERLAND, L.K.; REISER, B.J. Making sense of argumentation and explanation. **Science Education**, v. 93, p. 26-55, 2009.

BILLIG, M. **Arguing and thinking: a rhetorical approach to social psychology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

BLAIR, J. A.; JOHNSON, R. H. The current state of informal logic and critical thinking. **Informal Logic**, v. 9, p. 147-151, 1987.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Tradução Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

BOTTCHER, F.; MEISERT, A. Argumentation in Science Education: A Model-based Framework. **Science & Education**, v. 20, n. 2, p. 103-140, 2011.

BOZZO, M. V. MOTOKANE, M. Investigação acerca dos focos de interesse da pesquisa sobre argumentação no ensino de ciências. **Enseñanza de las ciencias**, vol. especial VIII Congreso internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias, p. 2475-9, 2009.

BOZZO, M. V. **Identificação dos perfis das pesquisas em argumentação no ensino de ciências no período de 1988 a 2008**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BRAATEN, M.; WINDSCHITL, M. Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. **Science Education**, v. 95, n. 4, p.539-669, 2011.

CAPECCHI, M. C. M.; CARVALHO, A. M. P. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.5, p. 171-189, 2000.

CARVALHO, A. M. Metodologia de pesquisa em ensino de física: uma proposta para estudar os processos de ensino e aprendizagem. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas, MG. **Anais...Jaboticatubas, MG: Sociedade Brasileira de Física**, 2004.

CARTWRIGHT, N. The truth doesn't explain much. In D. Rothbart (Ed.), **Science, reason, and reality: Issues in the philosophy of science**, Fort Worth, TX: Harcourt Brace, p. 161-166, 1997.

CLEMENT, J. Model based learning as a key research area for science education. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 9, p. 1041-1053, 2000.

_____.; REA-RAMIREZ, M. A. **Model based learning and Science instruction**. Dordrecht: Springer, 2008.

DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R.; SCOTT, P. **Young people's images of science**. Buckingham, England: Open University Press, 1996.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, v. 84, p. 287-312, 2000.

DUSCHL, R. A. **Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo**. Madrid. Narcea, 1997.

DUSCHL, R. A.; OSBORNE, J. Supporting and promoting argumentation discourse in science education. **Studies in Science Education**, v. 38, p. 39-72, 2002.

ERDURAN, S. Methodological Foundations of Learning Argumentation. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M.P. (Eds.), **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, p. 47-70, 2008.

ERDURAN, S.; OZDEM, Y.; PARK, J. Research trends on argumentation in Science education: a journal content analysis from 1998–2014. **International Journal of STEM Education**, v. 2, n. 5, 2015.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. **Science Education**, v. 88, p. 915-933, 2004.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. Modelagem e o "Fazer Ciência". **Química Nova Escola**, n. 28, 2008.

FLICK, U. **Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes**. Porto Alegre: PENSO, 2013.

FREIRE, C. C. **Argumentação e explicação no ensino de ecologia**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

FRIEDMAN, M. Explanation and scientific understanding. **Journal of Philosophy**, v. 71, p. 5-19, 1974.

GILBERT, J. K. Models and Modelling: Routes to a more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 2, n. 2, p. 115-130, 2004.

_____.; BOULTER, C. J.; ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. (Eds.). **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, p. 3-17, 2000.

_____.; BOULTER, C.; RUTHERFORD, M. Models in Explanations, Part 1: Horses for Courses. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 1, p. 83-97, 1998.

GILBERT, S. W. Model building and a definition of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 28, n. 1, p. 73-79, 1991.

GIERE, R. N. A new framework for teaching scientific reasoning. **Argumentation**, v. 15, p. 21-33, 2001.

GIERE, R. N. Why Scientific Models Should not Regard as Works of Fiction. In: SUARÉZ, M. (Ed.). **Fictions in science: Philosophical Essays on Modelling and Idealization**. London: Routledge, p. 248-258, 2009.

GRANDY, R. What are models and why do we need them? **Science & Education**, v. 12, p. 773-777, 2003.

GROTZER, T. A. Learning to understand the forms of causality implicit in scientifically accepted explanations. **Studies in Science Education**, v.39, p. 75-102, 2003.

GROTZER, T. A., BASCA, B. B. How does grasping the underlying causal structures of ecosystems impact students' understanding? **Journal of Biological Education**, v. 38, n. 1, p.16-29, 2003.

HEMPEL, C. G. Aspects of scientific explanation. In HEMPEL C. G. (Ed.), **Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science**. New York: Free Press, 1965.

HEMPEL, C.G.; OPPENHEIM, P. Studies in the logic of explanation. **Philosophy of Science**, v. 15, n. 2, p. 135-175, 1948.

HAMMER, D.; RUSS, R.; MIKESKA, J.; SCHERR, R. Identifying inquiry and conceptualizing abilities, In: DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Eds.), **Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation**. Rotterdam, The Netherlands: SensePublishers, p. 138-156, 2008.

HOSKINSON, A. M., COUCH, B. A., ZWICKL, B. M., HINKO, K. A.; CABALLERO, M.D. Bridging physics and biology teaching through modeling. **American Journal of Physics**, v. 82, p. 434-441, 2014.

JACOBSON, M. J.; WILENSKY, U. Complex Systems in Education: Scientific and Educational Importance and Implications for the Learning Sciences. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 15, n. 1, p. 11-34. 2006.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **10 Ideas Claves: competências em argumentacion y uso de pruebas**. Barcelona: Graó, 2010.

_____. AGRASO, M. F. A argumentação sobre questões sócio científicas: processos de construção e justificação do conhecimento em sala de aula. **Educação em Revista**, v.43, p. 13-33, 2006.

_____. DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciências: cuestiones teóricas y metodológicas. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 21, n. 3, p. 359-370, 2003.

_____. ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An overview. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, p. 3-27, 2008a.

_____. ERDURAN, S. Designing argumentation learning environments. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.A. (Eds.). **Argumentation in science education: Perspectives on classroom-based research**. New York: Springer, p. 91-116, 2008b.

JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 4, p.369-387, 2002.

KITCHER, P. Explanatory unification. In: ROTHBART, D. (Ed.), **Science, reason, and reality: Issues in the philosophy of science**. Fort Worth, TX: Harcourt Brace, p.167-186, 1997.

KITCHER, P.; SALMON, W. C. (Eds.). **Minnesota studies in the philosophy of science: Scientific explanation**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1989.

KUHN, D. **The skills of argument**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

KUHN, D. Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Science Thinking. **Science Education**, v. 77, n.3, p. 319-337, 1993.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: A produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LAWSON, A.E. T. rex, the crater of doom, and the nature of scientific discovery. **Science & Education**, v.13, p. 155-177, 2004.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, p. 37-50, 2001.

LUDKE, M.; ANDRÉ, E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma explicação. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 1, p.1-14, 1999.

MCNEILL, K.L.; KRAJCIK, J. Scientific explanations: characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. **Journal of Research in Science Education**, v. 45, n. 1, p. 53-78, 2008.

MENDONÇA, P. C. C. **Influência de atividades de modelagem na qualidade dos argumentos de estudantes de química do ensino médio**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MENDONÇA, P.C.C.; JUSTI, R. Ensino e Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais a partir de Revisão Crítica da Literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 187-216, 2013a.

_____.; JUSTI, R. The Relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. **International Journal of Science Education**, 2013b.

MORRISON, M.; MORGAN, M. S. Models as mediating instruments. In: MORRISON, M. e MORGAN, M. S. (Eds.). **Models as mediators**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 10-37, 1999.

NAGEL, E. **The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation**. New York: Harcourt, Brace & World, 1961.

NERSESSIAN, N. J. How do Scientists Think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science. In: GIERE, R. N. (Ed.), **Cognitive Models of Science**. Minneapolis: University of Minnesota Press, p. 3-44, 1992.

NERSESSIAN, N. J. The cognitive basis of model-based reasoning in science. In: CARRUTHERS, P.; STICH, S.; SIEGAL, M. (Eds.). **The cognitive basis of science**. New York: Cambridge, p. 133-153, 2002.

TINBERGEN, N. **On aims and methods of ethology**. Zeitschrift für Tierpsychologie, v. 20, p. 410-433, 1963.

NORRIS, S.P., GUILBERT, S.M., SMITH, M.L., HAKIMELAHI, S., & PHILLIPS, M. A theoretical framework for narrative explanation in science. **Science Education**, v. 89, n. 4, p. 535-563, 2005.

OSBORNE, J.F. Towards a science education for all: The role of ideas, evidence and argument. In: The boosting science learning – what will it take research conference, **Proceedings...** Canberra, Australia: Australian Council for Educational Research, 2006.

OSBORNE, J. F.; PATTERSON, A. Scientific argument and explanation: a necessary distinction? **Science Education**, v. 95, n. 4, p. 627-638, 2011.

OSBORNE, J. F.; PATTERSON, A. Authors' response to "For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson" by Berland and McNeill. **Science Education**, v. 96, n. 5, p. 814-817, 2012.

PASSMORE, C.; SVOBODA, J. Exploring Opportunities for Argumentation in Modelling Classrooms. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 10, p. 1535-1554, 2011.

PASSMORE, C.; STEWART, J. A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 3, p. 185-204. 2002.

PERKINS, D. N.; GROTZER, T. A. Dimensions of causal understanding: The role of complex causal models in students' understanding of science. **Studies in Science Education**, v. 41, p. 117-166, 2005.

PERELMAN, C.; OLBRECHTS-TYTECA, L. **Tratado da argumentação: A Nova Retórica**. Tradução Maria Ermentina de Almeida Prado Galvão. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

PONTECORVO, C.; AJELLO, A.M.; ZUCCHERMAGLIO, C. **Discutindo se Aprende: Interação Social, Conhecimento e Escola**. Porto Alegre: ArtMed, 2005.

PORTIDES, D. P. The Relation between Idealisation and Approximation in Scientific Model Construction. **Science & Education**, v. 16, n. 7-8, p. 699-724, 2007.

PRETI, D. **Sociolinguística os níveis de fala: um estudo sociolinguístico do diálogo na literatura brasileira**. São Paulo: Edusp, 2003.

RAGHAVAN, K.; GLASER, R. Model-based analysis and reasoning in science: The MARS curriculum. **Science Education**, v. 79, n. 1, p. 37–61, 1995.

RUSS, R. S.; SCHERR, R. E.; HAMMER, D.; MIKESKA, J. Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 499-525, 2008.

SALMON, W. C. **Four decades of scientific explanation**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1989.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência e Educação**, v.17, p. 97-114, 2011.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 129-152, 2013.

SILVA, A. C. T. **Estratégias Enunciativas em Salas de Aula de Química: Contrastando professores de estilos diferentes**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

TAYLOR, I.; BARKER, M.; JONES, A. Promoting mental model building in astronomy education. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 10, p. 1205–1225. 2003.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

TEIXEIRA, F. M. Argumentação nas Aulas de Ciências para as Series Iniciais. In: NASCIMENTO, S. S.; PLANTIN, C. (Org.). **Argumentação e Ensino de Ciências**. Curitiba: CRV, p. 1-164, 2009.

VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R. **Argumentation, communication, and fallacies: A pragma-dialectical perspective**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1992

VAN EEMEREN, F.H. et al. **Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments**. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 1996.

VAN FRAASSEN, B. C. **The scientific image**. Oxford, England: Clarendon, 1980.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. Uma proposta de critérios marcadores para identificação de situações argumentativas em salas de aula de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, p. 81-102, 2009.

VOSNIADOU, S. Mental Models in Conceptual Development. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J.; THAGARD, P. (Eds.), **Model-based Reasoning in Scientific Discovery**. New York: Kluwer and Plenum Publishers, p. 353-368, 2002.

WENZEL, J. W. Three Perspectives on Argument: Rhetoric, Dialectic, Logic. In: TRAPP, R.; SCHUETZ, J. (Eds.), **Perspectives of argumentation: Essays in honour of Wayne Brockriede**. New York: Waveland, p. 9-26, 1990.

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

YIN, R.K. **Case Study Research: Design and Methods**. Thousand Oaks: Sage Publications, 2003.

ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, p. 35-62, 2002.

ANEXO

Transcrição das falas dos sujeitos de pesquisa durante as atividades de modelagem

Turno	Sujeito	Fala
1	A11	Gente... quando a gente respira/ quer dizer... inspira... nosso pulmão comprime... [inaudível] e faz assim ((aproxima as palmas das mãos e para o movimento mantendo um distanciamento e deixando as mãos paralelas)) ... Ai quando a gente respira... ela solta e fica do tamanho normal
2	A12	Explica de novo
3	A11	Quando a gente res/ respira... ai é a mesma coisa que o professor tinha explicado da garrafa... quando ela.... puxa o saco.. fica menor... significa que a gente respira... quando ele:: ((risadas)) puxava o saco pra baixo... a gente soltava a respiração... tendeu?
4	Ax	aham
5	Ax	Não.. não entendi não
6	A12	Explica de novo ... até eles entender
7		A11 começa a desenhar na lousa
8	A11	A gente ta respirando ((enche o pulmão de ar)) .... Quando a gente respira.. nosso corp/ nosso pulmão ele faz assim ((repete o mesmo movimento com as mãos - aproxima as palmas das mãos e para o movimento mantendo um distanciamento e deixando as mãos paralelas)) ... fica um pouco menor... tendeu? Ai na expiração ele volta pro tamanho normal... tendeu? É como se fosse a garrafa... quando a gente puxa o saco é a mesma coisa como se a gente tivesse inspirando... é a mesma coisa quando a gente ta sofrendo a respiração
9	A23	Entendi... você tá... [inaudível] ele comprime...
10	A21	Inspirá... expirá... [inaudível]
11	A11	Ele comprime... ((faz movimento de aproximação das mãos. O aluno ao lado faz o mesmo movimento))
12	A21	Inspirá? [...] [inaudível]
13	A11	É:: é:: isso.... ai quando a gente solta fica num tamanho menor... tendeu?
14	P1	Oh:: agora eu vou fazer uma pergunta pra vocês... eu vo fazer pra todos os grupos.. o que/ o que eles explicaram né... eles explicam o mecanismo de como o ar entra e sai do pulmão?
15	A31	Não..... não ((balança a cabeça negativamente olhando para P1))... ele explica o que o pulmão faz... não como ele entra e sai

16	A21	Mais ou menos
17	A31	não ((balança a cabeça negativamente olhando para P1))... ele explica o que o pulmão faz... não como ele entra e sai
18	P1	Oh:: legal... você falou mais ou menos... por que que você acha mais ou menos?
19	A21	Eu esqueci
20	P1	Ta::... vocês concordam com a explicação que eles deram?
21	Ax	Mais ou menos
22	A21	Não
23	P1	Por que não?
24	A21	Por que eu acho... quando a gente inspira... não não comprime que nem ela falou... acho que... que expande ((afasta as palmas das mãos)).. fica... fica do tamanho normal... fica um tamanho assim ((repete o movimento))... igual a bexiga quando::: quando cê soltou o ar...
25	A31	Eu também acho que não
26	A21	Ai o pulmão ficou::... ((distanciou novamente as palmas das mãos))
27	P1	Ó:: vocês falam diretamente com eles.. vocês tão discordando deles
28	A31	A11... eu também acho que não... acho que o pulmão fica do mesmo jeito... só que ele fica mais fechadinho ((aproxima as palmas das mãos)).. quase a mesma coisa só que mais fechadinho.. e quando solta ele fica só mais aberto
29	A11	É:: não mudou nada... o meu comprimia...
30	A31	Não... você falou que fica menor
31	A11	ENTÃO ele fica menor porque no momento que você inspira ele ((abre as mãos e as aproxima))
32	Ax	É::
33	A11	[inaudível] Ah:: não interessa
34	A31	Interessa SIM::
35	P1	Oh:: ta bom... pode sentar o primeiro grupo
36	P2	Caaalma... TA ÓTIMO... é assim mesmo... não precisa emburrar
37	P1	Mas oh:: quando ela tinha falado isso.. você já tinha pensado que assim... eu não concordo com isso... né? Ei... se você ouviu uma coisa que não concorda já começa a contestar... não espera eu falar... vocês concordam? ou discordam?... se vocês não concordarem com alguma coisa já pode falar... eu acho que não é

		assim.. eu acho que não é por causa disso disso e disso... tá? É::: pode vim outro grupo
38	A21	A gente colocou... quando a gente inspira a gente pressiona o ar pra dentro... do pulmão.. e ele enche de ar... quando a gente expira... a gente libera o ar... pra fora do pulmão
39	A31	((faz uma pergunta, inaudível))
40	A22	Peraí..... ((anda até a localização central no grupo)) Oh::... quando a gente insp/ inspira né? ((pergunta para A23)) Ah:: quando a gente INSPIRA... vem pra dentro ((faz gesto indicando a entrada de ar)) eu acho que passa por.... por.. aqui ((aponta para desenho na lousa – não visível -)) ai ocorre um processo no pulmão::... ai ocorre um processo no pulmão que vai... passa pro corpo... num sei o que acontece.. aqui... ai...
41	A24	A pressão... ((fala olhando para a A22 e deslizando o dedo sobre o desenho na lousa)) a pressão que [inaudível] ((distancia as palmas das mãos verticalmente e em seguida as aproxima, executa o movimento enquanto olha para A21))
42	A22	ah:: num sei:: eu acho que ta... ocorrendo algum processo no pulmão que tem a vê com o corpo ((A24 Torna a fazer o gesto olhando para a A22))
43	P2	A24... o que você acha A24?
44	A11	Ele ta falando que ele acha que é a pressão... que ele acha que é a pressão
45	A23	Ele acha que a pressão do cora/ que é/ ahn.. a pressão do coração tem alguma coisa a ve com a respiração no pulmão ... isso? ((diz “isso?” olhando para o A24 e A24 nega balançando a cabeça))
46	P1	Qual que é a relação que você tá pensando com a pressão?
47	A23	Vai A24... é você
48	A21	Vai A24
49	A31	FALA ALTO
50	Ax	Fala pra A22
51	A22	Fala pra mim que eu explico vai
52	P1	Oh:: eu vou fazer a mesma pergunta que eu fiz em relação ao primeiro grupo... eles explicaram o mecanismo?
53	A31	Não::
54	Ax	não
55	Ax	não
56	P1	Ou.. ou eles explicaram o trajeto?
57	P2	O que que acontece::
58	Ax	Explicaram o trajeto
59	A22	Eu nã/ eu não sei te explicar o mecanismo mas eu acho que ocorre alguma coisa em meu pulmão que tem a ve com o corpo tipo assim... [inaudível]
60	Ax	Tem a ve com o corpo
61	P1	Então oh::
62	A21	Mas tem que vencer a pressão do ar né? ((fala olhando para P1)) consegue vencer a pressão do ar... Eles se... eles se colidem né?

		Eu acho que a gente consegue vencer a pressão do ar e sugar o ar pra dentro
63	P1	Oh:: você ouviram o que ele falou?
64	Ax	Não
65	P1	Oh:: fala pra eles
66	Axs	Fala mais alto
67	A21	Eu acho que a gente consegue vencer a pressão do ar... e::: puxar esse ar pra dentro do nosso pulmão
68	Ax	Ele já tá lá dentro
69	A31	Pressão atmosférica
70	P1	vô fazer outra pergunta.. eu esqueci de fazer em relação ao primeiro grupo... é::: tem alguns aspectos que fala em relação ao mecanismo... oh:: ele já tá falando de pressão né... ele acha que tem algo a ver com pressão.. mas é uma explicação completa?
71	A11	Não
72	A31	Ah:: mais ou menos... não é muito mais da pra [inaudível]
73	P1	Oh:: por que não é completa e por que é mais ou menos completa?
74	A11	Ah... por que eles não explicaram que... o que essa pressão faz.. só falaram que tem uma pressão
75	A31	Eu acho que é mais ou menos por que ele cita a pressão e TENTA.. não fala de maneira clara... mas [inaudível] ... fala como que acontece essa pressão... a pressão atmosférica e a pressão que tem dentro da gente
76	P1	Legal... oh:: é esse o tipo de avaliação que eu quero que vocês façam de todos os outros grupos que vem.. é::: eles não explicaram/ eu concordo com vocês...ele falaram oh tem a ver com pressão... mas eles não explicaram com o que essa pressão age e nem explicaram o que que gera essa pressão né... vocês falaram oh:: tem uma pressão no nosso corpo e uma pressão externa.. e a nossa tá vencendo... né foi essa palavra que você usou ((aponta para A21)) mas como/ que que acontece no nosso corpo pra essa pressão vencer a pressão externa né... se vocês quiserem se defender e complementar
77	A21	A gente tira a área de impacto deles né? ... por causa do nosso... quando a gente respira a gente tá... ah::: é::: a gente tá vencendo ((risadas)) a gente tá vencendo ((risadas))
78	P1	Mas oh:: o grupo que tá aqui na frente.. vocês reconhecem o que elas falaram.. que tá incompleto?
79	G2	Sim ((balançam a cabeça positivamente))
80	P1	Oh:: pode sentar.. vem outro grupo... façam essa avaliação dos outros grupos também
81	A31	Oh:: eu acho que.. igual nosso coração tem uma veia..
82	Ax	Todos os coração tem veia

83	A31	Fica queto... eu to falando IGUAL o coração... num to falando O NOSSO CORAÇÃO... igual o coração tem uma veia que liga aqui até o pulmão e do pulmão até o coração.. ((gesticula o caminho da via nasal)) e:: no pulmão faz um processo né... que eu não faço a mínima ideia do que seja... e que entra pelo pulmão e::: quando ele::: inspira... é inspira que faz? É expira? E quando ele INSPIRA... ele contra/ o coração ele contrai/ não... ele relaxa ... ele RELAXA como se... quando a gente expira ele contrai... ele CONTRAI... ISSO... e ele faz com essa pressão que ele faz isso que manda pro coração por que a gente precisa de oxigênio e do carbono... e ele faz esse ligamento...ele vai pro coração e vai pro pulmão e vai pro coração e vai pro pulmão
84	P1	Oh::: primeira coisa. Vocês entenderam o que ela falou?
85	Axs	não
86	A31	Você fala isso né:: cachorra
87	P2	Ô:::
88	A31	Ela falou aqui oh:: também eu não vou entender nada
89	P2	Mas isso não é legal né:: isso não é nada pessoal... a gente ta construindo conhecimento... não é por que ela não entendeu o seu né... não é pra levar pro lado pessoal
90	P1	Oh:: tenta explicar de novo pra fazer eles entenderem... pode usar desenho... pode usar a lousa
91	A31	((A31 está usando o desenho – não visível - da lousa para explicar)) Eu acho que... AQUI... na narina a gente tem alguma coisa que liga no pulmão e do pulmão liga no coração e que tem uma ligação no coração... e::: quando o pulmão.. a gente respira... inspira... vai num sei... e no expira ((risadas)) ele relaxa e quando ele:::.... ((muitas risadas dos alunos))
92	P2	Vai A31
93	A31	E quando ele...
94	A21	ELE RELAXA
95	A31	Ele RELAXA... e quando ele CONTRAI... ele faz uma pressão.. que leva esse ar pro nosso coração e faz com que a gente solta ele de novo.. então essa/ a pressão que ele faz aqui dentro.. ((aproxima as mãos abertas até um eixo central imaginário e no final do movimento as fecha)) que é o pulmão... é:: CONTRAI...ele leva pro/ pra nossa respiração... quando.. a gente respira.. e quando a gente respira.. ele pega também.. ele leva pro coração... a gente expira também... É igual o coração.. que é tudo ao mesmo tempo que aqui ele bate... uma vai só pra cima e outro vai só pra baixo((movimento com as mãos - uma mão indo pra cima.. outra mão indo pra baixo))
96	P2	A A22 que falar... fala A22
97	A22	Professora.. não entendi.. tem ar no coração?
98	A31	TEM.. num tem...? quando a gente fa/ quando a gente estudou que um lado tem mais carbono e outro tem mais oxigênio
99	A22	Entra ar no coração e sai em forma de:::....
100	A31	É... ai tem as veias pulmonar..... ÉÉÉ FESSORA... tem tudo o negócio pulmonar
101	A22	Mas a veia pulmonar não leva sangue? Sei lá

102	A11	Sim::... só que no coração também tem uma coisa que leva pulmã/ o oxigênio... entendeu?
103	Ax	E todo nosso corpo (para o coração)
104	A31	E eu acho que faz parte do sistema respiratório
105	A11	É:: também acho
106	P1	Oh::: a comanda ali... eu vou fazer uma pergunta e vocês avaliam... é::: o que eu pedi pra todos os grupos era explicar como que o ar entra e como que o ar sai do pulmão... eles explicaram o mecanismo?
107	A21	Mais ou menos
108	Ax	Mais ou menos
109	A23	É::: eles explicaram mais o::: o::: caminho
110	Ax	Eles explicaram...
111	P1	Mas tem aspectos da explicação deles que ta falando de alguma coisa do mecanismo?
112	A21	Sim... sim..
113	P1	Quais aspectos são esses?
114	A21	Ela falou que quando o pulmão... ele contrai... ele puxa o ar pra dentro
115	A31	Não... quando ele relaxa ele puxa o ar... quando ele contrai ele solta pelo/ ele libera pelo nariz e pro resto do corpo
116	A22	Professora ((levanta a mão))
117	P1	Professora... vocês duas... eu sou professor ((risos))
118	A22	Professor... é que eu to acostumado a chamar a professora... é que a gente tem dois saco o pulmão.. os dois tem uma utilidade ou tem utilidade diferente?
119	P1	Ta... é:: os dois pulmões vão agir igualmente tá?
120	A31	Igual do coração... vai bater do mesmo jeito
121	A22	Eu pensei... eu pensei que um fazia uma coisa ai passava pro outro:: ai [inaudível]
122	P1	Tá... isso daí tem uma informação nova... legal a pergunta... teve até outras salas que pensava que enquanto um enchia o outro murchava
123	A11	Não... os dois fazem tudo junto é::
124	A31	e também pode um lado soltar::
125	A11	Não... mas os dois trabalham juntos
126	A31	ENTÃO... ((começa a desenhar na lousa))mas tipo... tem... vamo supor que aqui tem uma veia aqui... eu não sei fazer... então... e uma aqui... e uma aqui.. que vai pro nariz a outra que leva pro coração... e vai pro resto do corpo... A enfim... eu não sei como que é... mas eu acho que é isso... Uma vai pro nariz... que vai pro coração.. que leva pro resto do corpo
127	P1	Oh:: isso que a A31 ta falando... Ta... ta falando o que eu pedi ou ta colocando coisas a mais?
128	P2	((comentário baixo, inaudível))
129	Axs	Ta colocando coisa a mais

130	P1	Ta.. isso dai é outra coisa que eu avalio... tipo... é:: porque as vezes.. começa a discussão.. e ai a classe começa a discordar de coisas que não é o foco da discussão... ai vocês vão começar a discordar... eu acho que não vai ar pro coração... eu acho que o coração não é assim... e vai... e vai... e ai vai discutir outra coisa que não é algo que eu não tava querendo focar... mas oh:: focando nesse aspecto... o ar entrando e o ar saindo do pulmão... você tinha falado oh:: em partes em alguns aspectos eles falam de mecanismo né... Que fala que quando o pulmão relaxa o ar entra... quando o pulmão contrai o ar sai... vou fazer outra pergunta... é uma explicação completa?
131	A24	Mais ou menos
132	Ax	Não
133	A11	Não.. não é uma explicação completa
134	P1	Oh:: mais ou menos por que.. não por que?
135	A11	Ah:: Por que a gente tem que explicar.. o que o:::/ pra que o pulmão serve... e o que nossa respiração faz.. todo mundo só explicou o que ocorre no pulmão
136	P1	Mas eu perguntei isso na comanda?
137	A11	Não
138	A41	Não.. ele falou assim que por que que a gente respira e por que o pulmão solta...
139	A24	Por que inspira e expira
140	A22	Não.. é por que o ar entra e por que o ar sai
141	P1	Isso.. oh:: do resto do pessoal que falou não... ta incompleto.. por que vocês acham que ta incompleto? Incompleto em relação a o que eu pedi.. por que senão eles iam ter que explicar a origem da vida na terra ((risadas))
142	A31	Lá desde o big bang ((risos))
143	P1	É:: não... é só em relação a o que eu pedi... vo... vo fazer algumas pergunta pra ajudar... eles tão falando que quando o pulmão relaxa.. o ar entra... E quando contrai o ar sai... por que quando relaxa o ar entra e quando ele contrai o ar sai? Eles explicam isso?
144	A24	Não
145	A11	Não.. acho que tem alguma coisa a ve com a pressão ((A22 levanta a mão no momento dessa fala))... quando...
146	A24	É:: pressão do (ar) num faz entra? ((movimento com a mão mergulhando de cima para baixo))
147	A11	A gente inspira...
148	A22	Quando:: seilá... ai:: ((agita as mãos e logo após afasta as palmas das mãos)) ... vai:: ai quando faz assim...((aproxima as palmas das mãos até se tocarem)) ... ai sai (movimento ascendente com a mão direita)

149	A24	E a pressão não solta? Não é a pressão que solta o ar?
150	A21	[...] Ele enche... ele enche... tentando liberar esse ar... alguma coisa desse tipo
151	P1	Eu não entendi...
152	A31	O pulmão enche.. depois ele solta
153	A21	pelas vias respiratórias não é?
154	P1	A via respiratória.. você fala o trajeto aqui até fora?
155	A21	É
156	P1	Então.. isso daí que você fala não fala o caminho também? Não tá descrevendo o que que tá acontecendo? Mas oh:: agora o que eu quero é fazer esse exercício avaliativo... se vocês tiverem vendo se tá explicando ou não.. por que que acha que tá completo ou incompleto... esse é o objetivo por agora tá... pode sentar.. obrigado.. vem o ultimo grupo... tá faltando um grupo..
157	A41	[..] oh.. eu vi umas coisas aí que num falou e eu na minha parte acho... igual umas coisa que o professor falou na outra aula.. sobre aquelas:: as moléculas... eu acho que quando a gente respira... tipo que...
158	P1	Oh:: respirar é os dois
159	A41	É:: inspi... INSPIRAR.... INSPIRAÇÃO...Quando a gente inspira.. o ar vai entrar.. e aí vai fazer igual tava aquela seringa... aí o ar vai entrar e vai ficar tipo aquelas bolinhas tudo assim... ((desenha na lousa – não visível)) as moléculas.. e elas vão ficar tudo separado eu acho enquanto a gente respira/ INSPIRA...
160	Ax	Na forma de ar?
161	A41	É:: aí.. quando a gente vai tá pronto pra soltar ((fechou o punho e ficou tremendo))... eles fica tudo junto:: ((juntou as mãos))... aí vem a pressão de soltá.. acho que é isso
162	A11	É a mesma coisa de quando o ar entra
163	A21	A gente pressiona.. a gente pressiona e ele vai pra cima.. ela volta as vezes
164	A31	TÁ:: mas como que o ar entra? Por que o ar entra? Por que o ar sai?
165	A41	Por que::... ah:: por que o pulmão precisa de ar ((risadas)) ... Ah:: por que gente? Que ele enche? Isso daí oh::...
166	P1	Oh... você tá falando eu acho que é assim... isso daí é uma explicação sua ou do grupo? O grupo concorda com o que ela falou? ((ninguém do grupo responde... o A43 concorda com balançando a cabeça ... alunos da sala riem)) Por que parece que você tava falando uma coisa diferente lá na mesa ((fala direcionada pro A43))
167	A41	É A43 .. o A43 falou [inaudível] ((muitas risadas)) o A4x também falou
168	A4x	Não falei nada não
169	A41	Ai é:: mas aí tá falando DO MECANISMO.. [inaudível] ((falando com outro aluno do G4)) ... por que o ar entra e por que o ar sai

170	P1	Oh:: pela pergunta de vocês... eu to deduzindo que vocês acham que não ta explicando o mecanismo... não é uma explicação/ não é uma explicação completa.. mas explica um mecanismo?
171	A31	Ah:: explica o que ta acontecendo com o ar dentro do pulmão
172	P1	Vocês acham que a explicação deles é complementar a alguma outra que foi apresentada?
173	Axs	sim
174	P1	Em qual?
175	A31	TODAS
176	P1	Vocês conseguem::....
177	A11	É com a pressão ... a ideia é complementar?
178	P1	É
179	A11	TÁ... a mesma coisa que tava falando.. assim... que na hora que a gente inspira.. eu acho que fica essas células/moléculas ficam tudo no pulmão.. ai fica uma pressão maior...
180	A11	Ai quando solta... ( ) ((reage corporalmente quando foi interrompida))
181	A41	É por isso que o pulmão não consegue segurar e solta
182	Axs	((muitos alunos falando ao mesmo tempo))
183	P1	Eu não te ouvi.. perai.. fala
184	Axs	((muitos alunos falando ao mesmo tempo))
185	P1	A pressão.... oh:: num to ouvindo
186	A24	Não é a pressão que ta ajudando o ar a entrar dentro do pulmão?
187	P1	O que você acha?
188	A41	Sim ((A24 e A11 balançam a cabeça positivamente))
189	P1	Por que?
190	A41	É igual o que aconteceu com a bexiga.. com a seringa.. a mesma coisa
191	P1	Mas que pressão que você tá falando?
192	A41	É a pressão da gente segurar a seringa assim oh:: ((aperta a ponta do indicador com o dedão de outra mão))
193	A11	NOSSA.. é pra falar do pulmão minha jovem... o que que você ta arrumando? ENTÃO.. quando a gente inspira.. a pressão fica maior.. por que eu acho que... eu acho que o pulmão.. ele faz assim ((aproxima as mãos com as palmas abertas até toca-las))
194	Ax	AH:: e o coração?
195	A31	Ai.. é muito difícil essas pergunta
196	A24	É igual a bexiga professor... [inaudível]
197	A11	Ai quando a gente EXPIRA... expira... a pressão fica menor
198	P1	É que eu te perguntei assim.. que pressão você ta falando? A pressão do meu dedo na lousa agora? ((pressiona o dedo na lousa))
199	Axs	Não::
200	P1	Que pressão você ta falando?
201	A11	Do ar
202	P1	Então... da nome... por que qualquer pressão ó... to fazendo pressão na parede.. ((empurra a parede))

203	A41	Tem a ve com aquele negocio que o professor tava fazendo assim... ((gesto não visível)) ai ele fala assim.. num sei oque lá por segundo... também.. é isso
204	A31	Como chama?
205	A41	Aquele negócio lá.. eu esqueci
206	P1	Frequência ((P1 fala para os alunos do G4 continuarem na frente por que A11 quer falar mas estava com vergonha))
207	A11	((desenha sobre o desenho já esquematizado na lousa - não visível)) É assim... quando a gente inspira ( )
208	Ax	É pelo nariz
209	A11	Num interessa entra pela boca também
210	Ax	É tudo a mesma coisa
211	A31	Enfim... vai... ahn....
212	A11	É::: quando entra.. tanto faz o lugar que entra... quando a gente inspira.. esse ar/ a pressão aqui dentro é maior.. por que o pulmão meio que...
213	Ax	Ele enche
214	A11	É:: é:: ele enche... como é que se fala?
215	Ax	ele enche
216	Ax	Ah:: ele enche o ar...
217	A11	ELE RELAXA... ele relaxa.. ai quando... ai a pressão fica maior... ai quando ele::... como é mesmo que fala?
218	Axs	CONTRAI
219	A11	CONTRAI... a pressão a pressão fica menor... tendeu?
220	A21	Você ta falando.. que o ar.. o ar.. ele fica maior.. depois ele fica pressionado no pulmão
221	A11	ISSO::: ((aponta para o interlocutor))
222	A41	Ai por isso solta o ar
223	A11	Isso ae ((sorriso confirmatório e apontando para o interlocutor))
224	A41	É isso mesmo.. é sério ((A11 e A41 batem as mãos))
225	A11	Entenderam gente?
226	Axs	Sim::
227	A11	Ai isso daqui são tipo o ar que entra
228	Ax	A moléculas
229	A11	Isso ae
230	A42	E a hora que ele sai?
231	A41	Ai acabou de falar
232	A21	Acabou de falar
233	A11	Miséria
234	A31	Tá... é por isso que ele entra e é por isso que ele sai?
235	A11	Eu num sei:::
236	A21	Por que o ar.. o ar fica pressionado
237	A11	Issae... tendeu?
238	P1	Oh:: é uma explicação completa?
239	A41	Sim sim sim sim sim sim sim
240	Ax	Acho que é
241	A21	Acho que é
242	P1	Vo colocar algumas perguntas...

243	A41	Ai eu vou ficar louca com isso
244	P1	Calma... oh:: repete pra ver se eu entendi o que você falou... Você falou que entra...
245	A11	isso
246	P1	Pela narina e a boca.. tanto faz...
247	A11	isso
248	P1	Ai entra aqui.... como que o ar entrou aqui?
249	A11	Ele entra por oxigênio ó::: ((risca a lousa como se algo tivesse entrando pela narina)) por oxigênio Ó ((A11 e da A31 dão risada)) ... Oxigênio não ((risada da A11))
250	P1	Oh:: entra por que tem uma via de condução
251	A11	É:: uma via de condução
252	P1	Mas oh:: ok... e ai fica aqui... que que acontece depois?
253	A11	Depois quando entra.. a pressão fica maior ¹ por que a gente ta inspirando ¹ .. quando a gente expira.. a pressão fica menor ² por que libera o ar ²
254	P1	Oh:: pergunta.. ela ta falando que a pressão fica maior... por que a pressão fica maior?
255	A21	Por que ta com mais ar dentro dele ¹
256	A31	Eu acho que é o contrário
257	A11	Então vem aqui A31... vem ajuda nós
258	A24	((Está falando mas não consigo ouvir))
259	A44	Professor:: ele sabe falar ((aponta pro A43, alunos tentam convencer A43 a falar mas ele se recusa)))
260	A31	Eu acho que a inspiração.. o ar vai ta com a pressão menor porque...
261	A11	Então seria o contrário... tp
262	A31	To falando
263	A11	Ta:: termina
264	A31	Calma... eu acho que vai ta com a pressão menor porque vai ta com as moléculas mais separadas... e quando expira vai fazer uma força de contração e vai ficar com um espaço menor daquelas moléculas ali e com a força ela vai maior e ter a pressão maior e vai liberar
265	A41	Tinha duas coisas que eu achava... que quando ele enchia na hora que ele:::... ah não... entra ar... ou senão ele fazia [inaudível] ((vira para A11 e fala só com ela)) ... Então isso que eu achei que ela tivesse comprimido ((gesto e compressão com as mãos))
266	Axs	((muitos alunos falando))
267	P2	Organiza ai
268	A31	Qué falar pra mim e eu falo? ((falando com o A43))
269	A43	Ah não::: não tem nada a vê....
		((mais uma rodada de convencimento para o A43 falar))
270	A43	Eu tava falando aqui sobre a veia pulmonar... que ela pega mais oxigênio do que as outras veias
271	P1	Ta:: eu vou fazer uma pergunta em relação a isso... tem a ver como o ar entra e sai do pulmão?
272	A43	Sim...

273	A41	Ele vai::: também levar ar também pro coração professor
274	A31	A veia pulmonar...
275	A44	Ele pega mais oxigênio... ela tem mais oxigênio no sangue... a veia pulmonar
276	P1	Vô fazer outra pergunta... pode ter alguma relação... mas assim:: estritamente em relação a o que eu perguntei... isso daí que você falou tem mais a ve com a distribuição de oxigênio no corpo ou tem a ve em como o ar entra e sai do pulmão?
277	A43	Ah:: seilá....
278	A31	Eu acho que veia pulmonar só liga o corpo e o pulmão
279	A41	Então porque ela chama veia pulmonar?
280	A11	Por que ela ta ligada ao pulmão... se ela ta ligada ao pulmão é veia pulmonar
281	Ax	Eu acho que tem uma outra... outra/ uma vesícula né... que é uma vesícula que solta... que tira/ que leva o ar... e as veias é::: [inaudível] ((foi diminuindo o tom de voz gradativamente))
282	A41	Ai professor fala logo
283	P1	Calma.. vou passar um vídeo pra vocês
284	P1	Oh:: o que eu vou passar pra vocês é um vídeo de raio x tá? ((continua arrumando o equipamento))
285	A11	Oh lá::: viu ó? Fica assim ((aproxima e afasta as palmas das mãos enquanto olha para o vídeo))
286	P1	Oh:: vamo tenta reconhecer.. esse é um vídeo de raio-x da caixa torácica... essa região aqui ((aponta para o corpo e delimita a área torácica)) vamo tenta reconhecer as coisas.. o que é essa coisa preta aqui? ((P1 aponta para o coração))
287	Axs	Coração
288	Ax	Pulmão
289	P1	Coração
290	P1	Oh:: olha ele batendo... oh::: e o que que são essas faixas pretas aqui? ((aponta para as costelas))
291	Ax	É osso
292	Ax	Costela
293	P1	costelas
294	A41	O coração fica nas costelas? ((risadas))
295	A11	NÃO::: eu acho... é do lado [inaudível]
296	A11	EU ENTENDI JÁ ((aponta para o vídeo))
297	A21	O branco é todo o ar que ta dentro?
298	A11	A LÁ PROFESSOR... TA RESPIRANDO.. TA FAZENDO ASSIM ((aproxima e afasta as palmas das mãos, movimentos amplos))
299	P1	Dentro daonde? ((P1 fala com A21))
300	Ax	Dentro do pulmão
301	P1	Isso oh::: o branquinho é o pulmão tá? e tem uma coisa aqui embaixo... ((P1 aponta com o mouse para o diafragma, o vídeo está pausado)) fica vendo o que que essa coisa preta aqui embaixo faz
302	A31	Ai credo
303	Ax	Aaaiii:::

304	A31	É:: a pressão ((aponta para o vídeo))
305	A43	É a pressão
306	A24	É A PRESSÃO... que ela puxa pra cima ((movimento ascendente com a mão direita))
307	A11	A LÁ:: VIU Ó? COMPRIME ((aponta para o vídeo))
308	P1	Oh::: o ar ta entrando ou ta saindo agora? ((aponta para o vídeo, sem pausa-lo))
309	A43	Ta saindo
310	A31	agora ta saindo... ((aponta para o vídeo. Neste momento o diafragma está relaxando)) agora ta entrando ((fala quando o diafragma começa a contrair))
311	P1	Oh::: perai... vamo pensa...
312	A11	Quando a gente tava assim oh:: ((começa a gesticular algo, mas para))
313	P1	quando eu vou inspirar o que que acontece com a nossa caixa? ((delimita a região da caixa torácica))
314	A11	ENTRA:::
315	Ax	Ele enche
316	A21	Ele enche
317	Axs	((muitos alunos falando ao mesmo tempo))
318	A11	CALMA... UM DE CADA VEZ... NÃO DA PRA ENTENDER
319	P1	oh::: quando eu tiver INSPIRANDO a minha caixa torácica não vai fazer isso daqui? ((gesticula movimento de expansão da caixa torácica))
320	Axs	Aham... vai
321	P1	Então fica vendo.. quando a caixa torácica faz isso ((gesticula movimento de expansão da caixa torácica)) ta INSPIRANDO.. vamo ver de novo... Oh::: ta enchendo.. ta inspirando... ((P1 aponta para o vídeo)) ta murchando... ta expirando... Oh::: inspirando... expirando... ((sincroniza a fala e gesticulações com o movimento de ventilação do vídeo))
322	Ax	É o que o de baixo?
323	Ax	É que nem se fosse da bexiga
324	A25	É igual a bexiga ((grupo de alunos conversando entre eles, enquanto P1 discute com outros alunos))
325	A25	ô professor ((levanta a mão))
326	P1	Oh::: o coração só ta aparecendo aqui ((aponta para o vídeo)) porque é o lugar que ele fica... ele fica aqui dentro do peito ((aponta para o próprio corpo))
327	A21	Mas você viu como o coração tava? Ele tava assim ((gesticula aproximação e afastamento das mãos no sentido vertical))
328	A11	Não é o coração
329	A25	O que você mostrou da garrafa e da bexiga la é a mesma coisa que isso.. é igual a coisa da garrafa
330	P1	Vocês já conseguiram identificar quando ta inspirando e expirando?
331	Axs	Já.. sim
332	P1	Agora.. fica reparando quando ta inspirando.. o que essa coisa preta faz.. e quando ta expirando o que essa coisa preta faz...

333	A31	O que é essa coisa preta?
334	A11	Ah:: é tipo a pressão
335	P1	Oh:: ta expirando.. inspirando...expirando ((fala sincronizada com o vídeo))
336	A31	O coração tá [inaudível]
337	Ax	Ele enche
		((acende a luz, P1 segue em direção a lousa))
338	P1	Oh:: isso daqui é aquela coisa preta que vocês viram no vídeo... é:::
339	Axs	Sim... aham... Num vai perguntar o que é que eu não sei
340	P1	Oh:: tem um nome... diafragma
341	Axs	Risadas
342	P1	Vocês já ouviram falar?
343	Axs	JÁ::
344	P1	O que é diafragma? ((alunos riem))
345	A22	Na aula de canto... eles ficam falando assim... vamo aquecer o diafragma
346	P1	O diafragma é um musculo tá...
		[Inaudível] ((muitos alunos falando ao mesmo tempo))
347	P1	Bom.. presta atenção aqui um pouquinho....
348	P2	Shhhh....
349	P1	O diafragma é um músculo.. ele tava se movimentando ali?
350	Axs	TAVA
351	P1	Sabendo que era um músculo.. como que era esse movimento do diafragma?
352	A31	Vai pra cima e vai pra baixo... vai pra cima e vai pra baixo... ((movimenta a mão para cima e pra baixo))
353	A24	Inspira e expira... professor
354	A11	É... inspira e expira...
355	P2	NÃO... ele ta falando DO MÚSCULO
356	A31	Então bombeou
357	P1	O diafragma é um músculo... sendo ele um músculo...
358	P2	Que que músculo faz? Que a gente aprendeu...
359	A23	Ele [inaudível] ((aproxima as mão abertas))
360	A11	Ele faz FORÇA... ele faz PRESSÃO professora
361	A21	O músculo ta fazendo força pra cima
362	P1	Oh:: eu vou falar as palavras e vocês vão falar ah::: EU SABIA... o músculo contrai e relaxa... contrai.. e relaxa....
363	A31	Contraí e relaxa
364	P1	E vocês já viram isso em trato digestório.. eu tenho certeza que o P3, P4, P5 devem ter falado alguma coisa... Oh:::
365	A11	Entendi agora
366	P1	Outra coisa que vocês não sabiam... não da pra ver ali no vídeo... o pulmão ... ele ta numa cavidade... ele ta isolado numa cavidade... apesar do coração ta aqui.... o coração/ ele não ta em contato com essa cavidade tá?
367	A31	Ele ta por baixo
368	P1	É... mais ou menos por baixo

369	Ax	O negócio que protege não é mais ou menos assim o negócio? ((gesticula com a mão simbolizando algo envolvendo o órgão))
370	P1	É... imagina que ele tivesse isolado assim
371	A31	É a BOLSA..
372	P1	Oh::: e o diafragma... ele ta colado nessa bolsa.. tá?
373	A31	E se ele descolar?
374	A11	Mas é meio impossível ele descolar não é
375	Ax	Uma pancada tipo se você sofrer um acidente....
376	A31	Ô professor.. e o cara que morreu intoxicado pelo sangue que foi pro pulmão.. que que aconteceu?
377	P1	Ai é outra coisa
378	P2	Outra coisa...
379	P1	Oh::: esse diafragma sendo musculo.... quando ele contrai.... oh::: quando ele ta relaxado ele ta assim... quando ele contrai...
380	A31	Ele fica tipo [inaudível]
381	P1	Ele oh::: ta relaxado... contrai.. ele vai puxar todo esse saco pra baixo.. isso daqui oh:::.... ta?
382	A31	Você vai fazer igual o copo lá?
383	P1	Copo? Como assim?
384	A31	É... que o papelzinho vai subir
385	P1	Que o papelzinho vai subir? Por que?
386	A31	Ah:: num sei.. por que ele contrai ué
387	A21	Ele puxa em cima e embaixo... o... o... pulmão?
388	A31	JÁ SEI... a pressão assim que vai por baixo ((movimento ascendente com uma mão)) e sobe e fica tudo tudo comprimido ((delimita um espaço com as mãos e começa a contrair os dedos))...
389	A41	ELE DÁ MAIS PRESSÃO... É POR ISSO [inaudível]
390	A31	Ai::: eu to falando e me interrompe
391	A11	FOI A A41
392	A31	É A A41
393	P2	Shhhh.... uma de cada vez
394	A31	Ai... E ai ele fica pequenininho... ele comprime ((junta as palmas das mãos)) e as moléculas ficam juntinhas ((abre as mãos e faz um movimento de cruzamento))... ai depois ele sobe e sai [inaudível]
395	A11	As moléculas continuam juntas... elas não vão juntas elas vão ficar tudo espalhada assim...
396	A31	NÃO mas quando ele contrair ((abre as mãos e faz um movimento de cruzamento)) elas vai ficar mais junta
397	A11	É:: mas.... [inaudível] ((contesta o que a A31 disse))
398	P1	O que vocês tão falando que comprime e contrai? e que que contrai?
399	A11	O PULMÃO... quando a gente... quando agente INSPIRA...
400	A31	Essa... BOLSA ai... seilá
401	A21	Por que a gente tem que soltar esse ar... por que a gente tem que soltar o ar?
402	A31	Ah:: fica sem respirar pra você ver o que acontece

403	A41	Ô professor e por que precisa dessa bolsa? Se não tivesse... [inaudível]
404	P1	Oh::: eu não to falando que a gente precisa de nada.. eu to falando como que o nosso corpo é... nosso corpo não tem motivo de existência.. a gente é assim... É diferente falar eu tenho um pulmão pra respirar e falar... eu tenho um pulmão... então eu consigo respirar... entenderam a diferença?
405	Axs	SIM
406	A11	Tem gente que tem só um pulmão...como que consegue respirar?
407	P1	As vezes a pessoa perde um pulmão.. tem que fazer uma cirurgia... mas não vai ter mais um... a gente tem dois.... se perder os dois ai vai ser um problema
408	A31	Mas vai ser mais devagar.. não e? se perder um
409	P1	Por que?
410	A31	Ah::: porque vai ter um só.. ai num vai ter ajuda do outro.. vai passar só pra um lado.. e vai ficar muito ar ali...
411	A11	Quando a gente vai inspirá... a pressão vai puxar o pulmão/ esse::: o diafragma vai puxar o::: esse saco pra baixo... ai vai ficar cheio de ar.. e quando a gente respira e a pressão aumenta e libera o ar
412	A31	O professor... e quando a pessoa fuma?
413	P2	Oh::: eu aconselho vocês a seguirem o raciocínio da A11.. a gente ta tentando entender como que o ar entra e sai do pulmão... vocês já tão partindo pra doenças pulmonares... é outro assunto.. vamo entender primeiro essa parte que é o que a gente ta propondo hoje
414	P1	Vocês viram o que a A11 falou?
415	Axs	Vimos....
416	P1	O que a A11 falou?
417	Axs	[inaudível] ((Muitas pessoas falando ao mesmo tempo))
418	P2	Perae.. quem ta falando? O A24 ta falando.. quero ouvir o A24
419	A24	[inaudível] Como que fala.. que eu esqueci o nome? O diafragma faz pressão e depois solta ((faz um gesto pra baixo))
420	P1	Alguém entendeu diferente?
421	A41	é que a A11 tava falando que:... essa coisa ai que parece o diafragma que faz a bolsa... ai ele pos o coração ai.. expulsa pra lá... por isso que faz esse negócio ai.. do ar... dentro... ((a fala foi interrompida pela pergunta de A31))
422	A31	Como chama essa bolsa ai professor?
423	A21	Bolsa respiratória ((risadas))
424	P1	Oh::: ... é que não precisa dar muito nome também... pode falar bolsa por enquanto que eu vou entender o que vocês tão falando.. senão eu vou adicionar muito nome aqui e eu acho que a gente já tratou de muito nomes novos.. fala bolsa que eu vou entender
425	A11	AH.. eu já entendi
426	Ax	Ah eu também
427	P1	Mas eu não sei o que vocês entenderam
428	A31	Eu entendi que o diafragma... ele faz pressão que empurra a bolsa...

429	A11	Puxa primeiro... puxa a bolsa
430	A31	Ah.. enfim... empurra... puxa... seilá
431	P1	Oh:: puxa e empurra é diferente
432	A31	Ah:: ele pega e faz assim:: ((gesto – aproxima as palmas da mão))... ele junta os dois... mas não juntá... juntá... juntinho... mas ele da uma apertada depois ele solta... eu acho que ele faz uma pressão que solta o ar... depois enche.. e solta... e enche ((muitos gestos))
433	P1	Vocês tão falando várias coisas diferentes... e vocês não tão percebendo que são diferentes e ta todo mundo balançando a cabeça assim ó ((positivamente))
434	Axs	((Risadas e comentários do tipo “eu não”))
435	P2	Quer falar A22 ? quer falar? Oh:: a A22 quer falar... ta com o dedo levantado
436	A22	Eu acho que o diafragma empurra pra cima o pulmão e faz/ e o ar... sobe... ((faz gestos simbolizando ar saindo do corpo – engue e abre os braços gradualmente))
437	Ax	Ele que mexe o pulmão... tipo
438	A11	É gente.. gente... o saco.. saco... que ta ai com o diafragma
439	A21	É bolsa
440	A11	BOLSA
441	P2	Ta... a gente entendeu
442	A11	Esse diafragma ai quando a gente inspira ele puxa tudo isso pra baixo ... igual o saco.. o diafragma ele puxa ((faz movimento de tração para baixo)) e a gente inspira... tendeu? ((simula uma inspiração)) ai quando a gente expira... o diafragma sobre pra cima ((gesticula elevando a palma da mão)) uma pressão maior e libera o ar pro resto do corpo
443	A31	Ele não falou nada [inaudível]
444	P1	Oh::: vou fazer perguntas em relação aquilo. Rapidinho.. já passo para você ((se dirigindo a A41 que estava com o braço levantado a muito tempo pedindo a palavra))... o que a A11 falou é uma explicação de mecanismo?
445	Ax	sim
446	P1	É uma explicação completa?
447	Ax	Não
448	A31	Não... porque o ar chega lá... ((gesticula com a mão – simula trajeto))
449	P1	Oh:::
450	A31	Ah::: fala como o ar sai sim
451	P1	Ela falou como entra... não falou como sai
452	A11	entra quando a gente respira
453	A31	AHHHH... SÉRIO?
454	A11	O ar ENTRA GENTE
455	P1	Por que que o ar entra? Eu concordo que [inaudível]
456	A11	Eu não sei explicar essa parte
457	A41	Por que o nariz respira o ar ((risadas de vários alunos))

458	P2	Eu acho que ela falou ((comentou com P1))
459	A31	Não Falou P2
460	P1	Não falou
461	A21	Por que o ar entra?
462	P1	Vocês tão falando de pressão.. pressão.. que que tem a ve a pressão aqui?
463	A11	A pressão ajuda o ar... a pressão tem tudo a ve com isso... porque [inaudível] ((muitos alunos falando ao mesmo tempo))
464	P1	Não to ouvindo nenhuma das três... fala... fala...
465	A11	O diafragma que faz a pressão da inspiração e expiração... por que ele que faz aqueles negócio ali.... ((eleva as mãos))
466	P1	E como que ele fez isso?
467	A11	Ele CONTRAI o musculo e relaxa
468	P1	O que que contrair e relaxar tem a ve com pressão?
469	A11	Por que a pressão É:::
470	A31	Eu acho que tudo isso ai.. faz isso ai.. ocorre isso ai... por causa de uma pressão... porque o diafragma não passa de um musculo.. e todo musculo contrai e realaxa... . e quando ele contrai e faz uma pressão pra cima e junta os dois e vai pra cima e o ar sai... só que eu não sei como que o ar entra
471	A41	É assim.. a pressão tem tudo a ve... por que sem a pressão esse negocio não ia mexer... o diafragma não ia mexer... não ia fazer o pulmão mexer... pro pulmão fazer o nariz respirar o ar e o ar entrar... e:::: [inaudível] ((abafado pela fala de A31))
472	A31	EU DISCORDO... eu discordo de você ((vira para A41 para falar isso mantendo contato visual))
473	P1	Pessoal... o resto da sala... vocês estão entendendo o que ela ta falando?
474	A31	Eu entendi mas discordo
475	P1	Rapidinho... pode falar A43
476	A43	Professor.. quando você inspira (é como se tivesse uma) pressão dentro de você... quando você expira... ai é onde que [inaudível] ai esse músculo faz uma pressão no coração ((deixa a mão na horizontal na região abdominal superior e faz movimento para cima)) ai solta o ar [inaudível]
477	A11	Tipo quando a gente inspira ele relaxa
478	A31	Mas eu acho que se não tivesse a pressão ia fazer[inaudível]... MAS o diafragma é um músculo.. e um músculo contrai e relaxa.. então ele é [inaudível]
479	A41	ENTÃO... eu acho que quando ele falar... tem que ter pressão também... tudo tem pressão ai.. tudo tem que ter pressão ai
480	A31	Uma coisa que o músculo faz
481	A41	É.... SIM
482	A24	Num tem pressão
483	P2	Ó::: psiu..

484	P1	Pessoal.. fica difícil de ver no vídeo... mas oh:: aqui o diafragma ta relaxado e aqui ele ta contraído... ((utiliza desenhos na lousa))
485	A11	Você viu que ele ficou menor quando ta contraído ((aponta para lousa))
486	A31	Ele não fica menor ele só fica mais encolhidinho
487	P1	Calma... deixa eu desenhar do mesmo tamanho... ((BATE O SINAL))